

## **ANÁLISE EMPÍRICA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO: O CASO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA HIDRELÉTRICA DO FUNIL – MG**

Cassiano Gustavo Messias  
Universidade Estadual de Campinas – Unicamp  
cassianomessiaslavras@gmail.com

Marta Felícia Marujo Ferreira  
Universidade Federal de Alfenas – Unifal-MG  
martafelicia@uol.com.br

Mária Bruna Pereira Ribeiro  
Embrapa Café - Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café - CBP&D/CAFÉ  
mariabruna9@yahoo.com.br

Michele Duarte Menezes  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ  
michele\_duarte@ig.com.br

### **EIXO TEMÁTICO: GEOMORFOLOGIA E COTIDIANO**

#### **RESUMO**

As alterações ambientais resultam de fenômenos naturais ou podem ser provocadas pelo homem. A industrialização, a urbanização, a redução das matas em áreas de preservação permanente, a implantação de pastagens, a exploração de recursos energéticos, dentre outros, contribuem para a degradação dos solos. Para Ross (1994) a fragilidade dos ambientes está relacionada ao relevo, à geologia, às classes de solo, ao uso da terra e cobertura vegetal e ao clima. A construção de Usinas Hidrelétricas é acompanhada de inúmeros impactos ambientais e sociais, os quais devem ser previstos e minimizados. A Hidrelétrica do Funil, situada no estado de Minas Gerais é um exemplo disso. A grande representatividade das pastagens e culturas, assim como a baixa densidade de matas, principalmente no entorno do reservatório, tem levado à formação e intensificação de processos erosivos. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a Fragilidade Ambiental na área de influência da Hidrelétrica do Funil - MG, aplicando a metodologia de Ross (1994).

**Palavras-chave:** Fragilidade Ambiental, Alterações Ambientais, Hidrelétrica do Funil-MG

#### **ABSTRACT**

Environmental changes are result of natural phenomenon or can be caused by human. The industrialization, urbanization, the forest reduction in permanent preservation areas, pasture implementation, exploration of energetic resources, and others, contribute to soil degradation. According to Ross (1994), the environmental fragility is related to relief, geology, soil classes, land use and vegetation cover, and climate. The building of Hydropower Plants is followed by lots of environmental and social impacts, which should be anticipated and minimized. The Funil Hydropower Plant, located in Minas Gerais State is a good example. The representativeness of pasture and crops, as well as the low density of forests mainly around the reservoir, has led to formation and intensification of erosion. This work aims to evaluate the Environmental Fragility of areas influenced by Funil Hydropower in Minas Gerais State, applying the Ross (1994) methodology.

**Key words:** Environmental Fragility, Environmental Alterations, Funil Hydropower Plant – MG

## INTRODUÇÃO

Diversos estudos ressaltam que o meio ambiente tem apresentado sinais de desequilíbrio, muitas vezes relacionados à forma com que o homem se apropria da natureza. A ação antrópica tem transformado o meio natural em consequência dos modelos de consumo atuais, não o utilizando como um sistema que garante a sua sobrevivência, mas como recurso financeiro. Conforme Ross (1994), “os ambientes naturais mostram-se ou mostravam-se em estado de equilíbrio dinâmico até o momento em que as sociedades humanas passaram progressivamente a intervir cada vez mais intensamente na exploração dos recursos naturais”.

É fato que a Revolução Industrial, ocorrida no século XVIII na Inglaterra, configura-se como um momento de mudanças, tanto para o progresso da civilização, como para os aspectos ambientais. Para Santos (1998), o espaço habitado não pode ser comparado, qualitativa ou estruturalmente, ao espaço do homem anterior à Revolução Industrial. “Senhor do mundo, patrão da Natureza, o homem se utiliza do saber científico e das invenções tecnológicas sem aquele senso de medida que caracterizará as suas primeiras relações com o entorno natural”.

De acordo com Ross (1994), as revoluções técnico-científicas acompanhadas do desenvolvimento econômico nos dois últimos séculos, transformaram o homem como ser social. Promoveu a redução dos índices de mortalidade, entretanto, não reduziu a natalidade ao mesmo nível, o que levou a um rápido crescimento demográfico. Concomitantemente, houve o aumento da busca por recursos naturais, assim como a tecnificação e a sofisticação dos padrões socioculturais.

No que concerne às alterações nos diferentes componentes da natureza, Spörl e Ross (2004) afirmam que qualquer alteração no relevo, solo, vegetação, clima e recursos hídricos, acarretam o comprometimento da funcionalidade do sistema, quebrando o seu estado de equilíbrio dinâmico. Deste modo, a exploração de recursos naturais, a supressão de cobertura vegetal para a implantação de culturas ou pastagem, a ocupação desordenada, as diferentes formas de poluição, entre outros, levam ao estado de desequilíbrio diante dos processos erosivos.

As alterações antrópicas podem então gerar inúmeras consequências ao equilíbrio dinâmico do meio ambiente. Por este motivo, é necessário que se conheçam as características dos locais onde se realizam significativas mudanças no meio ambiente. Uma das alterações mais significativas na paisagem é a construção de hidrelétricas, que atuam como um dos agentes modificadores da paisagem e causam diversos impactos ambientais, econômicos e culturais.

Na região do Alto Rio Grande está instalada a Hidrelétrica do Funil, entre os municípios de Lavras e Perdões - MG. O empreendimento composto por um consórcio que abrange 51% da Vale e 49% da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), teve as operações comerciais iniciadas em janeiro de 2003 e em pleno funcionamento, possuem uma potência instalada de 180MW.

