

ANNELISSA GOBEL DONHA

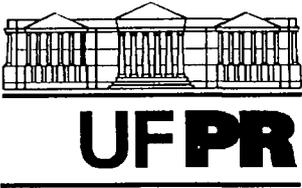
**AVALIAÇÃO DO USO DE TÉCNICAS DE SUPORTE A DECISÃO
NA DETERMINAÇÃO DA FRAGILIDADE EM AMBIENTE DE
GEOPROCESSAMENTO: O CASO DO CENTRO DE ESTAÇÕES
EXPERIMENTAIS DO CANGÜIRI - UNIVERSIDADE FEDERAL
DO PARANÁ**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo, Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Cláudio de Paula Souza

CURITIBA

2003

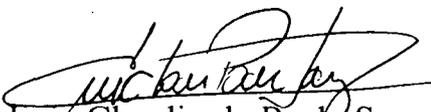


MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA: CIÊNCIA DO SOLO (MESTRADO)
Rua dos Funcionários, 1540-Curitiba/PR-80035-050-Fone/Fax 41-350-5648
E-mail: pgcisolos@agrarias.ufpr.br

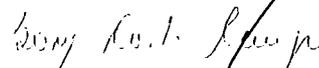
P A R E C E R

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **ANNELISSA GOBEL DONHA**, com o título: "**Avaliação do uso de técnicas de suporte a decisão na determinação da fragilidade em ambiente de geoprocessamento: o caso do Centro de Estações Experimentais do Canguiri - Universidade Federal do Paraná**", para obtenção do grau de Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo" do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de Parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação, com o conceito "**A**", completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", em Curitiba 30 de junho de 2003.


Prof. Dr. Luiz Claudio de Paula Souza, Presidente.


Prof. Dr. Hélio Olympio da Rocha, Iº Examinador.


Prof. Dr. Sony Cortese Caneparo, IIª Examinadora.



AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Luiz Cláudio de Paula Souza, meu agradecimento pela orientação, apoio, incentivo e amizade.

À Universidade Federal do Paraná pela infraestrutura colocada a disposição, em particular o Departamento de Solos pelo incentivo e apoio.

Ao Professor Dr. Valmiqui da Costa Lima pelos conselhos, apoio e amizade.

Ao professores e funcionários do Departamento de Solos que de alguma forma contribuíram para este trabalho.

À minha amiga Maria Lúcia Sugamoto pela amizade e auxílio nos trabalhos de campo.

À minha família que sempre me apoiou e incentivou, em especial ao Fernando, marido, companheiro e amigo, pela paciência e compreensão.

À todos aqueles que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE SIGLAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	2
1.1.1 Objetivos Gerais	2
1.1.2 Objetivos Específicos	2
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 FRAGILIDADE AMBIENTAL	3
2.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)	10
2.3 SIG NO MAPEAMENTO DO MEIO FÍSICO	13
2.4 SIG APLICADO NA ANÁLISE AMBIENTAL	16
2.5 SUPORTE A DECISÃO NA ANÁLISE AMBIENTAL	18
2.5.1 Classificação por Múltiplos Critérios	18
2.6 NORMATIZAÇÃO DA APA DO IRAÍ	22
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	25
3.1.1 Localização Geográfica	25
3.1.2 Solos.	26
3.1.3 Geologia	26
3.1.4 Clima.	27
3.1.5 Hidrografia	27
3.1.6 Vegetação	29
3.1.7 Relevo	29
3.2 MATERIAL CARTOGRÁFICO E EQUIPAMENTOS	30
3.2.1 Cartografia básica	30
3.2.2 Fotografias Aéreas	30
3.2.3 Softwares e Equipamentos	30
3.2.4 Material de Campo	31
3.2.5 Material para Fotointerpretação	31
3.3 INFORMAÇÕES CARTOGRÁFICAS BÁSICAS	31
3.3.1 Modelo numérico do terreno	31
3.3.2 Hidrografia	34
3.3.3 Solos.	34
3.3.4 Uso Atual	36
3.4 DETERMINAÇÃO DA FRAGILIDADE POTENCIAL	38
3.5 DETERMINAÇÃO DA FRAGILIDADE EMERGENTE	39
3.6 AVALIAÇÃO GERAL DAS IMAGENS DE FRAGILIDADE	39

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1 GERAÇÃO E ORDENAÇÃO DAS IMAGENS USADAS NA ANÁLISE DA FRAGILIDADE	40
4.1.1 Declividade	40
4.1.2 Distância dos Rios	42
4.1.3 Distância da Represa	43
4.1.4 Distância das Nascentes	43
4.1.5 Solos.	44
4.1.6 Uso Atual	46
4.2 PADRONIZAÇÃO FUZZY DAS IMAGENS	46
4.2.1 Padronização Fuzzy da Declividade.....	47
4.2.2 Padronização Fuzzy da Distância da Represa	48
4.2.3 Padronização Fuzzy da Distância dos Rios	49
4.2.4 Padronização Fuzzy da Distância das Nascentes.....	50
4.2.5 Padronização Fuzzy dos Solos	51
4.2.6 Padronização Fuzzy do Uso	52
4.3 CLASSIFICAÇÃO POR MÚLTIPLOS CRITÉRIOS	54
4.3.1 Determinação dos Pesos de Importância Relativa.....	54
4.3.2 Combinação Linear Ponderada	56
4.4 AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE POTENCIAL	58
4.4.1 Avaliador 1.....	58
4.4.2 Avaliador 2.....	63
4.4.3 Avaliador 3.....	68
4.4.4 Média	73
4.4.5 Distribuição Linear.....	77
4.4.6 Avaliação Geral das Imagens de Fragilidade Potencial.....	80
4.5 AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE EMERGENTE	85
4.5.1 Avaliador 1.....	85
4.5.2 Avaliador 2.....	89
4.5.3 Avaliador 3.....	92
4.5.4 Média	94
4.5.5 Distribuição Linear.....	97
4.5.6 Avaliação Geral das Imagens de Fragilidade Emergente	99
5 CONCLUSÕES	104
REFERÊNCIAS	106
APÊNDICES	109
ANEXOS	120

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO.....	25
FIGURA 2 - MAPA HIDROGRÁFICO DA REGIÃO.....	28
FIGURA 3 - MAPA TOPOGRÁFICO DO C.E.E.C.....	32
FIGURA 4 - MODELO NUMÉRICO DO TERRENO.....	33
FIGURA 5 - MAPA DE SOLOS DO C.E.E.C.....	35
FIGURA 6 - MAPA DE USO ATUAL DO C.E.E.C.....	37
FIGURA 7 - MAPA DE CLASSES DE DECLIVIDADE DO C.E.E.C.	41
FIGURA 8 - IMAGEM DISTÂNCIA A PARTIR DOS RIOS	42
FIGURA 9 - IMAGEM DE DISTÂNCIA A PARTIR DA REPRESA.....	43
FIGURA 10 - IMAGEM DE DISTÂNCIA A PARTIR DAS NASCENTES	44
FIGURA 11 - TABELA DE COMPARAÇÃO PAREADA DO IDRISI 32	54
FIGURA 12 - ESCALA DE IMPORTÂNCIA RELATIVA.....	55
FIGURA 13 - EXEMPLO DO CÁLCULO REALIZADO PELO PROGRAMA NA COMBINAÇÃO LINEAR PONDERADA E NA ANÁLISE BOOLEANA.....	56
FIGURA 14 - IMAGEM DE FRAGILIDADE POTENCIAL GERADA COM OS DADOS DO AVALIADOR 1	59
FIGURA 15 - IMAGEM DE FRAGILIDADE POTENCIAL GERADA COM OS DADOS DO AVALIADOR 2.....	64
FIGURA 16 - IMAGEM DE FRAGILIDADE POTENCIAL GERADA COM OS DADOS DO AVALIADOR 3.....	69
FIGURA 17 - IMAGEM DE FRAGILIDADE POTENCIAL GERADA COM OS DADOS DA MÉDIA	73
FIGURA 18 - IMAGEM DE FRAGILIDADE POTENCIAL GERADA COM OS DADOS DA DISTRIBUIÇÃO LINEAR.....	77
FIGURA 19 - COMPARAÇÃO ENTRE AS IMAGENS DE FRAGILIDADE POTENCIAL GERADAS.....	81
FIGURA 20 - IMAGEM DE FRAGILIDADE EMERGENTE GERADA COM OS DADOS DO AVALIADOR 1.....	86
FIGURA 21 - IMAGEM DE FRAGILIDADE EMERGENTE GERADA COM OS DADOS DO AVALIADOR 2.....	89
FIGURA 22 - IMAGEM DE FRAGILIDADE EMERGENTE GERADA COM OS DADOS DO AVALIADOR 3.....	92
FIGURA 23 - IMAGEM DE FRAGILIDADE EMERGENTE GERADA COM OS DADOS DA MÉDIA	95
FIGURA 24 - IMAGEM DE FRAGILIDADE EMERGENTE GERADA COM OS DADOS DA DISTRIBUIÇÃO LINEAR.....	97
FIGURA 25 - COMPARAÇÃO ENTRE AS IMAGENS DE FRAGILIDADE EMERGENTE GERADAS	101

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - UNIDADES DE SOLO EM RELAÇÃO A ÁREA E PERCENTUAL.....	34
TABELA 2 - CLASSES DE USO DO SOLO EM RELAÇÃO A ÁREA E PERCENTUAL - PINHAIS, PR - 2001.....	36
TABELA 3 - CORRELAÇÃO ASSOCIADA AOS VALORES DA ESTATÍSTICA KAPPA.....	39
TABELA 4 - CLASSES DE DECLIVIDADE EM RELAÇÃO A ÁREA E PERCENTUAL.....	42
TABELA 5 - PESOS DE IMPORTÂNCIA ATRIBUÍDOS PELOS AVALIADORES A CADA UM DOS FATORES	55
TABELA 6 - QUANTIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE POTENCIAL DO AVALIADOR 1.....	58
TABELA 7 - QUANTIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE POTENCIAL DO AVALIADOR 2.....	63
TABELA 8 - QUANTIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE POTENCIAL DO AVALIADOR 3.....	69
TABELA 9 - QUANTIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE POTENCIAL DA MÉDIA	73
TABELA 10 - QUANTIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE POTENCIAL DA DISTRIBUIÇÃO LINEAR.....	77
TABELA 11 - COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DE CADA AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE POTENCIAL.....	82
TABELA 12 - ÍNDICE KAPPA ENTRE AS IMAGENS TOMANDO-SE A MÉDIA COMO REFERÊNCIA.....	84
TABELA 13 - QUANTIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE EMERGENTE DO AVALIADOR 1.....	85
TABELA 14 - QUANTIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE EMERGENTE DO AVALIADOR 2.....	89
TABELA 15 - QUANTIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE EMERGENTE DO AVALIADOR 3.....	92
TABELA 16 - QUANTIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE EMERGENTE DA MÉDIA.....	94
TABELA 17 - QUANTIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE EMERGENTE DA DISTRIBUIÇÃO LINEAR.....	97
TABELA 18 - COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DE CADA AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE EMERGENTE.....	100
TABELA 19 - ÍNDICE KAPPA ENTRE AS IMAGENS TOMANDO-SE A MÉDIA COM REFERÊNCIA.....	102

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - CATEGORIAS DE INFLUÊNCIA DAS CLASSES DE DECLIVIDADE.....	7
QUADRO 2 - CLASSES DE FRAGILIDADE DOS SOLOS	8
QUADRO 3 - GRAUS DE PROTEÇÃO DOS SOLOS PELA COBERTURA VEGETAL	9
QUADRO 4 - INTERVALOS OBTIDOS NOS HISTOGRAMAS PARA RECLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM DE FRAGILIDADE POTENCIAL	38
QUADRO 5 - CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS	45
QUADRO 6 - PADRONIZAÇÃO FUZZY DO FATOR DECLIVIDADE	48
QUADRO 7 - PADRONIZAÇÃO FUZZY DO FATOR DISTÂNCIA DA REPRESA.....	49
QUADRO 8 - PADRONIZAÇÃO FUZZY DO FATOR DISTÂNCIA DOS RIOS.....	50
QUADRO 9 - PADRONIZAÇÃO FUZZY DO FATOR DISTÂNCIA DAS NASCENTES	51
QUADRO 10 - PADRONIZAÇÃO FUZZY DO FATOR SOLOS.....	52
QUADRO 11 - PADRONIZAÇÃO FUZZY DO FATOR USO	53
QUADRO 12 - OCORRÊNCIA DOS FATORES EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE POTENCIAL (AVALIADOR 1)	59
QUADRO 13 - OCORRÊNCIA DOS FATORES EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE POTENCIAL (AVALIADOR 2)	64
QUADRO 14 - OCORRÊNCIA DOS FATORES EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE POTENCIAL (AVALIADOR 3)	70
QUADRO 15 - OCORRÊNCIA DOS FATORES EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE POTENCIAL (MÉDIA).....	74
QUADRO 16 - OCORRÊNCIA DOS FATORES EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE POTENCIAL (DISTRIBUIÇÃO LINEAR)	78
QUADRO 17 - QUANTIFICAÇÃO DAS CLASSES DE USO DO SOLO EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE EMERGENTE (AVALIADOR 1)	87
QUADRO 18 - QUANTIFICAÇÃO DAS CLASSES DE USO DO SOLO EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE EMERGENTE (AVALIADOR 2)	90
QUADRO 19 - QUANTIFICAÇÃO DAS CLASSES DE USO DO SOLO EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE EMERGENTE (AVALIADOR 3)	93
QUADRO 20 - QUANTIFICAÇÃO DAS CLASSES DE USO DO SOLO EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE EMERGENTE (MÉDIA).....	96
QUADRO 21 - QUANTIFICAÇÃO DAS CLASSES DE USO DO SOLO EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE EMERGENTE (DISTRIBUIÇÃO LINEAR)	98

LISTA DE SIGLAS

APA	- Área de Proteção Ambiental
APP	- Área de Proteção Permanente
CEEC	- Centro de Estações Experimentais do Canguiri
COMEC	- Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba
GPS	- Global Position System
MCE	- Multi Criteria Evaluation
MDE	- Modelo Digital de Elevação
MNT	- Modelo Numérico do Terreno
SIG	- Sistema de Informação Geográfica
TIN	- Rede Triangular Irregular
WLC	- Weight Linear Combination

