

7

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

- **Definição do Mecanismo de Erosão atuante**

Para um melhor entendimento da evolução desses processos erosivos, foram apresentados no início desta dissertação modelos representativos dessas ocorrências, com vistas a associá-los as condições antrópicas registradas na área de estudo; remoção da camada de solo argiloso com aproximadamente 5,0 metros de espessura para a construção de barragem de terra homogênea da UHE de Itumbiara, que resultou na remoção da cobertura vegetal da área, expondo o solo a intenso processo de intemperismo, decorrente de uma presença mais dinâmica, dos ciclos hidrológicos atuantes na região, que contribuíram de forma direta para o desenvolvimento acelerado desses processos erosivos.

Como já citado, a área atingida direta e indiretamente por essa erosão, totaliza aproximadamente 70 hectares, sendo 10 hectares degradados por erosões de forma lineares como sulcos, ravinas e voçorocas, ficando os 60 hectares restantes, desprovidos de cobertura vegetal, sujeitos a gênese à evolução de erosões laminares.

Conclui-se que o processo erosivo para o caso estudado (Erosão 1), foi originado principalmente por fluxos de águas superficiais provenientes de precipitações pluviométricas durante o período de recorrência de 23 anos, conforme constatado nos gráficos representativos desses eventos, figuras 3.3 a 3.4, com alguma contribuição das águas de sub-superfícies, responsáveis de certa forma pelo aumento das solicitações nas bases das

paredes desta erosão, devido ao avanço em profundidade de uma frente de umedecimento, decorrente da presença do lençol freático, com variações durante os períodos de chuvas, figuras 4.11 e 4.12, ocasionando de certa forma uma diminuição da coesão aparente do solo e conseqüentemente da sua resistência.

Outro fator que vem a contribuir para a instabilidade e erodibilidade do solo, diz respeito à declividade local que associada a gênese de um solo não saturado, com características que favorecem a percolação de fluxo de água superficial de forma a desestruturar as partículas sólidas que compõem o seu esqueleto, originando assim, processos erosivos em forma de sulcos, ravinas e voçorocas, levando a área a um estado de desequilíbrio ambiental, em função principalmente do destacamento e deslocamento de grande quantidade de partículas sólidas, que contribui para o assoreamento de recursos hídricos e áreas onde a topografia contempla regiões mais baixas. Descaracterizando assim, a geomorfologia local ao longo dos anos, como exemplo do caso estudado deve-se destacar a lagoa assoreada situada à jusante da Erosão 1 (Figura 3.2).

Com base no diagnóstico sobre a área de empréstimo estudada, define-se a geometria das feições erosivas ali existentes, através das observações de campo em conformidade com a base de dados do levantamento topográfico e hidro-geológicos, apresentados neste trabalho, como sendo de forma linear, com desenvolvimento principal de mecanismos de erosão de cabeceira ativa, devido a grande intensidade fluxos superficiais direcionados pelas declividades locais apresentadas, provenientes de água de chuvas e da surgência do lençol freático no interior das voçorocas, com variações de ocorrência de até 13 metros de profundidade, que vem a contribuir de certa forma, para a aceleração do intemperismo das camadas dos solos de base, proporcionando nestes, em menor escala, a desenvolverem processos erosivos em épocas distintas.

- **Proposta de Alternativa de Solução para o Problema**

Um amplo trabalho de pesquisa de campo e laboratório, associados a estudos realizados pelo autor com base nos dados disponibilizados por Furnas e de pesquisas bibliográficas, permitiram que fossem levantados dados geológico - geotécnicos necessários à definição de propostas de soluções mais adequada para mitigarem ou mesmo eliminarem os impactos causados pela degradação ambiental atuante sobre a área de estudo.

Próximo e ao longo das paredes dessas fossas erosivas, com destaque para o caso estudado-Erosão 1, o lençol freático possibilita um estado de umedecimento das camadas de solos mais profundas, quais sejam: solo Residual Jovem A e B, devido a surgência de uma franja capilar ao longo do perfil destes solos.

Pelo modelo apresentado na Figura 4.14, pode-se atribuir um avanço médio do mecanismo da voçoroca estudada, como sendo da ordem de 30 metros por ano. O que pode ser considerado como um parâmetro de medida para fins de estudo de análise de estabilidade de risco para projeções futuras.

Como propostas de alternativas para a solução do problema a ser alcançada propõe-se à utilização preferencial de técnicas que ofereçam a melhor relação custo benefício, com a garantia de resultados efetivos, e que possibilite menores impactos ao meio ambiente, as quais passase a descrever.