O presente trabalho analisa a fragilidade dos ambientes naturais da área de influência da Hidrelétrica do Funil - MG, tendo como base o modelo de Ross (1994). Para isto, consideraram-se atributos geoambientais, como uso do solo e cobertura vegetal, dissecação do relevo e classes de solos. O trabalho foi desenvolvido utilizando técnicas de Geoprocessamento, atualmente consideradas ferramentas essenciais para estudos ambientais, por reduzirem o tempo de trabalho e facilitarem a atualização de dados.

## MATERIAL E MÉTODO

### Área de estudo

A hidrelétrica do Funil se localiza no Planalto do Alto Rio Grande, na sub-bacia do Rio Grande, pertencente à bacia do Rio Paraná, entre os municípios de Perdões e Lavras, Minas Gerais. A área do estudo compreende um recorte das cartas topográficas, folhas Lavras (IBGE, 1973) e Nepomuceno (IBGE, 1973), localizadas entre as coordenadas geográficas 21°06'24" e 21°13'60" de latitude S e 45°04'38" e 44°54'13" de longitude W (Figura 1).

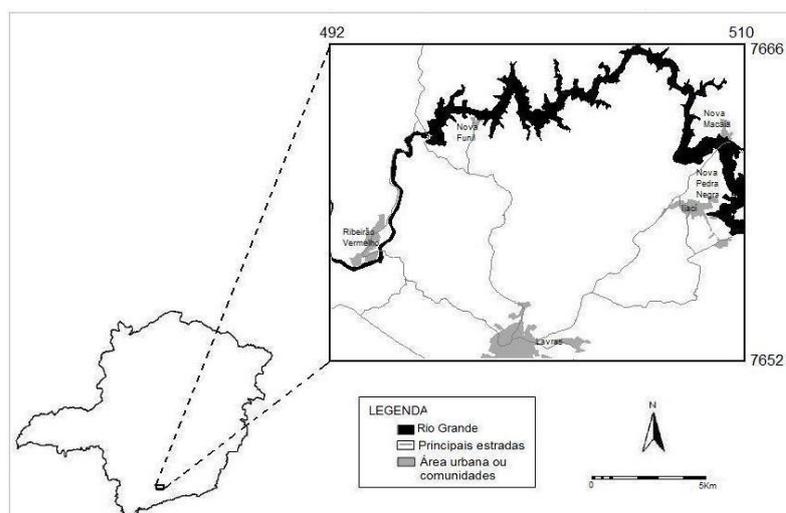


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. Organização: Messias (2011)

Na região do Alto Rio Grande a cobertura vegetal primitiva foi reduzida, o que foi causado por incêndios, pecuária extensiva ou retirada de madeira. As florestas semidecíduas foram reduzidas por estarem em solos férteis e úmidos, o que propiciou a agropecuária (Oliveira-Filho *et. al.*, 1994b, *apud* Oliveira-Filho e Fluminhan-Filho, 1999).

Curi *et al* (1990) mostram que as principais rochas encontradas são os quartzitos, micaxistos, gnaisses graníticos leucocráticos, mesocráticos, calcários e sedimentos areno-siltosos próximo do rio Grande. Com relação à pedologia, Andrade *et. al.* (1998) afirmam que há Latossolos em baixas declividades, Argissolos em médias, Argissolos/Cambissolos em altas e solos Hidromórficos em várzeas.

O clima da região é classificado como Cwb, segundo classificação de Köppen, com chuvas irregulares distribuídas ao longo do ano, havendo excesso de água nos meses de novembro a março e deficiência no período de abril a agosto (Villela e Ramalho, 1979, *apud* Dutra, 2005).

### **Materiais Utilizados**

Os materiais cartográficos utilizados constituem de cartas topográficas produzidas pelo IBGE, de Lavras e Nepomuceno. Como produto de sensoriamento remoto, utilizou-se a imagem do satélite ALOS, sensor PRISM, lançado pela Agência Espacial Japonesa em 2006 e com resolução espacial de 2,5m. Fez-se um levantamento bibliográfico sobre reservatórios artificiais e especificamente estudos sobre a Hidrelétrica do Funil, sendo ainda consultados os processos referentes às licenças concedidas pelo Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). Utilizou-se ainda, materiais para o suporte técnico, como Estereoscópio de Espelho, Bússola e GPS. Foi utilizado para a elaboração dos mapas o software livre *Ilwis GIS*.

### **Procedimentos metodológicos**

Na obra *Ecodinâmica*, o francês Tricart (1977) criou o conceito de Unidades Ecodinâmicas, baseando-se no instrumento lógico de sistema, enfocando nas relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia/matéria no meio ambiente. O autor classifica os meios ambientes como estáveis, *intergrades* e instáveis, o que se relaciona tanto com os fatores naturais, como com os antrópicos.

Baseado no conceito de Tricart (*op. cit.*), Ross (1994) criou a metodologia *Análise Empírica de Fragilidade Ambiental*, mais conhecida no âmbito da Geografia para estudos de fragilidade. Esta análise é de grande importância para análise ambiental e planejamento, visto que a partir dela pode-se identificar a vulnerabilidade e as potencialidades dos diferentes ambientes.