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo determinar a fragilidade da área em estudo utilizando a técnica de classificação por múltiplos critérios presente no SIG Idrisi 32, além de analisar os critérios e limites para a padronização das variáveis utilizadas, os pesos de importância atribuídos a cada um dos fatores da análise, e analisar os critérios e limites propostos por especialistas na utilização da técnica de suporte a decisão. Todas as informações cartográficas necessárias foram preparadas em ambiente de geoprocessamento. Foram gerados os mapas de classes de declividade, distância a partir dos rios, distância a partir das nascentes, distância a partir da represa, além da digitalização dos mapas de solos e uso atual. Para tornar possível a integração destes mapas foi necessário fazer a padronização dos mesmos, de maneira que ficassem em uma mesma escala, durante este processo é feito o redimensionamento das imagens no espaço de 256 níveis, utilizando-se os critérios adotados para análise da fragilidade, fazendo com que os valores baixos, ou próximos a zero representem áreas com fragilidade alta e os valores altos, ou próximos a 255 indiquem áreas com baixa fragilidade. Após a padronização foram atribuídos pesos de importância a cada um dos fatores. Para a geração dos mapas de fragilidade da área em estudo foi utilizada a metodologia de classificação por múltiplos critérios denominada Combinação Linear de Pesos onde o programa começa multiplicando cada fator por seu peso e depois soma os resultados, este cálculo é feito pixel a pixel, gerando assim um mapa muito mais detalhado do que uma simples análise Booleana. Foram geradas imagens de fragilidade potencial e fragilidade emergente. A fragilidade potencial foi resultado da integração dos mapas de solo, declividade e distância dos recursos hídricos, e a fragilidade emergente foi adicionado o mapa de uso atual na integração. Foram gerados no total cinco imagens de fragilidade potencial e cinco de fragilidade emergente, resultantes dos dados de diferentes avaliadores. Os mapas gerados, com valores variando entre 0 e 255, foram classificados em 5 intervalos, cada um representando uma classe de fragilidade, sendo elas: fragilidade muito alta, alta, média, baixa e muito baixa. Analisando os resultados obtidos com a geração da fragilidade potencial e emergente percebe-se que apesar da caracterização de cada unidade de fragilidade ser muito parecida, estas não são iguais, pois há uma variação principalmente na determinação das áreas de fragilidade potencial média, baixa e muito baixa. Os motivos que levaram a estas diferenças entre os resultados das fragilidades podem ser facilmente identificados quando se observam os valores atribuídos na padronização e nos pesos de importância. Em relação a análise da fragilidade da área em estudo pode-se concluir que a maior parte da área foi enquadrada, pelos avaliadores, nas classes de fragilidade potencial e emergente baixa; a diferença nas classificações indica a necessidade de se trabalhar com uma equipe interdisciplinar na determinação dos fatores e critérios a serem utilizados.

Palavras-chave: fragilidade; suporte a decisão; SIG.

ABSTRACT

This work had for objective to determine the fragility of the study area using the multiple criteria evaluation technique present in the SIG Idrisi 32, besides analyzing the criteria and limits for the standardization of the used variables, the weights of importance attributed to each one of the factors of the analysis, and to analyze the criteria and limits proposed by specialists in the use of the decision support technique. All of the necessary cartographic information were prepared in geoprocessing atmosphere. Were generated maps of slope, distance starting from the rivers, distance starting from the nascent, distance starting from the dam's lake and digitized maps of soils and current use. To make possible the integration of these maps it was necessary to standardized the same ones, to take it in a same scale, during this process the images were rescheduled in the space of 256 levels, being used the criteria to fragility analysis, making that the low values, or close to zero represents areas with high fragility and the high values, or close to 255 indicate areas with low fragility. After the standardization were attributed weights of importance to each one of the factors. For the generation of the fragility of the study area was used the multiple criteria evaluation methodology denominated Weight Lineal Combination, where the program begins multiplying each factor for its weight and later it adds the results, this calculation is made pixel by pixel, generating a much more detailed map than a simple Boolean analysis. Images of potential fragility and emerging fragility were generated. The potential fragility was resulted by the integration of the soil, slope and distance of the water resources, and to the emerging fragility was added the map of current use in the integration. In the total, were generated five potential fragility images and five emerging fragility images, resulted by the different appraisers' data. The generated images, with values varying between 0 and 255, were classified in 5 intervals, each one representing a class of fragility, being them: very high, high, medium, low and very low fragility. Analyzing the obtained results with the generation of the potential and emerging fragility, it was noticed that in spite of the characterization of each unit of fragility was very similar, there is a variation, mainly in the determination of the areas of medium, low and very low potential fragility. The reasons that took to these differences among the results of the fragilities can be easily identified when the attributed values in the standardization and the weights of importance are observed. In relation to the fragility analysis of the area in study it was concluded that most of the area was framed, for the appraisers, in the classes of low potential and emerging fragility; the differences in the classifications indicates that it's necessary to work with an interdisciplinary team in the determination of the factors and criteria to be used.

Key words: fragility; decision support; SIG.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico, científico e econômico das sociedades humanas contribui, indubitavelmente, para o avanço na exploração dos recursos naturais.

Em função disto, torna-se cada vez mais urgente o planejamento físico territorial não só com enfoque sócio econômico, mas também ambiental, levando em consideração não apenas as potencialidades, mas principalmente a fragilidade das áreas com intervenções antrópicas.

Para se determinar as potencialidades dos recursos naturais é necessário um estudo dos componentes que dão suporte à vida, sendo alguns deles: solos, relevo, geologia, água, clima e vegetação. E, na análise da fragilidade, estes componentes devem ser avaliados de maneira integrada, sempre considerando as intervenções antrópicas modificadoras dos ambientes naturais.

A região metropolitana de Curitiba possui várias Áreas de Proteção Ambiental (APAs), entre elas a APA do Iraí, onde se encontra o reservatório do Iraí que abastece parte da cidade de Curitiba e região. A área de estudo, o Centro de Estações Experimentais do Cangüiri, está inserida na APA do Iraí, e foi escolhida devido a necessidade de adaptação das práticas de uso do solo da região a uma nova legislação, pois é sabido que o uso agropecuário provoca erosão no solo, e como um efeito secundário adverso, os solos erodidos levam para os rios os pesticidas e fertilizantes depositados nas terras agrícolas, pondo em risco a qualidade da água do reservatório.

Para a elaboração de planos de manejo se faz necessário o levantamento de um grande número de dados da área de estudo, que permitam a elaboração de um diagnóstico ambiental desta área.

Esses levantamentos são normalmente dispendiosos, pois necessitam de mão-de-obra especializada e levam muito tempo para serem concluídos. A análise de

todas as variáveis na forma de mapas temáticos em formato analógico (papel) é dificultada pela exigência de profissionais qualificados que são poucos e tornam-se ainda mais caros pela demanda de tempo que estes processos exigem.

A tecnologia de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tem sido usada por vários setores que tratam da questão ambiental como importante ferramenta para o planejamento, uma vez que a avaliação integrada de um grande número de variáveis torna-se possível e simplificada com o uso deste sistema. Permite a rápida geração de informações intermediárias e finais, além da inclusão de variáveis anteriormente não pensadas, pois possibilita novas interações a qualquer momento.

O uso desta tecnologia não elimina a necessidade de profissionais qualificados, mas simplifica a manipulação dos dados e reduz o tempo necessário para a conclusão do trabalho, além de armazenar as informações geradas, possibilitando no futuro uma rápida atualização destes dados. Haverá sempre a necessidade do acompanhamento da utilização destas ferramentas, por isso é de extrema importância o estudo desta tecnologia por profissionais da área.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Determinar a fragilidade da área utilizando a técnica de classificação por múltiplos critérios.

1.1.2 Específicos

- Analisar os pesos de importância atribuídos a cada um dos fatores da análise.
- Analisar os critérios e limites propostos por especialistas na utilização da técnica de suporte a decisão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Primeiramente será feita uma apresentação dos conceitos que definem fragilidade e os fatores ambientais envolvidos nesta análise. Nos itens seguintes serão apresentados algumas definições de sistemas de informação geográfica, bem como a sua aplicação no mapeamento do meio físico e na análise ambiental através de módulos de suporte a decisão. Será apresentada ainda a normalização da APA do Iraí, referente a porção na qual está inserida a área de estudo.

2.1. FRAGILIDADE AMBIENTAL

Por fragilidade ou vulnerabilidade do meio ambiente se entende o grau de suscetibilidade ao dano, ante à incidência de determinadas ações. Pode definir-se também como o inverso da capacidade de absorção de possíveis alterações sem que haja perda de qualidade (Diccionario de la Naturaleza, 1987¹ compilado de VEROCAI, 1997).

De acordo com VEROCAI (1997), o conceito de fragilidade ambiental diz respeito à suscetibilidade do meio ambiente a qualquer tipo de dano, inclusive à poluição. Daí a definição de ecossistemas ou áreas frágeis como aqueles que, por suas características, são particularmente sensíveis aos impactos ambientais adversos, de baixa resiliência e pouca capacidade de recuperação.

FEEMA (1992) define área frágil como a qualidade de uma área definida a partir de opção política de vocação do uso, em função da maior ou menor capacidade de manter e recuperar a situação de equilíbrio do ecossistema, alterada por uma determinada agressão.

Em função da fragilidade, as áreas podem ser caracterizadas como frágeis e não frágeis ou estáveis, relativamente a um determinado fim. Os ecossistemas serão

¹ Diccionario de la Naturaleza: Hombre, ecologia, paisaje. Espasa-Calpe. Madrid, 1987.

tão mais frágeis quanto menor a capacidade de manter ou recuperar a situação de equilíbrio (estabilidade), quer espacialmente quer no tempo (FEEMA, 1992² compilado de VEROCAI, 1997).

De acordo com KRUIJF et al (1987)³ citado por MEIRELLES (1997), em Ecologia, a vulnerabilidade de um Ecossistema pode ser definida como a incapacidade de se lidar com fatores que causam “stress”, incluindo fatores naturais, e se baseia nas forças internas necessárias para se manter as características essenciais do ecossistema considerando-se os limites do mesmo.

MEIRELLES (1997) diz que existe alguma confusão quando os termos Fragilidade e Estabilidade têm que ser utilizados, e cita alguns autores com o objetivo de definir o significado dos diferentes termos utilizados: McNEELY et al. (1980)⁴ define áreas ecologicamente sensíveis aquelas que podem ser facilmente perturbadas e requerem longos períodos de tempo para se recuperarem; QUINTELA (1995)⁵ define Vulnerabilidade da Paisagem como uma combinação do seu Grau de Alteração devido a ações antropogênicas e da sua Fragilidade Natural; de acordo com ORIAN (1974)⁶ e GIGON (1983)⁷, estabilidade é a existência contínua de um sistema ecológico e sua capacidade de restaurar seu estado original após uma mudança; e SMITH et al (1986)⁸ diz que a utilização do termo Fragilidade na avaliação de áreas naturais relaciona-se a susceptibilidade a uma dada perturbação. Uma Alta Fragilidade implica em uma probabilidade alta de extinção ou danos a uma espécie, sistema ou paisagem.

² FEEMA - Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente. Vocabulário Básico do Meio Ambiente. 4a ed., Rio de Janeiro, 1992.

³ KRUIJF, H.A.M. et al. On Problem of Measuring Vulnerability of Soil Ecosystems, in W. van Duijvenbooden, H.G.v.W., ed., Vulnerability of Soil and Groundwater Pollutants: The Hague, p. 97-109. 1987.

⁴ McNEELY, J.A. Conserving the World's Biological Diversity: Washington, D.C., International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, 1980.

⁵ QUINTELA, J.A. El Inventario, El Analisis y El Diagnostico Geoecologico de Los Paisajes Mediante El Uso de Los Sistemas de Informacion Geografica [Ph.D. Thesis thesis]: La Habana, Universidad de La Habana, 1995.

⁶ ORIAN, H.G. Diversity, Stability and Maturity in Natural Ecosystems. Unifying Concepts in Ecology, in W. H. van Dobben, R.H.L.-M., ed.: Wageningen, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1974.

⁷ GIGON, A. Typology and Principles of Ecological Stability and Instability, Mountain Research and Development, Volume 3, p. 81-94. 1983.

⁸ SMITH, P.G.R. et al. A Review of Criteria for Evaluating Natural Areas. Environmental Management, Volume 10, p. 715-734. 1986.

De acordo com VEROCAI (1997), análise ambiental pode ser definida como o exame detalhado de um sistema ambiental, por meio do estudo da qualidade de seus fatores, componentes ou elementos, assim como dos processos e interações que nele possam ocorrer, com a finalidade de entender sua natureza e determinar suas características essenciais.

Para ROSS (1990) o planejamento não pode ser formulado a partir de uma leitura estática do ambiente, mas inserida no entendimento do processo de ocupação que norteia o desenvolvimento e apropriação do território e de seus recursos.

LIBAULT (1971) propôs uma abordagem geográfica para a "leitura" do ambiente, de forma a visualizar os processos existentes no meio físico e biótico. Esta abordagem foi adotada e descrita de maneira simplificada por ROSS (1992), onde todo o desenvolvimento da pesquisa é definido através de quatro níveis de abordagem, sendo cada uma delas caracterizada como uma etapa do trabalho.

O primeiro nível da análise é o compilatório, onde é feito o levantamento do meio físico: geologia, geomorfologia, pedologia e climatologia; do meio biótico: vegetação e; do meio sócio-econômico: uso e ocupação.

O segundo nível é o correlatório, onde é feita a correlação dos dados compilados no nível anterior. São desenvolvidas nesta fase as atividades de inter-relação entre os dados levantados e, é trabalhado o cruzamento das informações, possibilitando a quantificação dos dados.

O próximo nível é o semântico, ou interpretativo, que segundo ROSS (1992), busca a consolidação do diagnóstico, onde serão identificados os problemas buscando definir as melhores soluções para otimizar a conclusão do uso ideal para cada situação. Neste nível é concretizado o escopo da pesquisa geográfica propriamente dita, que irá dar valores, pesos ou medidas a cada item até então sobreposto, cruzado ou interrelacionado, permitindo o estudo da fragilidade do meio físico, o que possibilitará o estabelecimento de normas.

O último nível, o normativo, é o que normatizará as interferências

acarretadas no meio, transformando os resultados em normas aproveitáveis que virão a ser usadas como modelo para quantificar, selecionar ou ordenar os elementos ambientais.

VEROCAI (1997) em seu “Vocabulário Básico do Meio Ambiente”, define alguns termos utilizados em análise ambiental:

“ Usam-se freqüentemente os termos elemento, componente e fator ambiental, todos para designar, genericamente, uma das partes que constituem um sistema ambiental (ou um ecossistema), embora com pequenas diferenças de significado: elemento é um termo de ordem geral (o ar, a água, a vegetação, a sociedade); componente costuma designar uma parte de um elemento, quando tomado isoladamente (a temperatura da água, uma espécie da flora ou da fauna); fator ambiental designa o elemento ou o componente do ponto de vista de sua função específica no funcionamento do sistema ambiental.”