Uma das soluções poderá ser através da aplicação de técnicas de bioengenharia localizadas, recomendada para os pontos onde a ocorrência de movimentação maciça de solo se fará necessária para obras de estabilização.

É de grande importância para o sucesso do projeto, a implantação de medidas mitigadoras e corretivas por intermédio de soluções bem definidas, através de sistemas de drenagens superficiais e subterrâneas, estabilização de taludes considerados críticos (pelos condicionantes geológico - geotécnicos local) quanto a deslizamentos futuros, preparo do solo e recomposição da camada vegetal, dentre outras.

A primeira fase do projeto deverá estar voltada para proteção do interior das erosões, mediante a implantação de um sistema de drenagens de superfície que deverá ser composto por terraços, canaletas verdes e revestidas de concreto, com seções geométricas e declividades a serem definidas pela topografia.

Para uma segunda etapa, sugere-se um sistema de drenagem subterrânea, cujo material empregado deverá possuir coeficiente de permeabilidade compatível com a maior vazão média medida, sendo esse recoberto por camada selante de baixa permeabilidade (material argiloso, devendo ser obtido para esse um grau de compactação = 95% e desvio de umidade de ± 2 % em relação ao Proctor Normal).

Para a terceira fase do projeto, sugere-se a execução de diques com um sistema de drenagem dupla, onde se possa garantir, uma condição de permeabilidade local independente da retenção de sedimentos no interior das fossas erosivas, com seções e dimensões a serem definidas no projeto. Devendo estes, serem localizados em pontos pré -estabelecidos, seguindo a essa etapa, um plano de remodelamento mecânico das áreas afetadas por mecanismos de erosão, sendo os critérios de cortes e aterros estabelecidos no projeto.

Concluindo-se, deverá ser executado um projeto de revegetação para as áreas planas e semiplanas, desprovidas de cobertura vegetal, no interior e ao longo de todas as feições erosivas, devendo antes, serem essas precedidas de trabalhos relativos à restituição das propriedades físicas e químicas do solo. Como continuidade a essa fase, sugere-se uma complementação à instrumentação existente, com vistas ao estudo do comportamento das águas subterrâneas e superficiais em função da tendência de estabilidade dessas erosões, gerando com isso um modelo de avaliação e desempenho do projeto como um todo, proporcionando dessa forma a sua adaptação em outras áreas.

- **Sugestões para Pesquisas Futuras**

A intenção inicial da escolha desse tema, direcionado para o estudo de processos erosivos na UHE de Itumbiara - GO, era propor uma nova metodologia denominada Análise de Regressão Temporal, com a qual seria possível diagnosticar de uma forma ampla e objetiva o surgimento de feições erosivas de naturezas diferenciadas.

Para isso, faz-se necessário uma continuidade desse estudo, com ênfase em um programa de desenvolvimento científico nas áreas de avaliação e monitoramento da degradação ambiental em ocorrência na região. Essa nova proposta de metodologia consiste na elaboração e execução de duas etapas de estudos, a saber:

A primeira direcionada para apoio de campo na área de cartografia, com o seguinte escopo de trabalho: execução dos serviços de cobertura aerofotogramétrica; apoio terrestre; aerotriangulação analítica ; interpretação do uso do solo e restituições;

A segunda, no campo experimental, apoiada por uma base cartográfica sólida, visa o aprofundamento dos estudos geológico - geotécnicos com vistas à caracterização dos mecanismos de erosão existentes, onde propõem -se um amplo sistema de instrumentação de campo e ensaios de laboratórios, auxiliados por uso de programas de interação de modelagens numéricas em 3D, existentes ou a serem desenvolvidos para estudos dessa natureza, com vistas à avaliações futuras de riscos e de soluções de remediações, para as áreas de abrangência das usinas de Furnas, dentre outras.

Dentro dessa linha de estudo, sugere-se também a automação do ensaio de Inderbitzen, visando um maior rigor e interação com os dados obtidos, procurando-se estabelecer de certa forma, uma correlação bem próxima das ocorrências erosivas vivenciadas no campo, por fluxo atuante, devendo ser adaptado a esse novo modelo, um sistema para extração de amostras indeformadas no campo.

Faz-se necessário para a primeira etapa dessa proposta, um breve resumo, por se tratar de assunto específico da área de cartografia, com enfoque para os principais itens.