Ross (1994) mostra que a análise de fragilidade exige conhecimentos referentes ao relevo, geologia, solos, cobertura vegetal, uso da terra e clima. Para a caracterização do relevo, o autor destaca que, para as escalas médias e pequenas, devem-se utilizar os *índices de dissecação do relevo* e em escalas grandes, as *formas das vertentes* e *classes de declividade*. Para o estudo dos solos, criou-se uma tabela contendo as *classes de fragilidade dos solos*, que apresenta valores para a erodibilidade dos solos. A análise de uso do solo e cobertura vegetal deve ser feita pela interpretação de imagens de satélite e fotografias aéreas e analisadas pela tabela de *graus de proteção do solo pela cobertura vegetal*.

O *Mapa de Dissecação do Relevo* apresenta a relação entre dimensão interfluvial média e o grau de entalhamento dos vales, seguindo as categorias morfométricas de Ross (1994) (Tabela 1). Foi produzido a partir de cartas topográficas na escala 1:50.000.

Tabela 1: Matriz dos índices de dissecação do Relevo

| <i>Densidade de drenagem ou Dimensão Interfluvial Média</i> | <i>Muito baixa</i><br>>3750m | <i>Baixa</i><br>1750 a 3750m | <i>Média</i><br>750 a 1750m | <i>Alta</i><br>350 a 1750m | <i>Muito alta</i><br><250m |
|---|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <i>Graus de entalhamento dos Vales</i>                      |                              |                              |                             |                            |                            |
| Muito fraco (<20m)  | 11                           | 12                           | 13                          | 14                         | 15                         |
| Fraco (20 a 40m)  | 21                           | 22                           | 23                          | 24                         | 25                         |
| Médio (40 a 80m)  | 31                           | 32                           | 33                          | 34                         | 35                         |
| Forte (80 a 160m)   | 41                           | 42                           | 43                          | 44                         | 45                         |
| Muito forte (>160m)   | 51                           | 52                           | 53                          | 54                         | 55                         |

Fonte: Ross (1994)

O *Mapa de Solos* foi construído a partir da relação solo/paisagem da área, estudada por Curi (1990), Andrade *et. al.* (1998) e verificada ainda em trabalhos de campo, nos quais se identificou que há a ocorrência de Latossolos em áreas de baixo declive, Argissolos em médios declives, Argissolos/Cambissolos em declives mais acentuados e Solo Hidromórfico nas planícies dos rios e córregos. A partir do Modelo Digital de Elevação, construído pelas cartas topográficas na escala 1:50.000, foi feito o fatiamento relacionando as declividades com as classes de solo, obtendo-se o mapa final de solos. Atribuíram-se pesos para as classes de solo conforme Ross (*op. cit.*) (Tabela 2).

Tabela 2: Classes de fragilidade de acordo com os tipos de solos, classificados conforme Embrapa (2006)

| <i>Classes de fragilidade</i> | <i>Classes de solos</i>   | <i>Valor</i> |
|-------------------------------|---|--------------|
| Muito baixa                   | Latossolo Vermelho Distróférrico, Latossolo Vermelho e Vermelho-Amarelo textura argilosa  | 1            |
| Baixa                         | Latossolo Amarelo e Vermelho-Amarelo textura média/argilosa                               | 2            |
| Média                         | Latossolo Vermelho-Amarelo, Nitossolo, Argissolo Vermelho-amarelo, textura média/argilosa | 3            |
| Forte                         | Argissolo Vermelho-Amarelo, textura média/arenosa, Cambissolos                            | 4            |
| Muito Forte                   | Argissolo cascalhentos, Neossolos Litólicos e Neossolos Quartzarênicos                    | 5            |

Fonte: Adaptado de Ross (1994), atualizado conforme Embrapa (2006).

O *Mapa de Uso do Solo e Cobertura Vegetal* foi confeccionado a partir da fotointerpretação de imagens do satélite ALOS, sensor PRISM, utilizando-se de estereoscópio de espelho como ferramenta para a análise visual. A partir deste mapa, foi analisada a distribuição e quantificação das diversas classes de uso na área, além da avaliação dos graus de proteção do solo de acordo com Ross (*op. cit.*) (Tabela 3).

Tabela 3: Graus de proteção do solo de acordo com a cobertura vegetal.

| <i>Graus de Proteção</i> | <i>Tipos de Cobertura Vegetal</i>   | <i>Valor</i> |
|--------------------------|---|--------------|
| Muito Alta               | Florestas / Matas naturais, florestas cultivadas com biodiversidade   | 1            |
| Alta                     | Formações arbustivas naturais. Mata Homogênea de Pinus densa. Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como cacau. | 2            |
| Média                    | Cultivo de ciclo longo em curvas de nível / terraceamento como café, laranja, pastagem com baixo pisoteio, silvicultura.                          | 3            |
| Baixa                    | Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café), culturas de ciclo curto.   | 4            |
| Muito baixa              | Áreas desmatadas e queimadas, solo exposto, gradeação, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.                                    | 5            |

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Para a construção do produto cartográfico, foram gerados mapas temáticos de cada variável. Primeiramente cruzaram-se os dados relativos ao relevo e aos solos, obtendo-se um produto intermediário, chamado de *fragilidade potencial*. Em seguida, as informações deste produto intermediário foram interpoladas com as de uso do solo, o que resultou em um estudo que classifica e qualifica a área estudada, denominado *fragilidade ambiental*.