Segundo ROSS (1994), a análise da fragilidade exige estudos do relevo, do sub-solo, do solo, do uso da terra e do clima, gerando produtos temáticos de geomorfologia, geologia, pedologia, climatologia e uso da terra. Esses produtos temáticos são acompanhados dos relatórios técnicos sintéticos. Assim, os estudos dos solos prestam-se por um lado a avaliação da potencialidade agrícola e de outro subsidia a análise da fragilidade do ambiente face às ações antrópicas ligadas a agropecuária. Os levantamentos geológicos são básicos para o entendimento da relação relevo/solo/rocha, as informações climáticas, sobretudo as de chuvas (intensidade, volume, duração), também se prestam tanto para análise da potencialidade como para avaliação da fragilidade natural dos ambientes, a rugosidade topográfica do relevo e declividades das vertentes bem como os levantamentos dos tipos de uso da terra e manejo dos solos para agricultura, tratados integralmente possibilitam chegar a um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais.

Para PAREDES (1994), os trabalhos de planejamento e gerenciamento dos recursos naturais requerem muitos tipos de dados. Uso do solo, solos, superfícies de água, vegetação, etc, são todos importantes. Para cada problema, um cenário deve ser desenvolvido com o propósito de identificar os tipos de dados quantitativos; eles são

necessários para produzir a informação quantitativa para o planejamento e a tomada de decisão. Esse cenário identifica os dados básicos que permitam conduzir à análise dos recursos e avaliação, de modo a prover informações para o planejamento.

ROSS (1990 e 1994) estabelece a concepção teórica e técnica para produção da carta geomorfológica e análise genética das diferentes formas de relevo. Para análise de maior detalhe, como escalas de 1:25.000, 1:10.000, 1:5.000 e 1:2.000, utiliza-se as formas de vertentes e as classes de declividade. As classes de declividade a serem usadas são indicativos do vigor dos processos erosivos, dos riscos de escorregamento/deslizamentos e inundações freqüentes. Deste modo estas classes são: a. < 3%; b. 3 a 6%; c. 6 a 12%; d. 12 a 20%; e. 20 a 30%; f. 30 a 50%; e g. >50%. Ficando as categorias de influência como mostra o quadro 1.

QUADRO 1 - CATEGORIAS DE INFLUÊNCIA DAS CLASSES DE DECLIVIDADE.

Classes de declividade	Categoria de influência
Até 6 %	Muito fraca
De 6 a 12 %	Fraca
De 12 a 20 %	Média
De 20 a 30 %	Forte
Acima de 30 %	Muito forte

FONTE: ROSS (1994).

ROSS (1994) cita que baseado em resultados de pesquisas básicas desenvolvidas através de pesquisadores do Instituto Agrônomo de Campinas - SP, pelo IAPAR - Instituto Agrônomo do Paraná, destacando-se entre estes Lombardi Neto & Bertoni (1975)⁹, as classes de fragilidade ou de erodibilidade dos solos, considerando o escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais, podem ser conforme o quadro 2.

⁹ Lombardi Neto, F. & Bertoni, J. Conservação do solo. Livro Ceres : Piracicaba, 1985.

QUADRO 2 - CLASSES DE FRAGILIDADE DOS SOLOS.

Tipos de solos	Classes de fragilidade
Latossolo Bruno, Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e Vermelho amarelo textura argilosa.	Muito baixa
Latossolo Amarelo e Vermelho amarelo textura média/argilosa.	Baixa
Latossolo Vermelho amarelo, Argissolos, Alissolos textura média/argilosa.	Média
Argissolos textura media/arenosa, Cambissolos	Forte
Neossolos, Organossolos	Muito forte

Fonte: ROSS (1994)

Segundo ROSS (1994) a análise da proteção dos solos pela cobertura vegetal passa pela construção da carta de uso da terra e da cobertura vegetal. Esse trabalho é calcado inicialmente na interpretação de imagens de satélite, quando se tratar de escalas médias e pequenas (1:50.000 a 1:500.000) e em fotografias aéreas, quando se tratar de escalas grandes (1:2.000 a 1:25.000). As classes de uso da terra identificadas na fotointerpretação ou na interpretação das imagens de satélite podem ser: matas naturais, capoeiras, bosques de silvicultura, culturas de ciclo longo, culturas de ciclo curto, pastos naturais, pastos cultivados, entre outros.

Ainda ROSS (1994), baseado em pesquisas reveladas por IAC (1961)¹⁰ e Cassetti (1984)¹¹ associadas à inúmeros outros trabalhos desta natureza, bem como observações de campo feito pelo autor, estabeleceu uma hierarquia de graus de proteção dos solos pela cobertura vegetal, como mostra o quadro 3.

¹⁰ IAC - Instituto Agrônomo de Campinas. Perdas por Erosão no Estado de São Paulo. Boletim Técnico Bragantia, n. 47. Campinas, 1961.

¹¹ CASSETI, W. Ambiente e Apropriação do Relevo. Editora Contexto : São Paulo, 1991.

QUADRO 3 - GRAUS DE PROTEÇÃO DOS SOLOS PELA COBERTURA VEGETAL.

Tipo de cobertura	Graus de proteção
Florestas e mata naturais, florestas cultivadas com biodiversidade.	Muito alto
Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária, cerrado denso, capoeira densa), mata homogênea de Pinus densa, pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo adensado.	Alto
Culturas de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento com forrageiras entre ruas, pastagem com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas.	Médio
Culturas de ciclo longo de baixa densidade, culturas de ciclo curto com cultivo em curvas de nível/terraceamento	Baixo
Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solos exposto por arado/gradeação, solos exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplenagem, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.	Muito baixo a nulo

Fonte: ROSS (1994).

Outro fator incluído na análise é a distância dos recursos hídricos (rios, nascentes e represa). De acordo com o Código Florestal vigente (FARIAS et al, 1990) as áreas em torno dos corpos d'água são Áreas de Preservação Permanente (APPs). A manutenção de faixas de vegetação natural ao longo dos cursos d'água constitui uma medida de controle da poluição difusa proveniente de escoamento das águas das chuvas em áreas agrícolas. Os critérios adotados na análise dos fatores relacionados à distância dos recursos hídricos baseiam-se no princípio que quanto mais próxima a área estiver dos corpos d'água maior é a fragilidade desta área. Tendo como base a Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965, modificada pelas Leis nºs 7803/89 e 7875/89, do Código Florestal Brasileiro (FARIAS et al, 1990) que estabelece as larguras das áreas de proteção permanente ao longo dos cursos d'água de acordo com a largura destes, priorizando assim, o critério do valor funcional do recurso hídrico. As larguras mínimas fixadas pelo Código Florestal Brasileiro são: de 30 metros para os rios de até 10 metros; de 50 metros para os rios de 10 à 50 metros de largura; de 100 metros para os rios de 50 a 200 metros de largura; de 200 metros para os rios de 200 a 600 metros de largura; ao redor de lagoas, lagos ou reservatórios de água naturais ou artificiais de 30 metros de largura em áreas urbanas, de 50 metros de largura em áreas rurais para corpos d'água com até 20 ha de superfície, e 100 metros de largura para corpos

d'água com mais de 20 ha de superfície; e nas nascentes, ainda que intermitentes e nos "olhos d'água" um raio mínimo de 50 metros.

Os diferentes padrões de fragilidade são representados através das Unidades Ecodinâmicas Estáveis (Instabilidade Potencial) e das Unidades Ecodinâmicas Instáveis (Instabilidade Emergente). Portanto o mapa de Fragilidade Potencial é gerado a partir do cruzamento das informações de solos, declividade, distância dos recursos hídricos, etc. E o mapa de Fragilidade Emergente a partir do cruzamento do mapa de Fragilidade Potencial com as informações de uso da terra e vegetação (ROSS, 1994).

2.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

LIBAULT (1971) ressalta a importância do uso do computador por ser um agente facilitador do trabalho, uma vez que os dados compilados podem ser armazenados de forma digital, possibilitando a sua análise correlativa através do cruzamento e sobreposição dos temas, que são interpretados e normatizados de forma matricial, facilitando a quantificação da informação que define o grau de fragilidade do ambiente, e prevê ações para o uso do mesmo.

De acordo com PAREDES (1994), os mapas apresentam gráficos geográficos e representam informações espaciais usadas para a tomada de decisões. Normalmente o usuário necessita de informações contidas em diversos mapas, de modo a buscar correlações, novos padrões espaciais, realizar análises, etc. Somente o computador poderá manipular grandes quantidades de informações e apresentá-las num novo formato e, apresentar novos mapas com combinações de informações a menor custo e tempo.

Um SIG é constituído por um conjunto de "ferramentas" especializadas em adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais. Esses dados geográficos descrevem objetos do mundo real em termos de posicionamento, com relação a um sistema de coordenadas, seus atributos não aparentes (como a cor,

pH, custo, incidência de pragas, etc) e das relações topológicas existentes. Portanto, um SIG pode ser utilizado em estudos relativos ao meio ambiente e recursos naturais, na pesquisa da previsão de determinados fenômenos ou no apoio a decisões de planejamento, considerando a concepção de que os dados armazenados representam um modelo do mundo real, (Burrough, 1986¹² citado por CÂMARA et al, 1998).

Os SIGs são sistemas ou ferramentas assistidas por computador para captura, armazenamento, transformação, análise e reprodução gráfica de dados espaciais (STAR et al, 1990). Uma tecnologia de informação que armazena, analisa e mostra dados espaciais e/ou não-espaciais. Entendendo-se por tecnologia, o conjunto de métodos e materiais usados para alcançar objetivos, e por sistema, o conjunto de componentes que interagem para alcançar um objetivo comum (MAGUIRE et al, 1991).

Segundo EASTMAN (1998), um SIG é um sistema auxiliado por computador para aquisição, armazenamento, análise e visualização de dados geográficos.

BURROUGH (1989) define os SIGs como sendo muito mais do que um meio de codificar, armazenar e recuperar dados sobre a superfície terrestre; os dados nos SIG representam um modelo do mundo real. Como se pode recuperar, transformar e manipular interativamente os dados nestes sistemas, os SIGs podem ser utilizados para simular os processos que ocorrem no meio ambiente ou, também, antecipar os possíveis resultados das decisões a serem tomadas em um projeto de planejamento.

De acordo com EASTMAN (1998), apesar de os sistemas de apoio à decisão ser uma das mais importantes funções de um SIG, as ferramentas desenhadas especialmente para este fim existem em número relativamente pequeno na maior parte dos softwares de SIG. O Software IDRISI for Windows inclui vários módulos especialmente desenvolvidos para auxiliar no processo de tomada de decisão. São módulos que incorporam o erro no processo, ajudam na construção de mapas de

¹² BURROUGH, P.A. Principles of geographical information systems for land resources assessment. Oxford, Clarendon Press, 1986. 193 p.

aptidão através de critérios múltiplos e atendem decisões sobre localização quando objetivos múltiplos estão envolvidos.

O IDRISI, desenvolvido pela Graduate School of Geography da Clark University, em Massachusetts, Estados Unidos, é um sistema de baixo custo destinado ao estudo e às pesquisas acadêmicas, como consta em seu manual técnico (EASTMAN, 1997).

PEREDES (1994) baseado em Mounsey e Townshed diz que o levantamento da degradação do ambiente tem resultado no incremento de pesquisas de identificação e estudo dos problemas ambientais. Infelizmente, muitos desses trabalhos têm sido especulativos e teóricos, e pelo menos até agora sem uma base de dados adequada. Essa situação está mudando, pois paralelo ao rápido crescimento em volume e quantidade dos dados coletados, grandes mudanças de capacidades técnicas estão facilitando o desenvolvimento do SIG, de modo a manipular a diversidade de informações envolvidas. Por isso o SIG é um instrumento de programação das ações integradas, de controle e de gestão do meio ambiente.

Os SIGs unem mapas computadorizados a bancos de dados computadorizados, que descrevem os atributos de uma localidade. Esta união torna possível aos tomadores de decisão acessar a localização e seus atributos simultaneamente para simular os efeitos das alternativas políticas e administrativas. O SIG é uma poderosa ferramenta pois um único usuário pode rapidamente procurar, visualizar, analisar e modelar informações do espaço. Além disso, mapas e outros tipos de dados podem ser mais rapidamente atualizados do que através de métodos convencionais (LYON et al, 1995).

De acordo com GOMES (2001), a estratégia básica para utilização do SIG consiste na elaboração de um modelo abstrato do mundo real, o qual deve ser suficiente para permitir a avaliação dos fenômenos ou processos desejados, desta forma:

“ O processo baseia-se na coleta dos dados espaciais ou atributos necessários, os quais são armazenados e inter-relacionados de forma a constituir o modelo desejado. A resposta fornecida pelos modelos assim elaborados é então utilizada para o planejamento, a tomada

de decisão e o monitoramento ambiental no âmbito municipal. A utilização bem sucedida dessa ferramenta depende da seleção e da qualidade dos dados, de sua organização e inter-relação, da construção adequada do modelo e dos critérios utilizados para sua interpretação.”

2.3 SIG NO MAPEAMENTO DO MEIO FÍSICO

Geralmente o mapeamento é feito a partir de uma base cartográfica já existente, a qual inclui a informação topográfica e planimétrica presentes em mapas. Estas informações são digitalizadas separadamente (curvas, rios, edificações) como layers.” (ARNOFF, 1995)

Segundo PAREDES (1994), digitalização é o processo de converter as entidades espaciais do mapa em formato digital. Entidades como pontos, linhas e áreas, que compõem o mapa, são convertidas em coordenadas x, y. A digitalização envolve traçados manuais de todas as entidades do mapa.

Mapas topográficos geralmente classificam dados de elevação em intervalos representados por isolinhas. Os modelos numéricos do terreno (MNTs) são usados para representar dados de altitude em SIGs. A interpolação é utilizada quando há necessidade de estimar valores para as localizações onde não há medições. Essas estimativas estão baseadas nos dados disponíveis, mas mais na convicção de variação espacial do fenômeno. Em SIG vetorial a elevação digital é convertida em uma Rede Triangular Irregular (TIN) que é um modelo de terreno no qual a superfície é coberta por triângulos continuamente conectados. Um TIN é mais eficiente do que uma interpolação raster (JOHNSTON, 1998).