- **Cobertura Aerofotogramétrica**

Deverá ser utilizado nos vôos, filme colorido em duas escalas distintas, a saber: um vôo em escala 1:8000 de área e outros dois em escala 1:4000, cobrindo as áreas erodidas, de acordo com plano de estudo para vôo, a ser detalhado. Quanto ao vôo na escala 1:8000, deverá ser realizado na área total do polígono definido para o estudo, no sentido Norte-Sul, sendo representado por duas faixas de vôos paralelos, com recobrimento longitudinal de 60% e lateral de 30%. O outro vôo na escala 1:4000 deverá

ser direcionado no local mais específico das erosões, devendo ser realizado em dois sentidos, com recobrimento longitudinal de 80% e lateral de 70%.

- **Apoio Terrestre e Aerotriangulação Analítica**

Para esses serviços, deverão ser implantados marcos de concreto, visando não só a pré-sinalização para o vôo como também o monitoramento dessas áreas, a partir da rede de 1ª ordem de nivelamento do IBGE, permitindo a geração de ortofotos em escala 1:500 e 1:2000, a partir dos vôos nas escalas 1:4000 e 1:8000 respectivamente.

As ortofotos deverão ser produzidas na escala de 1:2000 para toda área, com curvas de nível com equidistâncias vertical de 1(um) metro, sendo na área de cobertura de cada erosão, essas ortofotos produzidas na escala 1:500, com curvas de nível com equidistâncias vertical de 0.50 m.

Esse apoio deverá ser realizado a partir de pontos pré-estabelecidos, sendo suas coordenadas e cotas determinadas por rastreamento de satélites GPS, diferencial pós-processado. Considerando também que a modelagem do terreno, deverá ser referenciada ao Datum planimétrico SAD - 69 e o altimétrico ao Marégrafo de Imbituba - SC, sendo que no mapeamento na escala 1:500 as altitudes deverão ser determinadas por nivelamento geométrico com precisão de 2ª ordem, encaixando todos os marcos anteriormente implantados.

- **Interpretação do uso do solo**

Para a área específica de estudo, UHE de Itumbiara-GO, a interpretação do uso do solo deverá ser feita a partir de imagens dos satélites LANDSAT M - 5 e LANDSAT M - 7, com resolução geométrica de 30

e 15 metros, respectivamente, em períodos e épocas com intervalos de 5 anos a partir de 1980, mais especificamente: 1980, 1985, 1990, 1995 e 2001.

Para cada ano, serão utilizadas duas cenas, uma no período seco e outra no período chuvoso, devendo o mapeamento do uso do solo ser elaborado com intervalos de tempo regulares, de forma a permitir o acompanhamento da evolução do processo erosivo, bem como, de auxiliar na identificação de seus agentes causais.

Este monitoramento, quando acrescido de momentos sazonais distintos (período seco e período chuvoso), contribui enormemente para a análise das áreas fragilizadas, uma vez que o comportamento de fatores tais como: vegetação, agricultura, entre outros, é bastante distinto nessas duas épocas do ano.

Para o estudo, será necessário o mapeamento de 8 (oito) cenas, ortofotos na escala 1:4000 e 1:8000, considerando-se as cenas no momento presente, resultando na totalização de 10 (dez) mapas de uso do solo em diferentes momentos.

- **Restituições**

Quanto às restituições, deverão ser obtidas em 3(três) níveis distintos, quais sejam:

Restituição planimétrica digital - será realizada na escala 1:2000 e 1:500 com suas coordenadas referenciadas ao sistema Geodésico Brasileiro (Datum SAD-69 e referenciada ao marégrafo de Imbituba - SC) e sistema métrico UTM.

Restituição Planimétrica – deverá ser restituída, em níveis individualizados, os rios, as estradas, caminhos, limites de propriedades e acidentes geográficos.

Restituição Altimétrica - Os elementos altimétricos deverão ser referenciados a 3D, e a equidistância da curva de nível deverá ser de 1m, para ambas as escalas do mapeamento, a ser realizado em aparelhos de 1ª ordem.

Cabe destacar que, esta dissertação não pretende esgotar o tema em si, até mesmo, pela dimensão do tema proposto e pelas condições regionais, assim como, as peculiaridades e características geológica-geotécnicas a que estão sujeitos esses mecanismos de erosão. Espera-se, no entanto, que o tema desenvolvido tenha atingido o seu pleno objetivo e que seja dado prosseguimento às propostas sugeridas na fase conclusiva deste trabalho.

Como finalização ressalta-se que tamanha a importância desse tema, que já foi encaminhado um projeto neste sentido, com parcerias entre Furnas e PUC-RJ, para análise e parecer junto a ANEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) / CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e Órgãos a fins.