Para a análise empírica de fragilidade ambiental, duas etapas de trabalho foram realizadas. A primeira refere-se à construção do *Mapa de Fragilidade Potencial*, sendo um produto intermediário, onde foram cruzadas as informações referentes à dissecação do relevo e classes de fragilidade dos solos. Posteriormente, para a produção do mapa final de *Fragilidade Ambiental*, as informações de fragilidade potencial foram interpoladas com as de uso do solo e cobertura vegetal, conforme a estabilidade das Unidades Ecodinâmicas (tabela 4).

Tabela 4: Pesos atribuídos para as diferentes classes de instabilidade das Unidades Ecodinâmicas

| <i>Instabilidade emergente da Unidade Ecodinâmica</i> | <i>Valor numérico</i> |
|---|-----------------------|
| Muito baixa   | 1                     |
| Baixa   | 2                     |
| Média   | 3                     |
| Forte   | 4                     |
| Muito Forte   | 5                     |

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Autores como Kawakubo *et. al.* (2005), Donha *et. al.* (2006) e Silveira e Cunha (2010) utilizaram técnicas de Geoprocessamento para trabalhar as informações cartográficas e gerar os mapas de fragilidade. Para Donha (*op. cit.*), o SIG tem sido usado como importante ferramenta para o planejamento ambiental, visto que é capaz de avaliar de forma integrada grande número de variáveis, gerando informações de forma rápida e possibilitando a inclusão de novas interações a qualquer momento.

Para se obter uma análise mais precisa das imagens do satélite ALOS, fez-se o tratamento digital das mesmas, nas quais foram trabalhados o contraste e a correção geométrica. O *aumento linear do contraste* foi

feito pelo espalhamento dos níveis de cinza, a partir do histograma da imagem. Crósta (1998) afirma que o olho humano só consegue discernir 30 tons de cinza, estando bastante espalhados entre si. Além disso, a imagem de satélite bruta possui distorções, as quais foram minimizadas pela *correção geométrica*, relacionando pontos de controle (TiePoints) da imagem com pontos de uma base cartográfica. Utilizou-se como base as cartas topográficas folha Lavras e Nepomuceno na escala 1:50.000.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A *dissecação do relevo* (Figura 2) foi avaliada pelo entalhamento médio dos vales e pela dimensão interfluvial média, tendo como resultado a combinação de dois dígitos que variam de 1 a 5 para cada vertente, sendo elas classificadas conforme Ross (1992). De maneira geral, pode-se afirmar que o relevo da área é altamente dissecado, tendo sido verificadas as classes de dissecação média, forte e muito forte.

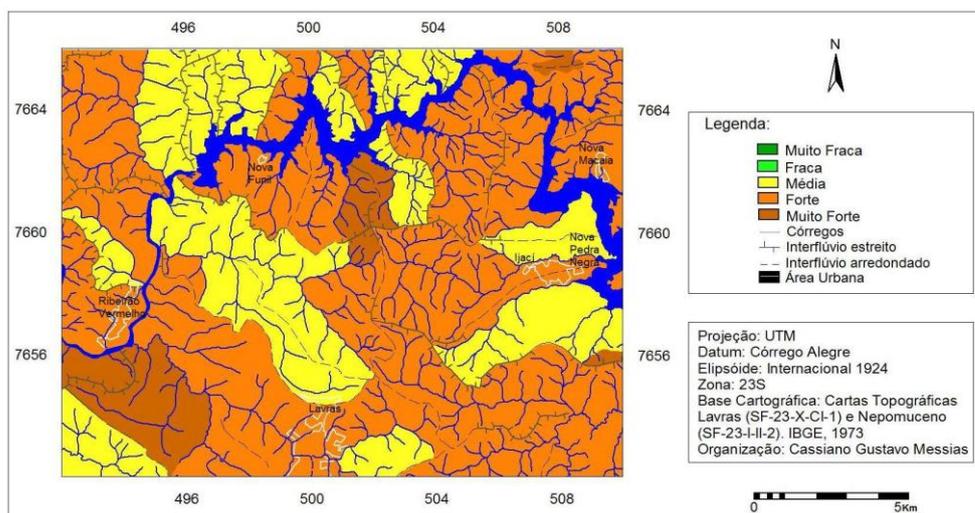


Figura 2: Mapa de Dissecação do Relevo da área de influência da Hidrelétrica do Funil-MG, segundo as categorias morfométricas de Ross (1994).

Observa-se que maior parte da área de estudo apresenta índice de dissecação do relevo forte. Na maioria das vezes, esta ocorrência se dá em relevos de morros com encostas suaves ou até mesmo algumas colinas. Por apresentarem elevada declividade das vertentes, estes locais são propícios à ocorrência de processos erosivos. Este índice foi encontrado também em áreas de planície, como o caso da localização de Ijací e Nova Pedra Negra, visto que estes locais estão sujeitos a inundações e instalação de processos erosivos nas margens e de acumulação, gerados pela dinâmica fluvial (Messias, 2011).

O índice de dissecação médio é também expressivo, associado principalmente aos relevos de colinas. São relevos que apresentam médias amplitudes e média ou alta dimensão interfluvial, com menor propensão à evolução de processos erosivos. Por outro lado, quando ocorrem em áreas com declividades maiores (de 6 a 12%) verifica-se a ocorrência de rastejo, comumente associados ao mau uso do solo ou a solos frágeis.

A dissecação muito alta ocorre nos relevos de morros e montanhas ou morros com encostas suaves, com entalhamento forte ou muito forte e dimensão interfluvial alta ou muito alta. É essencial que estes locais possuam cobertura vegetal, visto que suas altas declividades levam a uma grande vulnerabilidade do solo.