Nos modelos numéricos do terreno (MNT) cada pixel representa a elevação nas coordenadas correspondentes. De acordo com ARNOFF (1995), a vantagem de um TIN comparado a uma grade é que o TIN pode usar menos pontos e eliminar discontinuidades devido a topos de morro, cristas e fundos de vale.

A geração do MNT é feita para : geração de mapas altimétricos, construção de perfis do terreno, sombreamento sintético, geração de mapas de declividade,

geração de mapas de vertentes, determinação de rotas, entre outras (PAREDES, 1994).

De acordo com CÂMARA (1998) a Modelagem Numérica do Terreno permite cálculo de declividade, volume, cortes transversais, linha de visada. Fundamental para aplicações de engenharia, o conjunto básico consta de determinação do modelo (grade regular ou triangular) a partir de pontos esparsos ou linhas; geração de mapas de contorno (isolinhas); geração de mapas de declividade e de aspecto; visualização 3D (com imagens e temas); cálculo de volumes; e análise de perfis.

O relevo (SLOPE no Idrisi 32) pode-se dizer é o primeiro derivado do modelo de elevação. O relevo é medido por muitos cientistas com um clinômetro, ou são calculados em um mapa topográfico pela diferença de altura dividida pela distância entre dois pontos. Em SIG raster o relevo pode ser computado subtraindo a elevação do pixel vizinho do pixel central e dividindo pela distância entre os dois pixels. A imagem de declividade pode ser simplificada agregando as células ou reclassificando a imagem em intervalos (JOHNSTON, 1998).

Outro produto derivado do MNT é a imagem de iluminação (ou HILLSHADING no Idrisi 32) onde, de acordo com JOHNSTON (1998), normalmente são expressos valores de reflectância como o seno do ângulo entre o declive e o sol, e pode ser exibido como um mapa de luz e sombra para mostrar objetos em três dimensões. Segundo ARNOFF (1995), as funções de iluminação ilustram o efeito de iluminar uma superfície tridimensional, e os três fatores que controlam esta função são: a natureza e posição da fonte de iluminação, a topografia da superfície, e a posição e direção de visão.

Através de técnicas de fusão de imagens, o modelo numérico do terreno associado a imagens de satélite ou modelos de sombra pode ser utilizado para interpretação de unidades fisiográficas, que auxiliam no mapeamento de solos.

A transformação IHS ou HLS onde, H="hue" - matiz; S="saturation" - saturação e I="intensity" ou L="lightness" - intensidade, brilho, é uma técnica de transformação no espaço das cores. Consiste em projetar a informação de cores representada no espaço RGB para um outro conjunto de eixos de medição de cores -

no caso, o IHS - para descrever a amplitude de possíveis variações na tonalidade das cores (MANORE et al., 1997¹³ citado por SUGAMOSTO, 2002).

FLORIANI (2000), utilizou técnicas de transformação IHS combinada com a visualização em perspectiva, obtendo bons resultados para desmembrar unidades de solos já mapeadas em novas unidades de solos.

SUGAMOSTO (2002) gerou um mapa de solos utilizando uma imagem resultante da transformação IHS, onde foram incorporados o modelo numérico do terreno e um modelo de sombras, para interpretação de unidades fisiográficas para fins de levantamento de solos.

ROCHA et al. (1996) interpretaram visualmente unidades de mapeamento de solos na região de Guaratuba - PR, usando a transformação IHS para realçar as fisionomias existentes na imagem. O resultado da interpretação utilizando a técnica da fusão da imagem proveniente da transformação IHS e do MNT, foi eficiente.

Mapas de uso do solo também podem ser realizados com auxílio da ferramenta SIG, como exemplo pode ser citado o trabalho de SUGAMOSTO (2002), que elaborou o mapa de uso atual digitalizando na tela uma fotografia aérea “scaneada” e georreferenciada, gerando um mapa de apoio em campo.

Através dos operadores de distância é possível calcular distâncias, em ambiente raster é produzida uma imagem onde a cada pixel é atribuído um valor que representa a distância deste até a feição mais próxima. O programa Idrisi 32 calcula a distância Euclidiana a partir do comando DISTANCE. As imagens de distância geralmente são usadas na geração de mapas de vulnerabilidade, que é um tipo de avaliação por múltiplos critérios (EASTMAN, 1999).

Para a reclassificação de imagens com valores de 0 a 255 em 5 classes de fragilidade, podem ser utilizados módulos de análise estatística presentes em SIGs. No Idrisi 32 a rotina HISTO (de histograma) gera um histograma de frequência dos

¹³ MANORE, M.; D'IORIO, M.; HARRIS, J. SAR Data fusion. **LATINO AMERICAN SEMINAR ON RADAR REMOTE SENSING**, 1., 1996, Buenos Aires. Anais...Noordwijk: ESA Publications Division, 1997. P.91-96.

valores das células da imagem (pixels). A saída utilizada é a numérica, que provê um resumo de freqüências dentro de cada classe junto com freqüências cumulativas e proporcionais (EASTMAN, 1999).

De acordo com PAREDES (1994), o histograma de um conjunto de dados provê-nos a distribuição dos valores de atributos de uma região. Contas de histogramas podem ser extremamente valoráveis como ferramentas de visualização de dados e podem auxiliar-nos na formulação de hipótese durante a análise.

De acordo com MAGUIRRE (1991)¹⁴ citado por CÂMARA (1998) a análise geográfica permite a combinação de informações temáticas, pode ser realizada no domínio vetorial ou domínio matricial (“raster”). Um conjunto importante de procedimentos de análise geográfica foi definido por TOMLIN (1990)¹⁵, denominado “Álgebra de Mapas”, estas definições são a base de implementações de operadores de análise em diferentes sistemas. Estas funções incluem: reclassificação; intersecção (“overlay”); operações booleanas e matemáticas entre mapas; e consulta ao banco de dados.

2.4 SIG APLICADO NA ANÁLISE AMBIENTAL

Segundo MAXIMINIANO (1996), o uso de sistemas de informações geográficas na análise integrada dos dados do meio físico tem sido usado por vários setores que tratam da questão ambiental, como importante ferramenta para o planejamento ambiental.

SILVA (1992) diz que informações integradas, atuais e precisas sobre os recursos naturais são indispensáveis para a tomada de decisão na área de planejamento rural, possibilitando uma produção agrossilvipastoril sustentada no tempo e compatível com uma boa qualidade ambiental.

¹⁴ MAGUIRE, D. J. & GOODCHILD, M. F. e RHIND, D. W. Geographic information systems. New York : Longman Scientific & Technical, 1991. Vol. I e vol.II.

¹⁵ TOMLIN, D. Geographic information systems and Cartographic Modeling. Prentice Hall, New York, 1990.

Ainda segundo SILVA (1992), nas caracterizações fisiográficas de determinada área vários planos de informações são obtidos para entrada no SIG. Como exemplos podem ser citados os mapas de: classes de solos, classes de declividades, uso atual das terras, aptidão agrícola dos solos, rede de drenagem, recursos hídricos, suscetibilidade dos solos à erosão, estrutura fundiária, sistemas de produção e outros. Dependendo da finalidade do trabalho, os planos são selecionados e armazenados no SIG que, por meio de cruzamentos, geram novas informações, as quais, interpretadas convenientemente, servirão de base para o planejamento e recomendações de uso e manejo do ambiente.

Crescentemente estão sendo usados sistemas especializados dos SIGs para avaliar riscos ambientais (FEDRA & WINKELBAUER,1991; LAM et al, 1992 ; FEDRA, 1993).

PIVELLO, V.R. et al (1999) gerou uma base de dados digital, no SIG Idrisi for Windows v. 2.0, para a Reserva do Cerrado Pé-de-Gigante, e através do cruzamento de informações como topografia, declividade, orientação de vertentes, geomorfologia e vegetação, conferiu níveis de fragilidade ambiental à área. Esta base de dados vem subsidiando diversos outros estudos na área e ainda permitirá a elaboração de um plano de manejo para a Reserva.

FEOLI et al (2002) utilizou um SIG para integrar mapas de relevo, altitude, potencial de erosão e dados sócio-econômicos, com o objetivo de avaliar a degradação ambiental na Norte de Ethiopia, e concluiu que a aplicação das técnicas de SIG ajudaram muito na aquisição dos dados e na identificação de subsistemas que foram a base para a tomada de decisão com um número limitado de variáveis ambientais.

THAPINDA & HUDAK (2003) afirmando que os sistemas de suporte a decisão dos SIGs, envolvendo a integração de dados ambientais para solucionar problemas, provêm a base técnica para estudar problemas de natureza espacial, usaram a tecnologia para desenvolver mapas de vulnerabilidade da água superficial à contaminação por pesticidas. Seis fatores foram avaliados: solos, relevo, uso do solo, precipitação, profundidade efetiva e concentração de pesticidas na água. Foram

atribuídos pesos aos fatores baseados na importância relativa para a vulnerabilidade da água. Após a geração dos mapas de vulnerabilidade concluíram que o SIG é uma ferramenta útil para computar índices de vulnerabilidade para grandes áreas.

2.5 SUPORTE A DECISÃO NA ANÁLISE AMBIENTAL

De acordo com MOREIRA et al (2001), decidir é escolher entre alternativas. Com base nesta visão, podemos encarar o processo de manipulação de dados num sistema de informação geográfica como uma forma de produzir diferentes hipóteses sobre o tema de estudo. O conceito fundamental dos vários modelos de tomada de decisão é o de *racionalidade*. De acordo com este princípio, indivíduos e organizações seguem um comportamento de escolha entre alternativas, baseado em critérios objetivos de julgamento, cujo fundamento será satisfazer um nível pré-estabelecido de aspirações.

De acordo com CHEN (2001), métodos de avaliação por múltiplos critérios (Multi Criteria Evaluation: MCE) incorporados a SIGs podem ser usados para tomadas de decisão. Frequentemente são usados métodos MCE que incluem Combinação Linear de Pesos (Weight Linear Combination: WLC) e são usados para facilitar tomadas de decisão para problemas influenciados por vários fatores.

2.5.1 Classificação por Múltiplos Critérios

Os processos de classificação por múltiplos critérios envolvem etapas de padronização *Fuzzy*, atribuição de pesos aos fatores ou critérios, baseados em importância relativa, e Combinação Linear de Pesos (WLC). A WLC envolve o uso de máscaras para as áreas não envolvidas na análise, e a combinação de pesos em cada área para gerar o mapa final de susceptibilidade (EASTMAN, 1997). Para sobreposição de imagens (raster), o modelo é aplicado em cada pixel separadamente. Isto requer muito mais computação, mas permite uma melhor resolução espacial (MAGUIRE et al, 1991).

Os fatores não são apenas reclassificados entre 0 e 1, mas são reescalados de acordo com algumas funções. No módulo MCE do programa Idrisi 32 os fatores são reescalados para um intervalo de 0 - 255, que para 5 categorias de susceptibilidade, é o intervalo que prove o máximo de diferenciação (EASTMAN, 1999).

Para padronização dos valores dos critérios, grupos de funções *Fuzzy* oferecem maior flexibilidade na padronização de alguns critérios como por exemplo a proximidade dos rios (CHEN, 2001).

A teoria *Fuzzy* foi desenvolvida para prover um modo apropriado de representar intrinsecamente objetos imprecisos em condições quantitativas dentro de um suporte matemático (ZADEH, 1965). De acordo com JOHNSTON (1998), é um modo cientificamente mais realista de categorizar características que não são inerentemente discretas.

MOREIRA et al (2001) cita que para muitos pesquisadores (Zadeh, 1972¹⁶; Cox, 1994¹⁷; Fang, 1997¹⁸) um benefício significativo dos modelamentos baseados em lógica *Fuzzy* é a habilidade de codificação do conhecimento, numa forma que se aproxima muito ao modo como os especialistas pensam em processos de decisão. Os sistemas de inferências baseados em lógica *Fuzzy* possibilitam, assim, a captura do conhecimento próximo ao “modelo cognitivo” utilizado pelos especialistas na análise de problemas. Isto significa que o processo de aquisição do conhecimento é mais fácil, mais confiável e menos sujeito a erros não identificados.

De acordo com BURROUGH (1992) a aproximação *Fuzzy* é claramente mais flexível do que os métodos Booleanos para análise de aptidão das terras. Porque a interseção Booleana aceita apenas intervalos rígidos, e muitas áreas são rejeitadas. A

¹⁶ ZADEH, L. A. A fuzzy-set theoretic interpretation of linguistic hedges. *Journal of Cybernetics*, v. 2, n. 3, p. 4-34, 1972.

¹⁷ COX, E. *The fuzzy systems: handbook a practitioner's guide to building, using, and maintaining fuzzy systems*. London: Academic Press, 1994. 625p.

¹⁸ FANG, J. H. Fuzzy logic & geology. *Geotimes: News and Trends in the Geoscience*, v. 42, n. 10, p. 23-26, 1997.

classificação *Fuzzy* de uma variável contínua é claramente a melhor aproximação da realidade do que a classificação Booleana rígida.

Um dos passos para a aplicação da técnica de classificação por múltiplos critérios é a elaboração de uma relação de importância relativa entre as evidências. Neste procedimento, os diferentes fatores que influenciam a tomada de decisão são comparados dois-a-dois, e um critério de importância relativa é atribuído ao relacionamento entre estes fatores, conforme uma escala pré-definida. A lógica da comparação par a par sugere obter uma medida relativa do mérito, em situações nas quais exista alguma incerteza sobre o critério de determinação de padrões desejados em processos de inferência espacial. A lógica da comparação par a par é uma análise decomposta, por comparação dois a dois dos elementos, que finaliza com uma síntese de recomposição, pela agregação dos valores membro dos elementos, em um método de avaliação unificado (Banai, 1993¹⁹ citado por MOREIRA et al, 2001). Esta metodologia baseada na lógica de comparação pareada foi proposta por Thomas Saaty em 1978, e os critérios de importância relativa atribuídos ao relacionamento entre os fatores seguem a seguinte escala:

1. Importância igual - os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo;
3. Importância moderada - um fator é ligeiramente mais importante que o outro;
5. Importância essencial - um fator é claramente mais importante que o outro;
7. Importância demonstrada - Um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática;
9. Importância extrema - A evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível;
- 2, 4, 6, 8. Valores intermediários entre julgamentos - possibilidade de compromissos adicionais.

¹⁹ BANAI, R. Fuzziness in geographical information system: contributions from analytic hierarchy process. *International Journal of Geographical Information Systems*, v. 7, n. 4, p. 315-329, 1993.