Analisando o *mapa de solos* da área (Figura 3), predominam Latossolos Vermelho-Amarelo e Argissolos, sendo encontrados ainda em menor quantidade associações Argissolos/Cambissolos e solos Hidromórficos.

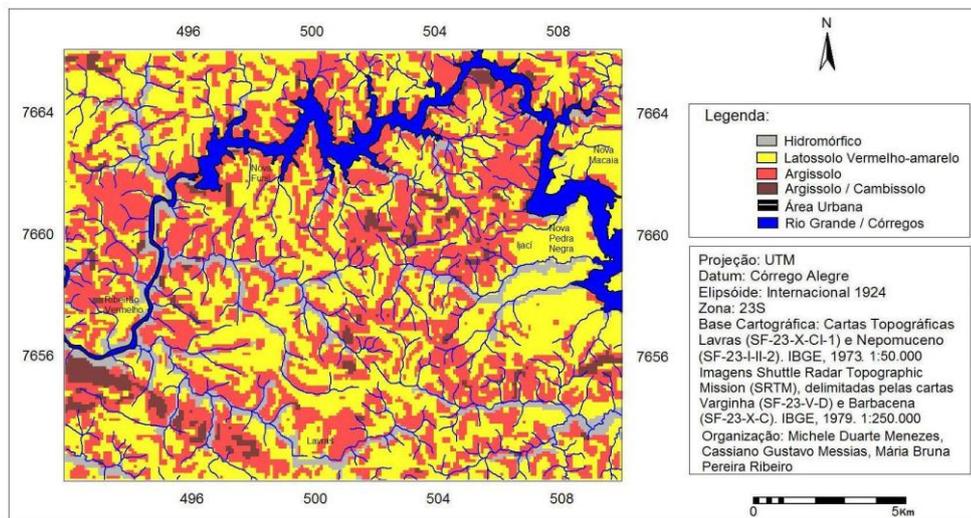


Figura 3: Mapa de solos da área de influência da Hidrelétrica do Funil, conforme Embrapa (2006)

Os Latossolos posicionam-se principalmente sobre os relevos de colinas, sendo pouco suscetíveis à erosão e tendo sua fragilidade classificada por Ross (1994) como muito baixa. Conforme Guerra e Botelho (1998) possuem boa permeabilidade e drenabilidade, tendo baixa relação textural B/A (pouca diferenciação no teor de argila do horizonte A para o B). Outra classe de solo com fragilidade muito baixa são os Hidromórficos, encontrados nas áreas de planícies do Rio Grande e nas bacias dos principais córregos.

Os Argissolos estão associados em sua grande parte aos relevos de morros com encostas suaves, que possuem declives médios. Para Ross (1994), os Argissolos possuem médio grau de fragilidade, havendo a constante ocorrência de processos de morfogênese e pedogênese.

A associação Argissolos/Cambissolos ocorre em áreas de morros e montanhas, onde há declives acentuados. O grau de suscetibilidade dos Cambissolos a erosão varia em função da sua profundidade. Segundo Guerra e Botelho (1998), os mais rasos tendem a ser mais suscetíveis, devido à declividade do terreno e da presença de camada impermeável, representada pelo substrato rochoso próximo da superfície.

A erodibilidade do solo é afetada, além do grau de dissecação do relevo e classes de solo, pelo *uso do solo e cobertura vegetal*. Verificou-se através do Mapa de Uso do Solo e Cobertura Vegetal (Figura 4), e do Gráfico de Distribuição Percentual das Classes de Uso do Solo e Cobertura Vegetal (Gráfico 1) a distribuição espacial e o valor percentual das áreas ocupadas por cada uma das classes.

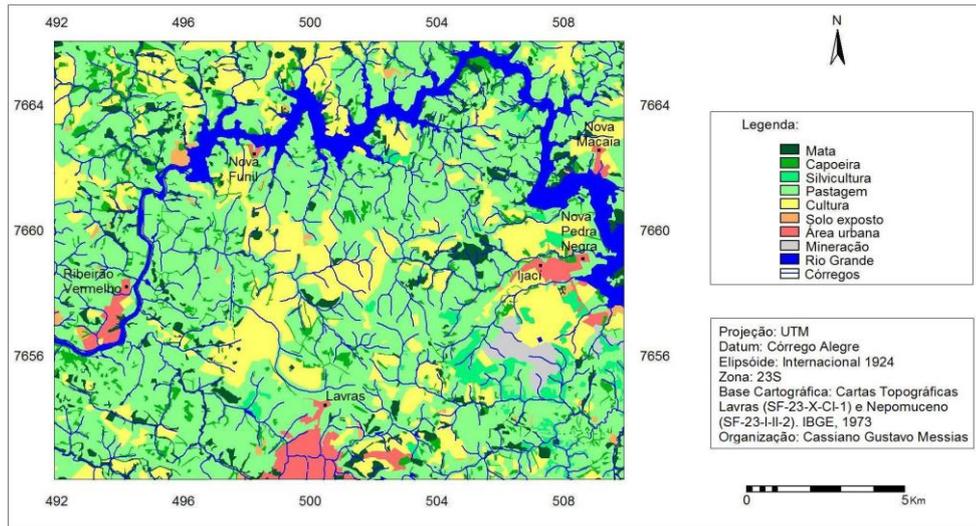


Figura 4: Mapa de Uso do Solo e Cobertura Vegetal da área de estudo. Imagem utilizada para fotointerpretação: Satélite ALOS, sensor PRISM, 2010

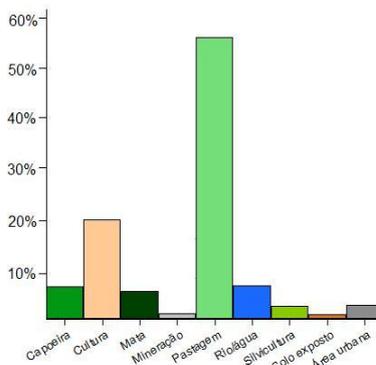


Gráfico 1 - Distribuição percentual das classes de Uso do Solo e Cobertura Vegetal da área de estudo

Resultados verificados pelo Mapa de Uso do Solo e Cobertura Vegetal mostram que a pastagem ocupa 55,45% da área estudada. Este uso está associado à pecuária, introduzida no século XVIII de acordo com Oliveira-Filho e Fluminhan-Filho (1999) e que se configura como importante atividade econômica da região. De acordo com Ross (1994), a pastagem oferece médio grau de proteção ao solo.

No que se refere aos cultivos agrícolas, esta classe tem grande representatividade, sendo que ocupa 19,47%. Nela estão englobadas as culturas permanentes. As culturas foram classificadas neste trabalho como baixo grau de proteção ao solo, visto que o café é o principal cultivo agrícola.

As classes capoeira e mata, que apresentam grau de proteção alto e muito alto (Ross, 1994), representam 6,31% e 5,43%. Estão geralmente associadas a cursos d'água, configurando-se como matas ciliares ou Áreas de Preservação Permanente. Consoante a resolução nº 303 (de 20 de março de 2002), Art. 3º, inciso I, os córregos devem ter trinta metros de APP, por possuírem menos de dez metros de largura. Para os reservatórios artificiais, a resolução nº 302 (de 20 de março de 2002), define trinta metros de APP quando situados em áreas urbanas e cem metros para áreas rurais.

As classes Rio Grande, solo exposto e silvicultura ocupam 6,42%, 0,78% e 2,42%, respectivamente. O solo exposto apresenta grau de proteção muito baixo (Ross, 1994), estando suscetível à formação de sulcos, ravinas, voçorocas e deslizamentos. A silvicultura se concentra próxima à região de Ijací e é representada pela eucaliptocultura, oferecendo baixo grau de proteção do solo (Ross, 1994).

As áreas urbanas e comunidades representam 2,65% e foram classificadas como baixo grau de proteção, no caso peso 4. Atribuiu-se este peso, pois além da urbanização impedir a infiltração das águas de chuva e favorecer o escoamento superficial, muitas dessas áreas estão situadas em planícies ou foram construídas ao longo de córregos e ribeirões. Há ainda na região de Ijací há a ocorrência de áreas de mineração, que representam 1,03% e mineração foram enquadradas na classe de proteção ao solo muito baixa, com peso 5.

### Análise empírica da fragilidade ambiental da área de influência da Hidrelétrica do Funil-MG

O mapa de fragilidade potencial (Figura 5) é a síntese das informações referentes às classes de solos e da dissecação do relevo. Esta análise apresenta as áreas de fragilidade natural, podendo-se discutir a potencialidade agrícola e de atividades antrópicas a serem realizadas.

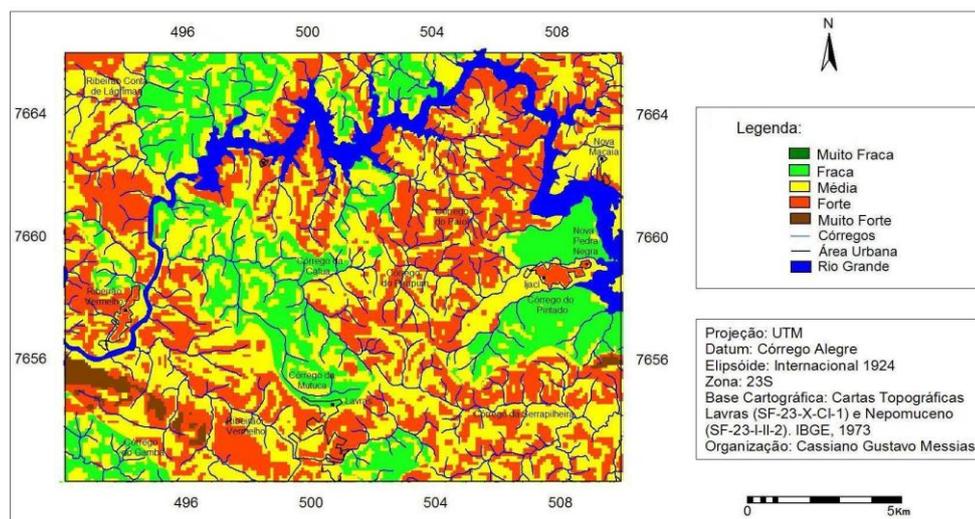


Figura 5 - Mapa de Fragilidade Potencial da área de estudo, segundo a metodologia de Ross (1994).

Verificou-se pelo mapa apresentado, que há o predomínio de fragilidade potencial média. Nos locais de médio grau de dissecação do relevo, associados a solos de média vulnerabilidade, é possível que se desenvolvam atividades antrópicas, desde que estas sejam acompanhadas de profissionais especializados e respeitando as áreas de preservação permanente. Os locais onde há forte dissecação do relevo, mesmo ligado a solos de baixa vulnerabilidade, não são cabíveis para a produção agrícola, devido às altas declividades. Isto ocorre também onde há baixa dissecação do relevo, associados aos solos com alta vulnerabilidade, pois muitas vezes estes são solos rasos ou improdutivos, não sendo propícios para agricultura.