A partir do estabelecimento de critérios de comparação para cada combinação de fatores, é possível determinar um conjunto ótimo de pesos que podem ser utilizados para a combinação dos diferentes mapas (MOREIRA et al, 2001)

Em estudos de risco ambiental os pesos expressam a importância ou preferência de cada critério em relação a outro, e normalmente é muito subjetivo. O método primeiramente faz uma comparação pareada entre os fatores utilizando valores de 1/9 a 9 para representar se o critério é igualmente, moderadamente, fortemente, muito fortemente ou extremamente mais ou menos importante que outro. A partir desta matriz de comparação pareada são derivados pesos para cada critério (CHEN, 2001).

De acordo com MEIRELLES (1997), os modelos mais utilizados nos ambientes SIG para a combinação de mapas são os operadores Booleanos (mais simples e mais conhecidos), a sobreposição por índice ou média ponderada com pesos (utilizados quando os mapas devem ser analisados juntos através de uma combinação com pesos aos temas e notas às classes, segundo o julgamento de sua influência no fenômeno modelado), e a lógica *Fuzzy* (através da aplicação de uma função de pertinência). Todos estes métodos são baseados em modelos empíricos subjetivos sendo, as regras; pesos e notas ou valores das funções de pertinência *fuzzy*, atribuídos de forma subjetiva, utilizando-se o conhecimento do processo envolvido para estimar a importância relativa dos mapas de entrada. Os métodos de combinação de pesos e da lógica *Fuzzy* por manipularem dados mais precisos (classificados em intervalos contínuos: do valor mais favorável ao menos favorável), tornam-se bem mais eficientes que o método convencional de cruzamento *Booleano* (classificado de forma rígida: favorável ou não favorável), o qual manipula informações que já trazem por si só os vícios e imprecisões característicos da lógica Booleana.

BERRY (1989) desenvolveu quatro trabalhos para exemplificar o uso do SIG na análise de múltiplos critérios para planejamento de recursos em uma ilha. Em todos os trabalhos foram gerados mapas que representavam os vários fatores ou critérios da

análise, e para cada fator foram atribuídos pesos de importância, pois segundo ele atribuir diferentes pesos aos fatores de uma análise torna a condição de tomada de decisão mais realista. BERRY (1991) notou ainda que alterando alguns parâmetros, como os critérios na geração de mapas ou os pesos de importância, o usuário pode simular e comparar várias alternativas num espaço muito curto de tempo (menos de 30 minutos)

CHEN (2001) comparou três métodos de classificação por múltiplos critérios aplicados por avaliadores diferentes, onde cada avaliador atribuiu pesos diferentes para os critérios. O método de Combinação Linear de Pesos (WLC) foi recomendado por ser o de mais fácil entendimento e implementação, e foi o que apresentou menos discordância entre os resultados dos avaliadores.

2.6 NORMATIZAÇÃO DA APA DO IRAÍ

Este capítulo foi incluído com a intenção de ilustrar a atual situação da bacia do rio Iraí, onde está localizada a área em estudo, o Centro de Estações Experimentais do Cangüiri (CEEC) e com isso justificar a necessidade de estudos como este proposto na área.

Com a construção do Reservatório do Iraí, a área de influência passou a ser classificada como área de proteção ambiental (APA), e por isso há uma legislação vigente, que versa sobre as possibilidades de uso e exploração da mesma.

A área do CEEC, localizado na APA do Iraí (Área de Proteção Ambiental na Área de Manancial da Bacia Hidrográfica do Rio Iraí), segundo o Decreto nº 2200 (PARANÁ, 2000) foi definida como Área de Restrição à Ocupação, que são áreas de interesse de preservação com objetivo de promover a recuperação e a conservação dos recursos naturais, assegurando a manutenção da biodiversidade e a conservação do ecossistema. Esta área é subdividida em 10 Zonas, estando no CEEC inseridas as seguintes Zonas:

- a) de Uso Institucional Restrito (ZUIR), que compreende as áreas de propriedade do Governo, destinadas a usos específicos, segundo o

Regulamento ao Zoneamento Ecológico-Econômico da Área de Proteção Ambiental do Iraí no que se refere á usos e atividades, é permitido: (ou seja, adequados à zona) o uso institucional existente; é permissível(ou seja, grau de adequação à zona a critério do Órgão Municipal Competente e à órgãos estaduais responsáveis): pesquisas científicas e, manejo agropecuário e florestal, sendo este definido como o conjunto de atividades de administração (gerenciamento) de uma floresta e/ou área de atividades agropecuárias a fim de que seja possível utilizar otimizadamente os recursos agroflorestais. Abrange aspectos físicos, financeiros, informativos e organizacionais e tem como resultado precípuo o aproveitamento máximo dos bens e benefícios produzidos pela floresta e pelo solo, associado à manutenção da qualidade ambiental; é proibido: o uso de agrotóxicos e outros biocidas, todos os usos que por suas características comprometam a qualidade hídrica da bacia e a qualidade de conservação do meio ambiente;

- b) de Conservação da Vida Silvestre II (ZCVS II), que compreende áreas compostas por expressivos agrupamentos arbóreos, estepes e áreas inundáveis, compondo espaços prioritários à manutenção da biota, onde é permitido: reposição florística com espécies nativas e recuperação de áreas degradadas; e é permissível: atividades de pesquisa científica, educação ambiental, ecoturismo e manejo sustentado da biota; sendo proibido: uso de agrotóxicos e biocidas, usos que promovam alteração da composição florística, roçados, cercas e muros que impeçam a passagem de animais silvestres, obras de drenagem, corte da vegetação, uso do fogo como manejo, e todos os usos que comprometam a qualidade hídrica da bacia;
- c) de Conservação da Vida Silvestre III, que compreende áreas de agrupamentos arbóreos existentes importantes à qualidade da biota e áreas de reflorestamento, é permitido: pesquisa científica e recomposição

florística com espécies nativas; e é permissível: habitação unifamiliar, fruticultura sem uso de agrotóxicos e biocidas, apicultura, piscicultura e lazer, e outras atividades que permitam o manejo moderado e auto-sustentado da biota; sendo proibido: uso de agrotóxico e outros biocidas, corte de vegetação e uso do fogo como manejo;

- d) Zona da Represa (ZREP) compreende a área inundável pela barragem do Iraí, cota 889.62m, onde é permitido: atividades de vela, remo e pesca esportiva; e é permissível: pesquisa científica, outros esportes aquáticos, outros veículos náuticos que não utilizem motores a combustão; sendo proibido: balneabilidade, uso de embarcações a motor, pesca intensiva, e todos os usos que comprometam a qualidade hídrica da bacia;
- e) Zona de Preservação de Fundo de Vale (ZPFV) que compreende a faixa de 30m de cada margem de rios e córregos e de 50m no entorno das nascentes, onde é permitido: reposição florística com espécies nativas e recuperação de áreas degradadas; e é permissível: pesquisa científica, educação ambiental e atividades que permitam o uso moderado e auto-sustentado da biota, sendo proibido: uso de agrotóxicos, alteração da composição florística, roçados, cercas e muros que impeçam a passagem de animais silvestres, obras de drenagem, uso do fogo no manejo, construções e usos que comprometam a qualidade hídrica da bacia;
- f) Zona de Preservação da Represa (ZPRE) que compreende a faixa de 30m ao longo do reservatório do Iraí, onde só é permitida a recuperação das áreas degradadas, sendo permissível: acesso a represa preferencialmente através de parques públicos desde que comprovado o interesse social ou utilidade pública da obra; sendo proibido o uso de agrotóxicos e outros biocidas, e todos os usos que comprometam a qualidade hídrica da bacia e a qualidade de conservação do meio ambiente.

O anexo 1 ilustra o zoneamento ambiental da APA do Iraí referente a área do Centro de Estações Experimentais do Cangüiri.

3 MATERIAL E MÉTODOS

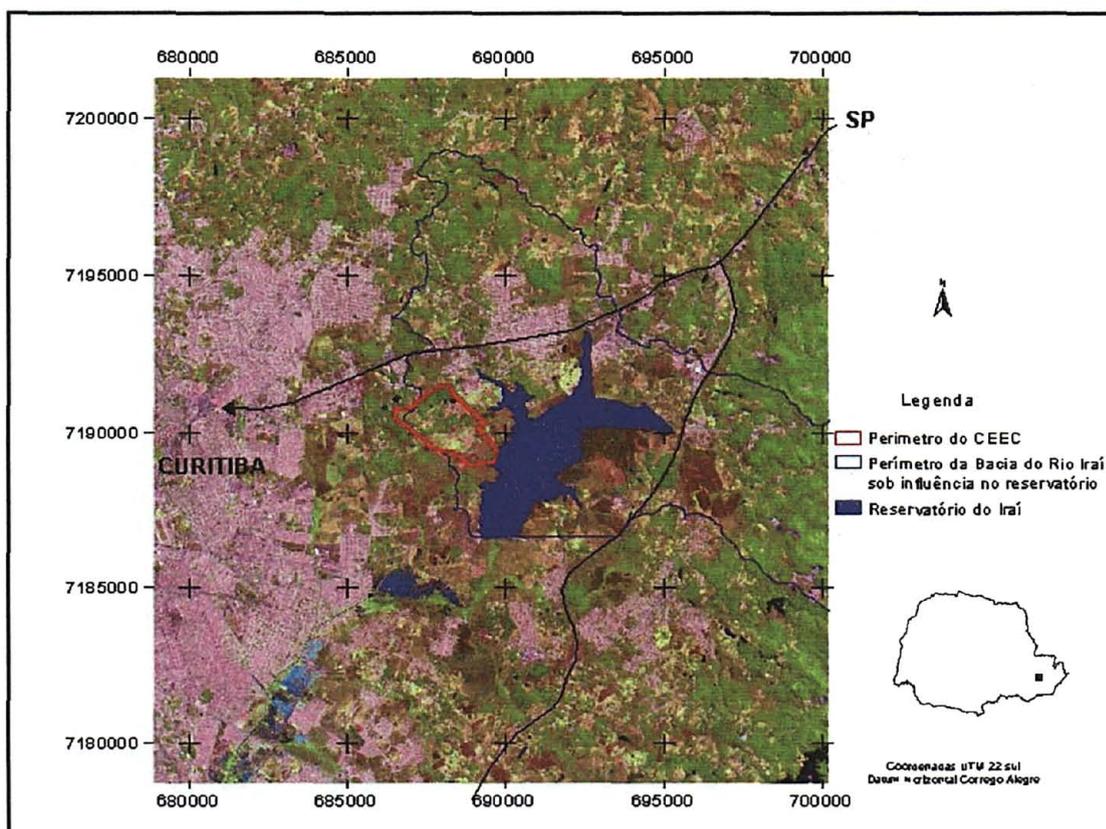
Primeiramente será feita uma caracterização geral da área em estudo em relação a sua posição geográfica e as principais características do meio físico encontradas na região. Após a relação do material utilizado, serão apresentadas as metodologias adotadas para geração das imagens de fragilidade potencial e emergente.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 Localização Geográfica

O Centro de Estações Experimentais do Cangüiri (C.E.E.C.) está localizado no Município de Pinhais, região metropolitana de Curitiba. Ocupa uma área de aproximadamente 430 ha, entre as coordenadas 686.000m e 691.000m W, e 7.188.000m e 7.192.000m S no sistema UTM, Fuso 22 sul, Meridiano Central 51° 00' 00", como mostra a figura 01 .

FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO.



3.1.2 Solos

Conforme o mapa de Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado do Paraná na escala 1:600.000, editado pela EMBRAPA (1984), os solos da região estão classificados como: Ca2 - CAMBISSOLO ÁLICO Tb A proeminente substrato sedimentos pleistocênicos textura argilosa fase campo subtropical relevo suave ondulado, tendo como variações o Cambissolo com A moderado e solos intermediários para Latossolo Vermelho-Amarelo textura argilosa; e LVa1 - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO A proeminente textura argilosa fase campo subtropical relevo suave ondulado. Tendo como variações solos intermediários para Cambissolo Álico textura argilosa, e como inclusões Cambissolo Álico, Latossolo Vermelho-Amarelo Álico textura média e Latossolo Vermelho-Escuro textura argilosa.

3.1.3 Geologia

O local de estudo corresponde a solos sustentados pelos sedimentos quaternários, relacionados à Formação Guabirota, da Bacia de Curitiba, e Aluviões do Holoceno. Supõe-se que a origem dessa bacia esteja relacionada ao mecanismo de expansão do assoalho oceânico, responsável pela separação dos continentes sul-americano e africano. Como consequência desse mecanismo ocorreram nos continentes, falhamentos que deslocam blocos, tanto laterais como verticalmente, originando a formação de depressão tectônica, como a bacia de Curitiba, que posteriormente foi preenchida por sedimentos erodidos e transportados pelos rios dos blocos altos (SALAMUNI et al 1999).

Conforme Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná realizado por EMBRAPA (1984), a Formação Guabirota, compreende os sedimentos da bacia de Curitiba que consiste de depósitos pouco consolidados, endurecidos por impregnações calcíferas, litologicamente constando de argilitos e

arcósios, secundariamente depósitos rudácios e margas. Esses sedimentos resultam do extenso manto de intemperismo que se desenvolverá sobre litologia pré-cambriana, tanto na bacia como na periferia desta.

3.1.4 Clima

Conforme MAACK (1981), o clima regional da área de estudo está classificado segundo Koeppen como pertencente ao Cfb ou seja, C - clima mesotérmico (temperatura média anual do mês mais frio abaixo de 18^oC); f - clima subtropical úmido sem estação seca; b - com verões brandos.

Ainda segundo MAACK (1981), esta zona climática define-se como sempre úmida, com clima pluvial quente - temperado, apresentando no mês mais quente, médias inferiores a 22^o C e onze meses do ano com temperaturas médias superiores a 10^o C. Este clima está sujeito a precipitações regulares durante todos os meses do ano e a geadas severas (mais de cinco geadas noturnas por ano). O mês mais chuvoso é janeiro, com 190,7 mm, e o mais seco agosto, com 72,2 mm, correspondendo a doze meses úmidos, num total de 1.451,8 mm em média, não apresentando estação seca.

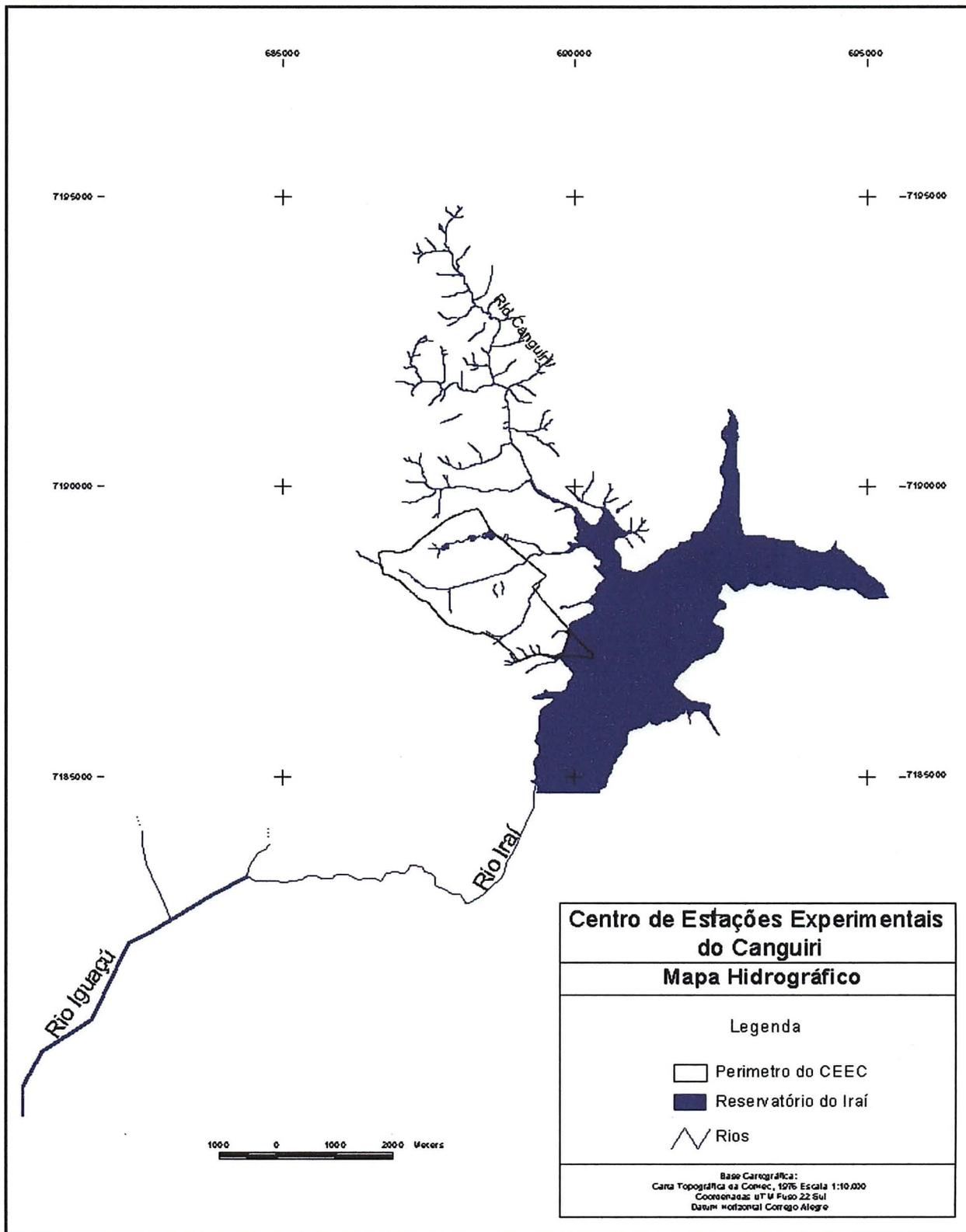
A proximidade do litoral e da Serra do Mar favorecem a incidência de chuvas e a disponibilidade de águas durante todos os meses do ano sobre a superfície do terreno, permitindo constante infiltração de água no subsolo, favorecendo assim a recarga permanente dos aquíferos (NOGUEIRA, 1997).

3.1.5 Hidrografia

A área é banhada principalmente pelos afluentes do rio Cangüiri, que faz parte da Bacia do Iraí, onde atualmente existe uma represa responsável pela captação de água que abastece grande parte da cidade de Curitiba e região metropolitana. O principal rio da região é o Rio Irai, que deságua no Rio Iguaçu. Além dos rios, parte da

Represa do Irai também encontra-se dentro dos limites da Fazenda Cangüiri, como mostra a figura 2 .

FIGURA 2. MAPA HIDROGRÁFICO DA REGIÃO.



3.1.6 Vegetação

Segundo Levantamento de Reconhecimentos dos Solos do Estado Paraná, editado pela EMBRAPA (1984), a cobertura florestal original da região é classificada como fase Campos Subtropicais e fase Floresta Subtropical Perenifolia próximo às drenagens. A fase Campos Subtropicais é formada por gramíneas baixas, e a fase Floresta Subtropical Perenifolia apresenta três níveis de extratos, o superior composto por araucária, imbuia, cedro, canela e outras espécies de grande porte; o médio composto por podocarpus, pimenteira, guaramirim, erva-mate, bracatinga e outras; e o inferior composto por ervas, arbustos e gramíneas.

“Os campos subtropicais caracterizam-se por apresentar gramíneas baixas, cobrindo grandes áreas mais ou menos contínuas e apenas interrompidas por pequenos bosques e capões, próximos às nascentes, ou na transição do campo para a mata. Árvores e arbustos ocorrem em faixas próximas aos cursos d’água, em meio aos campos, formando as pseudomatas de galeria.” (MAACK, 1981)²⁰ citado por SUGAMOSTO (2002).

3.1.7 Relevo

De acordo com BIGARELLA & SALAMUNI (1962), a área está situada no Primeiro Planalto Paranaense, compreendido entre as Escarpas Devonianas do Purunã e as Escarpas da Serra do Mar. O Primeiro Planalto Paranaense está dividido em Planalto Sedimentar, Complexo Cristalino e Planícies Aluviais. A área encontra-se sobre o Planalto Sedimentar, que é formado por relevo suave, com vertentes de baixa declividade, com topos situados a altitudes em torno de 900 metros, suportados, principalmente, por sedimentos da Formação Guabirotuba e marcados por amplas planícies aluviais.

²⁰ MAACK, R. Geografia física do Estado do Paraná. Secretaria da Cultura e Esporte do Paraná, Curitiba, 1981.

O relevo é predominantemente suave ondulado, constituído por colinas de topos levemente arredondados, vertentes médias e declives suaves, em alguns lugares a topografia é ondulada, com declives entre 8 e 20% (EMBRAPA, 1984). As altitudes variam de 889 a 950 m S.N.M. (Sobre o Nível do Mar).

3.2 MATERIAL CARTOGRÁFICO E EQUIPAMENTOS

3.2.1 Cartografia Básica

- Cartas Topográficas da COMEC (Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba) na escala 1 : 10.000, 1976, folhas SG-22-X-D-I - 4-SO-A e SG-22-X-D-I - 4-SO-B (COMEC, 1976);
- Folha geológica de Piraquara, edição de 1967, escala 1:50000 (BIGARELLA, 1967);
- Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná (EMBRAPA, 1984).

3.2.2 Fotografias Aéreas

- Fotografias aéreas pancromáticas da Esteio, na escala aproximada de 1:8.000 de junho de 1980;
- fotografias aéreas coloridas da SUDERHSA-PR, na escala aproximada de 1:30.000 do dia 07 de junho de 2000.

3.2.3 Softwares e Equipamentos

- IDRISI 32 Release 2.0 - Sistema de Tratamento de Imagens e Sistema Geográfico de Informações, desenvolvido pela Clark University - Massachusetts;
- CARTALINX - Programa para digitalização e edição de dados vetoriais, também da Clark University;

- ARCVIEW 3.2 - Sistema Geográfico de Informações, desenvolvido pelo ESRI - Environmental Systems Research Institute;
- Um computador Pentium III , 500 mHz, 128 mHz de RAM, 20Gb
- Uma mesa digitalizadora Digigraf, modelo Van Gogh, tamanho A1;
- Um scanner de mesa tamanho A4.

3.2.4 Material de Campo

- Trado holandês;
- Aparelho receptor GPS, Garmim 12 XL;
- Sacos plásticos para coleta de amostras de solo;

3.2.5 Material para Fotointerpretação

- Estereoscópio de espelho;
- Mesa de luz;
- Transparências e canetas para retroprojeter.

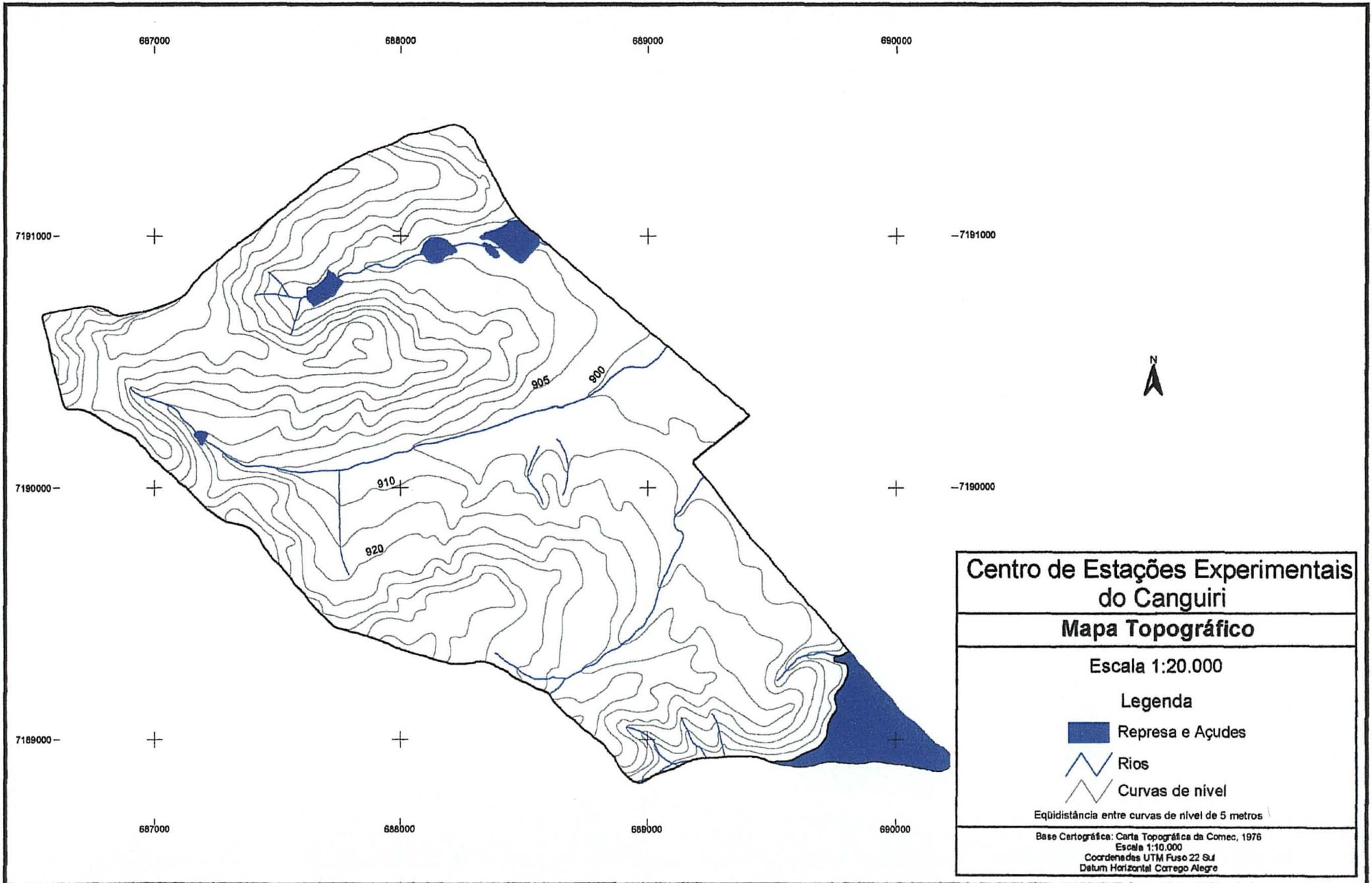
3.3 INFORMAÇÕES CARTOGRÁFICAS BÁSICAS

Considerando a necessidade do mapeamento da área para desenvolver o estudo da fragilidade do meio físico, todas as informações cartográficas necessárias foram preparadas em ambiente de geoprocessamento, ou seja, toda a análise foi feita em formato digital, com informações georreferenciadas, utilizando-se os programas já citados anteriormente. A seguir serão descritos os procedimentos para geração destas informações cartográficas básicas.

3.3.1 Modelo Numérico do Terreno

A partir da digitalização das curvas de nível com equidistância de 5 m, presentes nas cartas topográficas da COMEC(1976) na escala 1:10.000 (figura 3), foi

FIGURA 03. MAPA TOPOGRÁFICO DO C.E.E.C.



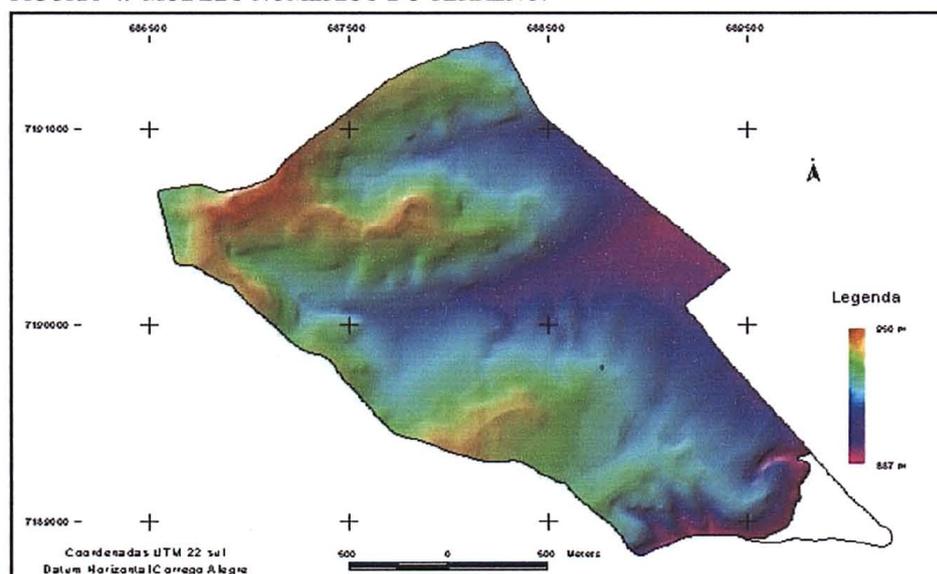
obtido o modelo numérico do terreno. A digitalização foi feita através de mesa digitalizadora com o programa Cartalinx. Este programa permite a entrada das informações georreferenciadas, de acordo com o Sistema de Coordenadas do mapa utilizado. Após a digitalização foram adicionadas ao banco de dados as cotas (valores de altitude) das curvas de nível.