A ocorrência de fragilidade potencial forte é a segunda mais encontrada, sendo estas áreas impróprias para a implantação de atividades antrópicas. A cobertura vegetal é de extrema importância, visto

que há declividades acentuadas, assim como solos vulneráveis à erosão. O mau uso destas áreas pode levar à formação de processos erosivos, intensificados pelos efeitos climáticos, como a pluviosidade.

Alguns locais possuem fragilidade potencial fraca, estando estes associadas a solos de baixa vulnerabilidade e fraca dissecação do relevo. Estes são os mais apropriados para a produção agrícola e instalação de população, desde que isto não ocorra em áreas de várzea ou de florestas e matas.

Foi ainda encontrada a classe de fragilidade potencial muito forte, sendo a mais vulnerável à formação de processos erosivos. Ocorre em relevos de morros e montanhas ou morros com encostas suaves, onde há declives acentuados nas encostas, o que caracteriza a dissecação do relevo muito forte.

Deve-se ressaltar que as planícies do Rio Grande e dos canais tributários não devem ser ocupadas por áreas urbanas e/ou por atividades agrícolas. Estes locais estão vulneráveis à ocorrência de inundação e mesmo sendo terras geralmente férteis, há a necessidade da presença de mata ciliar, que evita erosão, formação de processos erosivos nas margens, o assoreamento, entre outros.

O *mapa de fragilidade ambiental* (Figura 6) conduz ao estudo das ações antrópicas no ambiente. Analisa-se então a potencialidade natural, pelo Mapa de Fragilidade Potencial, associado à utilização do espaço pelo homem, apresentada no Mapa de Uso do Solo e Cobertura Vegetal.

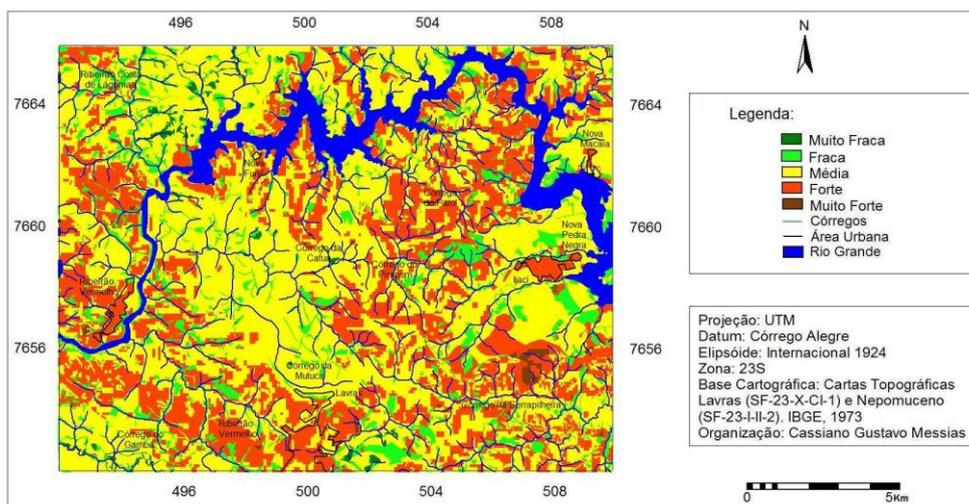


Figura 6 - Mapa de Fragilidade Ambiental da área de estudo, segundo a metodologia de Ross (1994).

Resultados do Mapa de Fragilidade Ambiental mostram que há a predominância da fragilidade média na área estudada. Esta classe está relacionada principalmente à predominância das pastagens e culturas. As pastagens possuem de acordo com Ross (1994), médio grau de proteção ao solo e, os cultivos agrícolas, por sua vez, baixo grau de proteção. Em áreas de pastagem, o pisoteio do gado pode acarretar ou intensificar processos erosivos, tais como rastejo e compactação do solo. Neste sentido, Imhoff (2000) afirma que a compactação causada pelo pisoteio dos animais concorre para a redução da produtividade e longevidade das pastagens. Ressalta-se que mesmo em locais onde há a classe de fragilidade potencial fraco, a fragilidade ambiental é considerada média, devido ao uso do solo.

Outra classe expressiva é a de fragilidade ambiental forte. Ocorre em grande parte nos locais de fragilidade potencial forte, associados também a pastagens e culturas. Estas áreas são vulneráveis à perda de

material do solo e a formação de processos erosivos, sendo que muitas delas apresentam altas declividades, solos com alta erodibilidade ou ausência de cobertura vegetal.

As áreas de fragilidade ambiental fraca são em grande parte relacionadas aos usos do solo de matas e capoeira, que apresentam maior proteção do solo. Estão geralmente associadas a cursos d'água, sendo áreas de preservação permanente. Desta forma, segundo a resolução nº 303, de 20 de março de 2002, estes são locais que não devem ser ocupados, uma vez que a presença de vegetação promove proteção ao entorno dos córregos e rios.

As fragilidades muito fraca e muito forte não possuem grande expressividade. Encontra-se a classe muito fraca em locais de fragilidade potencial muito fraca ou fraca e cobertura vegetal de mata, sendo que esta garante, segundo Ross (1994), grau de proteção ao solo muito alto. Já a classe de fragilidade ambiental muito alta, é encontrada em áreas de mineração, sendo locais muito vulneráveis devido a exposição direta do solo e da rocha.