Este arquivo foi transferido para o programa IDRISI 32, que possibilita a geração do modelo numérico do terreno (MNT), ou modelo digital de elevação (MDE), que nada mais é do que uma imagem onde cada pixel possui o valor Z de altitude correspondente as suas coordenadas X e Y. Estes modelos são gerados automaticamente a partir da interpolação das curvas de nível, neste caso a interpolação utilizada foi a TIN (ver seção 2.3).

As curvas de nível apresentaram cotas variando de 890 metros a 950 metros de altitude acima do nível do mar, e o modelo numérico do terreno (figura 4) apresentou altitudes variando de 885,63 metros até 953,94 metros. Estes valores foram obtidos através da interpolação das curvas.

O MNT é bastante utilizado na análise do meio físico, a partir dele é possível gerar uma série de outras informações, como mapa de declividade e mapa de potencial de acúmulo de água, além de possibilitar a composição de imagens para interpretação de unidades de paisagem e auxiliam na identificação de prováveis ocorrências de solos.

FIGURA 4. MODELO NUMÉRICO DO TERRENO.



3.3.2 Hidrografia

Digitalizou-se a rede hidrográfica presente nas cartas topográficas da COMEC, na escala 1:10.000. O limite da represa foi obtido a partir das curvas de nível utilizando-se a cota de inundação da represa. Do mesmo modo que o arquivo com as curvas de nível, este arquivo de hidrografia foi digitalizado no programa Cartalinx e posteriormente transferido para o programa IDRISI 32, onde é possível gerar mapas de distância linear a partir dos rios ou da represa, e de áreas de preservação permanente da mata ciliar.

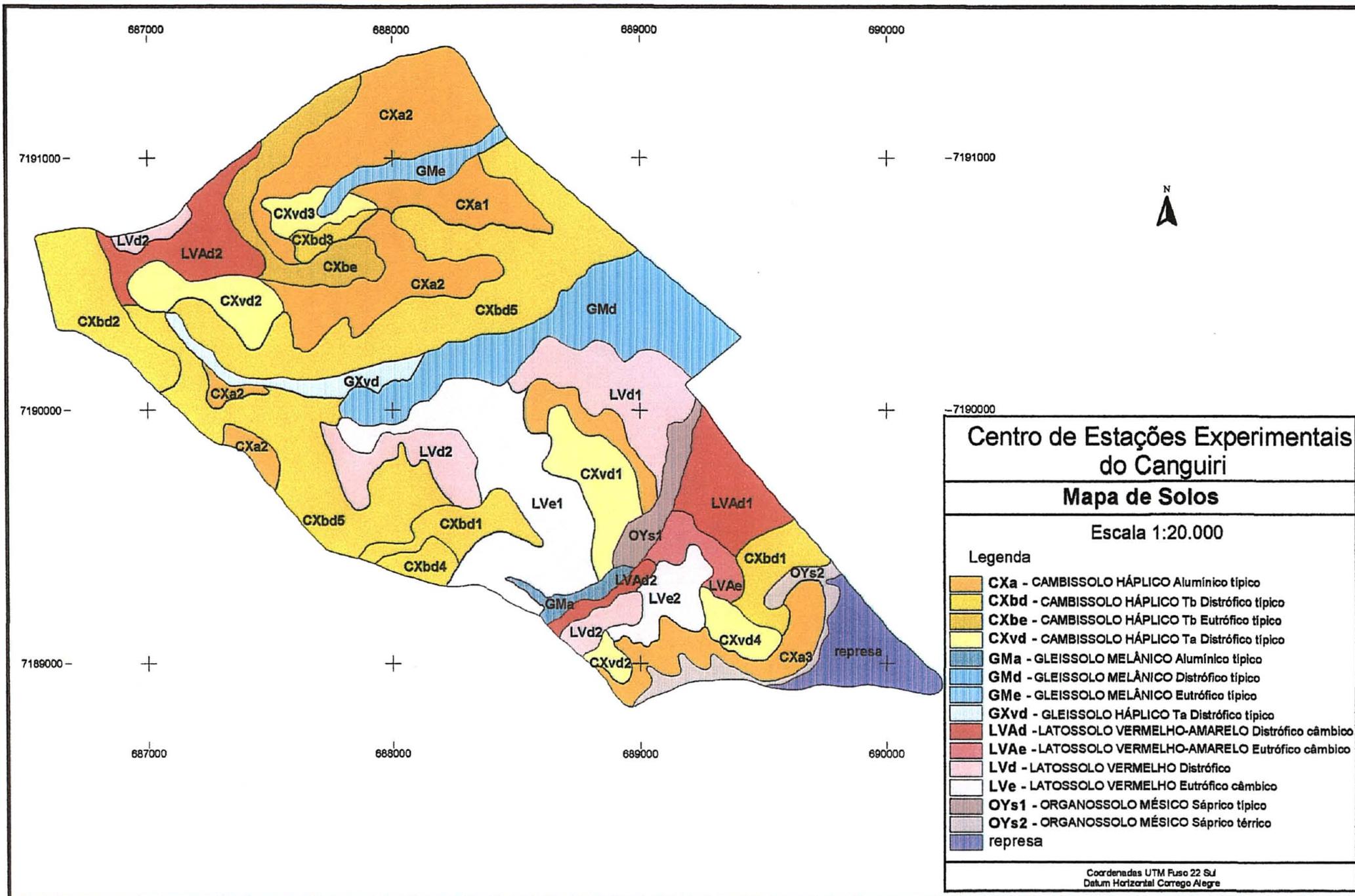
3.3.3 Solos

O tabela 1 apresenta a quantificação das unidades de mapeamento encontradas na área. A descrição da metodologia utilizada, bem como o resultado das análises químicas e granulométricas e a descrição de cada unidade de mapeamento encontrada foram descritos por SUGAMOSTO (2002). A figura 5 ilustra o mapa final que foi utilizado nesta análise.

TABELA 1. UNIDADES DE SOLO EM RELAÇÃO A ÁREA E PERCENTUAL.

CLASSE DE SOLOS	ÁREA (ha)	TOTAL %
CXa - CAMBISSOLO HÁPLICO Alumínico típico	84,64	19,60
CXbd1 - CAMBISSOLOS HÁPLICO Tb Distrófico típico	35,24	8,16
CXbd2 - CAMBISSOLOS HÁPLICO Tb Distrófico latossólico	86,58	20,14
CXbe - CAMBISSOLOS HÁPLICO Tb Eutrófico típico	15,01	3,47
CXvd - CAMBISSOLOS HÁPLICO Ta Distrófico típico	33,67	7,79
GMa - GLEISSOLO MELÂNICO Alumínico típico	3,06	0,70
GMd - GLEISSOLO MELÂNICO Distrófico típico	34,08	7,89
GMe - GLEISSOLO MELÂNICO Eutrófico típico	6,16	1,42
GXvd - GLEISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico	6,55	1,51
LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico câmbico	30,08	6,96
LVAe - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico câmbico	5,94	1,37
LVd1 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico	18,33	4,24
LVd2 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico câmbico	16,88	3,91
LVe - LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico câmbico	42,44	9,83
OYs1 - ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico típico	6,39	1,48
OYs2 - ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico térreo	6,63	1,53
TOTAL	431,68	100,00

FIGURA 05. MAPA DE SOLOS DO C.E.E.C.



3.3.4 Uso Atual

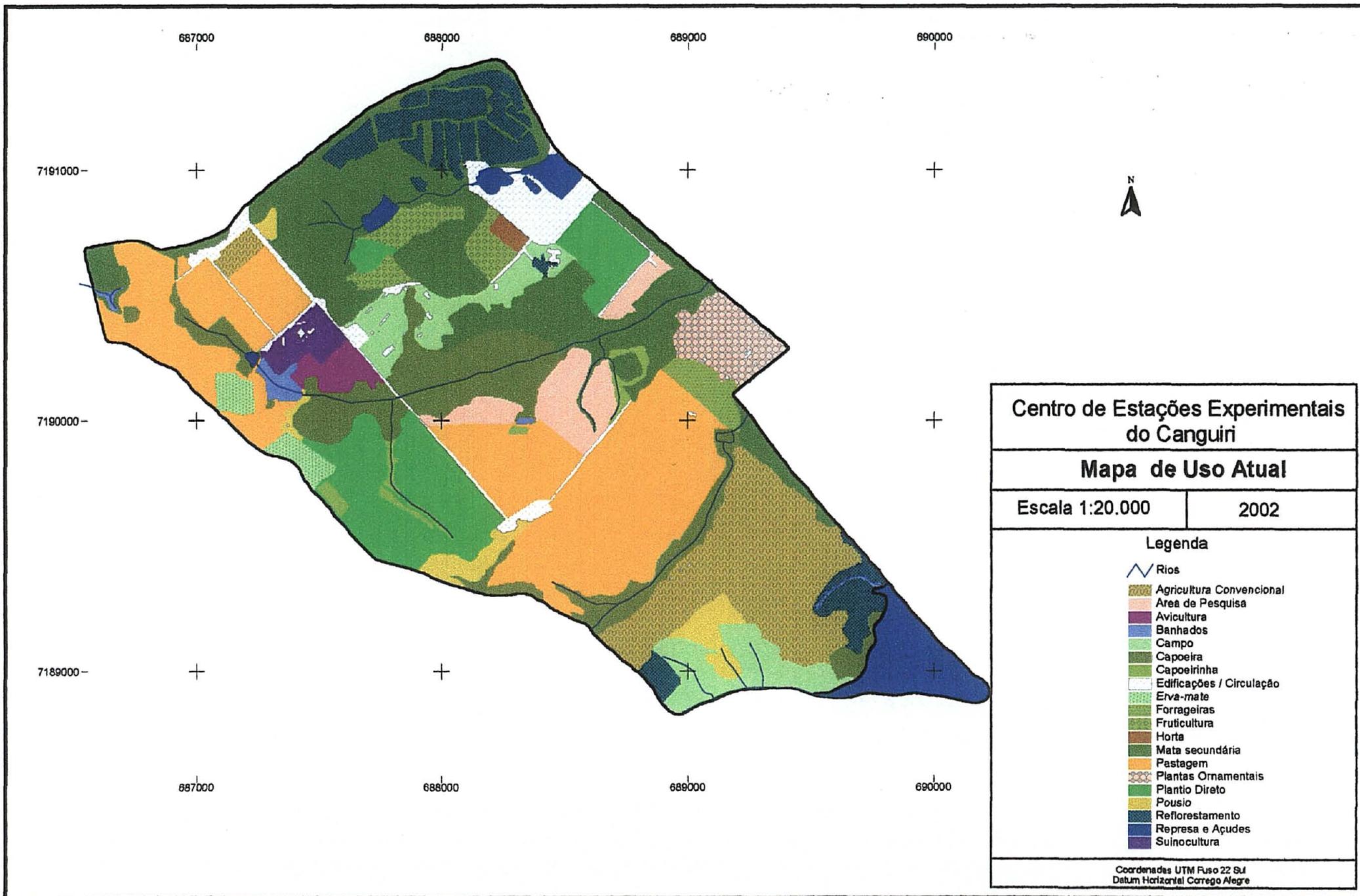
O mapa de uso atual foi gerado através de digitalização na tela, usando-se como imagem de fundo a fotografia aérea colorida datada de 07/06/2000, na escala 1:30000, e ainda um croquis de talhões da área e histórico de cultivo desses talhões obtidos junto a administração do Centro de Estações Experimentais do Cangüiri. Com a interpretação desta fotografia foi possível fazer a atualização do croquis dos talhões, e ainda delimitar áreas com diferentes usos, sendo gerado inicialmente um arquivo de polígonos georreferenciados. Este arquivo foi transformado em um mapa para acompanhamento de campo. No campo foram identificados e classificados os diferentes usos correspondentes aos polígonos. Após a classificação foi gerado um banco de dados e o arquivo foi transferido para o programa IDRISI 32, onde foi possível gerar o mapa de uso atual (figura 6).

O mapa de uso atual apresentou 20 (vinte) unidades de mapeamento diferentes. A tabela 2 a seguir mostra a área de cada classe de uso atual do solo, bem como sua porcentagem em relação a área total.

TABELA 2. CLASSES DE USO DO SOLO EM RELAÇÃO A ÁREA E PERCENTUAL - PINHAIS - PR- 2001

CLASSE DE USO	ÁREA (ha)	TOTAL %
Floresta secundária	76,98	17,31
Capoeira	42,38	9,53
Capoeirinha	4,25	0,95
Reflorestamento	25,76	5,79
Pastagem	89,29	20,17
Fruticultura	8,62	1,93
Erva-mate	5,13	1,15
Campo limpo	24,55	5,52
Área em pousio	9,47	2,12
Forageiras	4,28	0,96
Horta	1,16	0,26
Agricultura convencional	43,21	9,71
Agricultura plantio direto	37,20	8,36
Área de pesquisa / Defesa vegetal	14,46	3,25
Plantas ornamentais	9,92	2,23
Banhados	2,82	0,63
Edificações/ Circulação	18,75	4,21
Avicultura	4,21	0,94
Suinocultura	4,56	1,02
Represa / Açudes	17,64	3,96
TOTAL	444,73	100,00

FIGURA 06 - MAPA DE USO ATUAL DO C.E.E.C



3.4 DETERMINAÇÃO DA FRAGILIDADE POTENCIAL

A fragilidade potencial não considera a cobertura vegetal da área, indicando, portanto a fragilidade da área em função do seu potencial indicado pelo tipo de solo, declividade e posição em relação a drenagem (ROSS, 1994). A partir da fragilidade potencial pode-se determinar qual o grau de proteção necessário para manter o equilíbrio da área favorecendo assim a qualidade da água e do solo.

A fragilidade potencial foi determinada pela integração entre as imagens de declividade, solos, distância dos rios e distância da represa, gerados anteriormente, como proposto por ROSS (1994). A integração foi feita através de técnicas de classificação por múltiplos critérios do módulo de suporte a decisão do programa IDRISI 32. Foram geradas imagens com valores de 0 à 255, onde os valores próximos a 0 indicam maior fragilidade da área e valores próximos a 255 indicam menor fragilidade.

Após a geração destas imagens, as mesmas foram classificadas, gerando as imagens de fragilidade potencial com cinco classes: fragilidade muito alta (1), fragilidade alta (2), fragilidade média (3), fragilidade baixa (4) e fragilidade muito baixa (5). Os valores dos intervalos utilizados para a reclassificação foram obtidos através da análise do histograma de cada imagem e podem ser observados no quadro 4.