## **CONCLUSÃO**

A implantação de Usinas Hidrelétricas envolve atores e agentes que remodelam as paisagens e os territórios. Além de alterar a geomorfologia fluvial, têm-se a perda de áreas agricultáveis e de cobertura vegetal com o enchimento do reservatório, além da modificação do microclima, formação de processos erosivos e deslocamento da população ribeirinha.

Verifica-se que a área possui alta dissecação do relevo, visto que há a predominância do índice de dissecação forte. Em relação aos solos, há a predominância de Latossolos, sendo este considerado um solo profundo, menos propício à erosão. Pela relação entre estas informações, pode-se afirmar que a fragilidade potencial média ou forte ocorre com expressividade na área, sendo estas áreas vulneráveis à formação dos processos erosivos.

Relacionando estas informações com o uso do solo e cobertura vegetal, verificou-se que a fragilidade ambiental média é a predominante na área. O uso do solo predominante é de pastagens, utilizadas para a criação de gado. A baixa proteção do solo pela pastagem é um dos fatores que leva aos processos de rastejo e compactação, que aumentaram o escoamento superficial e podem ter levado à evolução de sulcos e anfiteatros de erosão degradados observados em campo. As áreas de cultivo agrícola também são representativas e a exposição do solo para o cultivo não garantem a proteção do mesmo.

Um dos grandes problemas ambientais é a baixa densidade de matas. Em sua maioria, as matas e capoeiras estão associadas aos cursos d'água, muitas vezes bastante degradados. A baixa cobertura arbórea promove o desgaste das formações superficiais das encostas, expondo o regolito. As margens do reservatório possuem pequenos fragmentos de mata, culturas, solo exposto, pastagem e áreas urbanas associadas.

Mesmo que os processos erosivos observados em campo não estejam diretamente ligados à construção da Hidrelétrica do Funil, pode-se afirmar que sua implantação e as respostas advindas desta, têm

alterado significativamente a área afetada. Os impactos são de pequena magnitude, mas ao longo do tempo, em função de uma sinergia poderão tornar-se grandes impactos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, H.; ALVES, H.M.R.; VIEIRA, T.G.C. **Diagnóstico ambiental do município de Lavras com base em dados do meio físico: III – Estratificação em classes de declive.** In: Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. 27., 1998, Poços de Caldas-MG. Lavras: UFLA/SBEA, 1998. v.4, p.356-357.
- BRASIL. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. **Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.** Publicada DOU de 13/05/2002.
- BRASIL. Resolução do CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002. **Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno,** art. 3º. Publicado no DOU, de 15/05/2002.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; FILHO, P. H.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial.** São José dos Campos: INPE, 2001.
- CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto.** Campinas: Unicamp, 1992
- CURI, N.; LIMA, J. M. de; ANDRADE, H.; GUALBERTO, V. **Geomorfologia, Geologia, Química e Mineralogia dos principais solos da região de Lavras (MG).** In.: Ciência e Prática, Lavras, v.14, 1990.
- DONHA, A. G.; SOUZA, L. C. de P.; SUGAMOSTO, M. L. **Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG.** In.: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola, v. 10, n. 1, Campina Grande, UFCG, 2006
- DUTRA, G. C. **Estratificação ambiental visando à recuperação da vegetação ciliar no entorno do lago da usina hidrelétrica do Funil, em MG.** Dissertação (mestrado em Manejo Ambiental). Lavras: UFLA, 2005.
- GUERRA, A. J. T. e BOTELHO, R. G. M. **Erosão dos solos.** (1998). In: Cunha, S. B. e Guerra, A. J. T. (orgs.). **Geomorfologia do Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- IMHOFF, S.; SILVA, A. P. Da; TORMENA, C. A. **Aplicação da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem.** In.: Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 35, n. 7, jul. 2000
- KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; CAMPOS, K. C.; LUCHIARI, A.; ROSS, J. L. S.. **Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento.** In.: Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2203-2210
- MESSIAS, C. G. **Análise da fragilidade ambiental na área de influência da Hidrelétrica do Funil-MG, utilizando-se de imagens do satélite ALOS sensor PRISM.** Trabalho de conclusão de curso (graduação em Geografia). Alfenas: UNIFAL-MG, 2011
- OLIVEIRA - FILHO, A. T.; FLUMINHAN- FILHO, M. **Ecologia da vegetação do parque florestal Quedas do Rio Bonito.** In.: CERNE. Lavras: UFLA, 1999.
- ROSS, J. L. S. **O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo.** In.: Revista do Departamento de Geografia, FFLCH-USP, n. 6. São Paulo, 1992.
- ROSS, J. L. S. **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados.** In: Revista do Departamento de Geografia, n°8, FFLCH-USP, São Paulo, 1994.
- SANTOS, M. **Metamorfose do espaço habitado: fundamentos teórico e metodológico da geografia.** São Paulo: Hucitec, 1998.
- SILVEIRA, A.; CUNHA, C. M. L. da. **Análise empírica de fragilidade ambiental em área de expansão urbana: o caso do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba (SP).** In.: Geografia, v. 35, n° 3, Rio Claro, UNESP, set. a dez. 2010, p. 553-572

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. **Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos.** *In.*: GEOUSP -Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 15, pp.39-49, 2004.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica.** Rio De Janeiro: IBGE, 1977