A partir dos dados de cada um dos avaliadores, da média e da distribuição linear foram geradas 5 imagens diferentes, as quais serão comparadas e avaliadas.

QUADRO 4. INTERVALOS OBTIDOS DOS HISTOGRAMAS PARA RECLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM DE FRAGILIDADE POTENCIAL.

CLASSES DE FRAGILIDADE	VALORES DOS INTERVALOS
MUITO ALTA	0 - 50
ALTA	50 - 100
MÉDIA	100 - 150
BAIXA	150 - 200
MUITO BAIXA	200 - 255

3.5 DETERMINAÇÃO DA FRAGILIDADE EMERGENTE

A fragilidade emergente mostra qual o grau de proteção que a cobertura vegetal existente está proporcionando a determinadas áreas, que em função do potencial indicado pela fragilidade potencial deve ser maior ou menor, para manter o equilíbrio, favorecendo a qualidade da água e do solo (ROSS, 1994). Assim, com a análise da fragilidade emergente é possível identificar áreas com problemas de ocupação, super ou sub utilizadas.

A fragilidade emergente foi determinada a partir da integração dos fatores utilizados na geração da fragilidade potencial com o mapa de uso atual. A imagem resultante possui valores de 0 à 255, onde os valores próximos a 0 indicam áreas com baixo grau de proteção e valores próximos a 255 indicam alto grau de proteção.

As imagens de fragilidade emergente também foram classificadas utilizando-se os mesmos critérios da classificação das imagens de fragilidade potencial.

Também foram geradas 5 imagens que serão comparadas e avaliadas.

3.6 AVALIAÇÃO GERAL DAS IMAGENS DE FRAGILIDADE

Após a avaliação das imagens de fragilidade geradas por cada avaliador, pela média entre os avaliadores, e pela distribuição linear, será feito um capítulo de avaliação geral destas imagens, onde estas serão comparadas através do índice de correlação Kappa, conforme MOREIRA et al (2001), que utilizou a tabela 3 a seguir, adaptada por LANDIS et al (1977)²¹.

TABELA 3. CORRELAÇÃO ASSOCIADA AOS VALORES DA ESTATÍSTICA KAPPA.

VALOR DE KAPPA	CORRELAÇÃO
< 0,00	péssima
0,00 - 0,20	ruim
0,20 - 0,40	razoável
0,40 - 0,60	boa
0,60 - 0,80	muito boa
0,80 - 1,00	excelente

²¹ LANDIS, J.R. ; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v.33, n.1, p. 159-174, 1977.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 GERAÇÃO E ORDENAÇÃO DAS IMAGENS USADAS NA ANÁLISE DA FRAGILIDADE

Baseando-se nas informações de ROSS(1994), na análise da fragilidade foram avaliadas várias características da área, tais como declividade, tipo de solo, proximidade dos recursos hídricos e tipo de uso. Para isso foram geradas algumas imagens a partir das informações cartográficas básicas, já citadas anteriormente. Estas imagens tiveram suas legendas ordenadas de acordo com os critérios estabelecidos para análise, também baseados nas informações de ROSS (1994), e na etapa seguinte de padronização Fuzzy, estas imagens foram redimensionadas para o espaço de 256 níveis .

4.1.1 Declividade

A declividade foi gerada através do comando SURFACE do Idrisi 32 com o modelo numérico do terreno. Na imagem resultante cada pixel representa o valor de declividade em porcentagem correspondente as suas coordenadas X e Y. Para a análise de fragilidade o critério adotado foi baseado nas informações de ROSS (1990 e 1992), que quanto maior a declividade do terreno maior é a fragilidade do ambiente, como os valores da imagem estão em ordem crescente de declividade, esta já está ordenada de acordo com o critério adotado.

As declividades encontradas variaram de 0% a 40%, sendo que a média foi de 7,30%. Para uma melhor visualização, a imagem será apresentada em classes de declividade de acordo com ROSS (1990 e 1992), porém, a imagem utilizada na análise não foi dividida em classes, gerando assim, uma imagem de fragilidade muito mais detalhada. Com a imagem classes de declividade (figura 07) é possível observar que realmente as declividades mais encontradas estão entre 3% e 12%, e as declividades maiores que 30% são pouco encontradas na área em estudo. Os valores de área de cada classe de declividade estão representados na tabela 4.

FIGURA 07 - MAPA DE CLASSES DE DECLIVIDADE DO C.E.E.C.

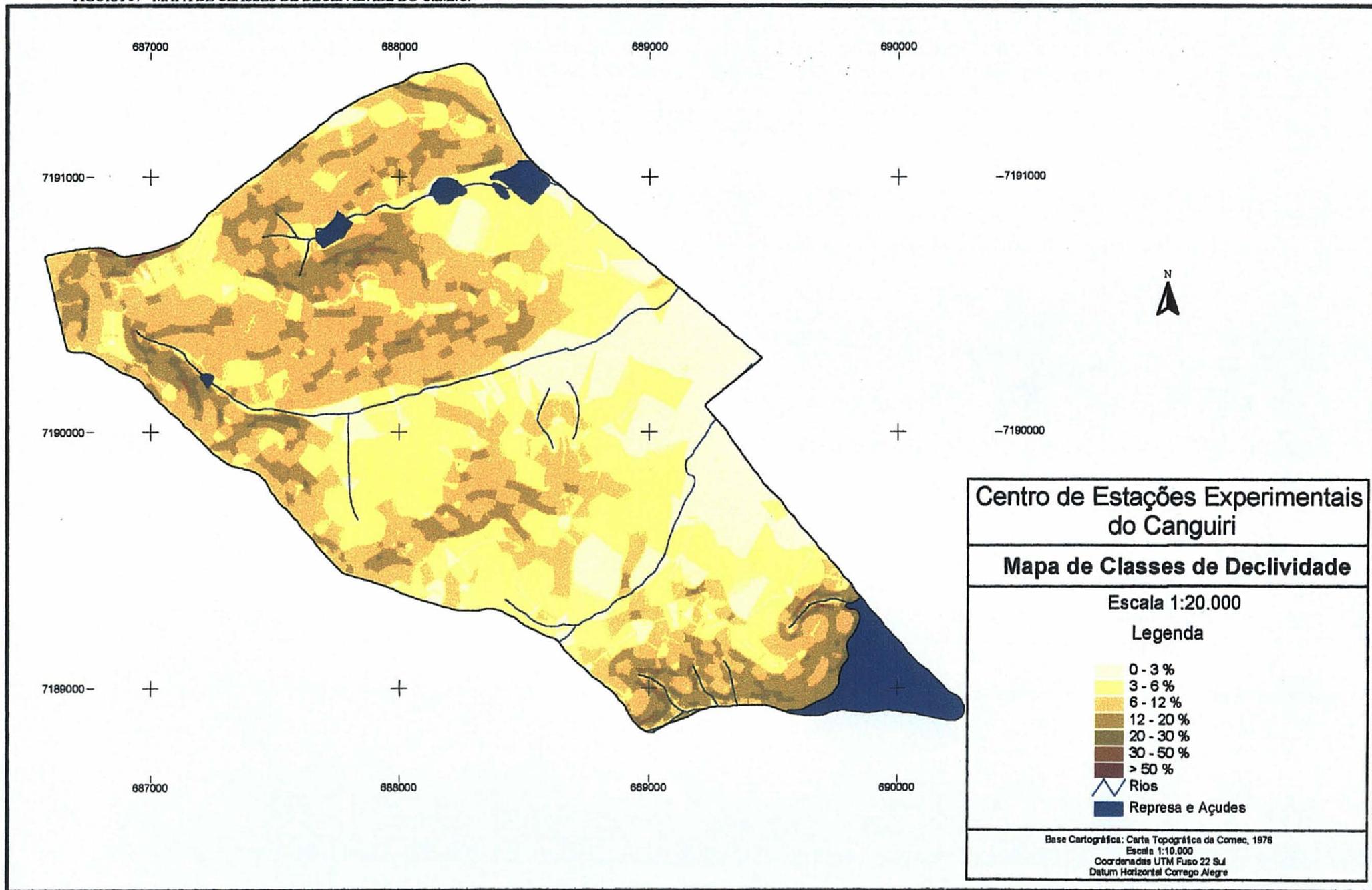


TABELA 4. CLASSES DE DECLIVIDADE EM RELAÇÃO A ÁREA E PERCENTAGEM

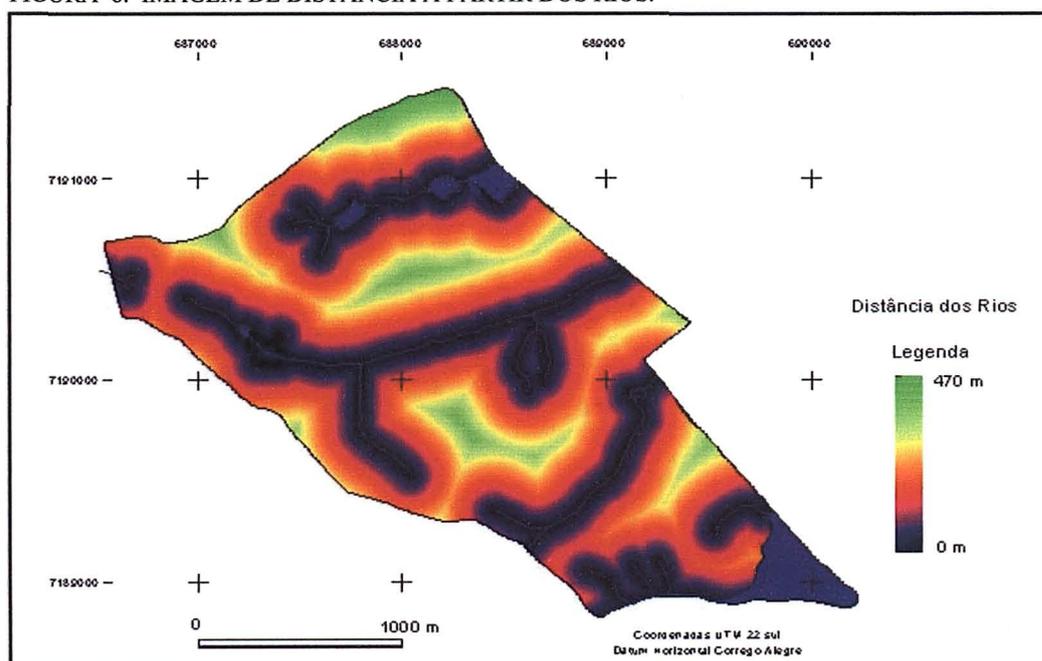
Classe de declividade	Área ha	Total %
0% - 3%	48,25	10,85%
3% - 6%	154,95	34,80%
6% - 12%	163,41	36,75%
12% - 20%	66,47	15,00%
20% - 30%	10,27	2,30%
30% - 50%	1,38	0,30%
> 50%	0,00	0,00%
TOTAL	444,73	100%

4.1.2 Distância dos Rios

A distância dos rios foi obtida através do comando DISTANCE, para isso foi usado o arquivo raster contendo a rede hidrográfica da área em estudo. O comando DISTANCE calcula a distância linear de cada pixel em relação aos pixels referentes aos rios existente (seção 2.3). Na imagem gerada o valor de cada pixel é a distância, em metros, a que o mesmo se encontra da rede de drenagem. Baseando-se nas informações de FARIAS et al (1990), para a análise da fragilidade foi considerado que quanto maior a distância em relação aos rios menor é a fragilidade desta área, e como os valores estão em ordem crescente de distância, a imagem já está ordenada de acordo com o critério adotado.

A distância máxima encontrada foi de 470 metros, sendo que a média é de 137,92 metros, como mostra a figura 8.

FIGURA 8. IMAGEM DE DISTÂNCIA A PARTIR DOS RIOS.

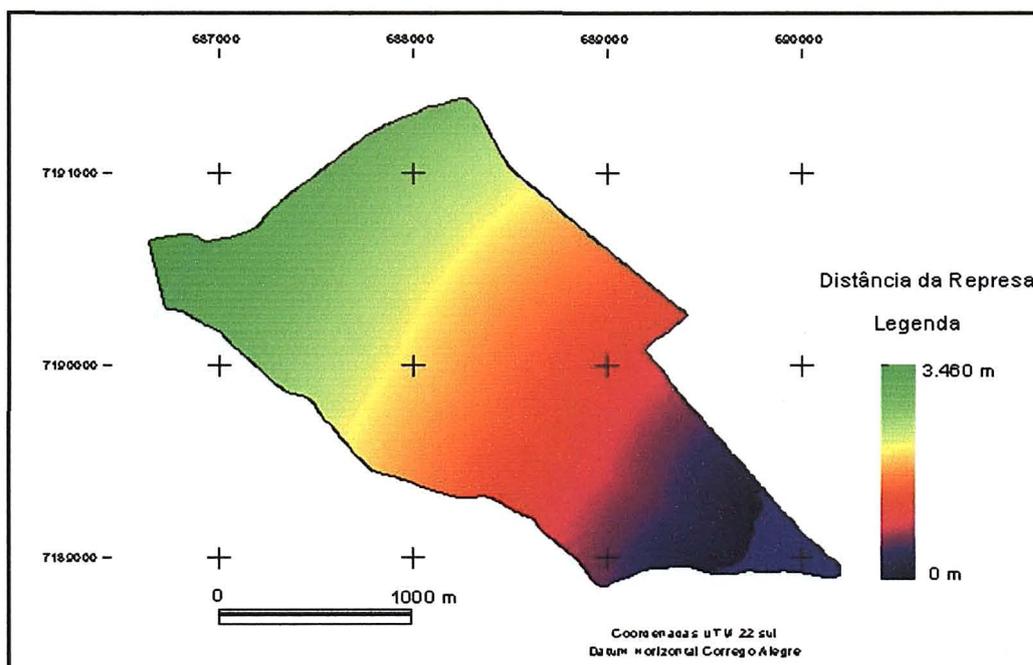


4.1.3 Distância da Represa

Da mesma forma que a distância dos rios, a distância da represa também foi obtida através do comando DISTANCE, sendo que o arquivo utilizado para o cálculo da distância foi o limite da represa, portanto na imagem gerada o valor de cada pixel é a distância em metros que o mesmo se encontra da represa. Baseando-se nas informações de FARIAS et al (1990), para análise da fragilidade foi considerado que quanto maior a distância em relação a represa menor é a fragilidade da área, estando assim a imagem pré-classificada, já que os seus valores estão em ordem crescente de distância.

A distância máxima encontrada foi 3.460 metros, como mostra a figura 9.

FIGURA 9. IMAGEM DE DISTÂNCIA A PARTIR DA REPRESA.



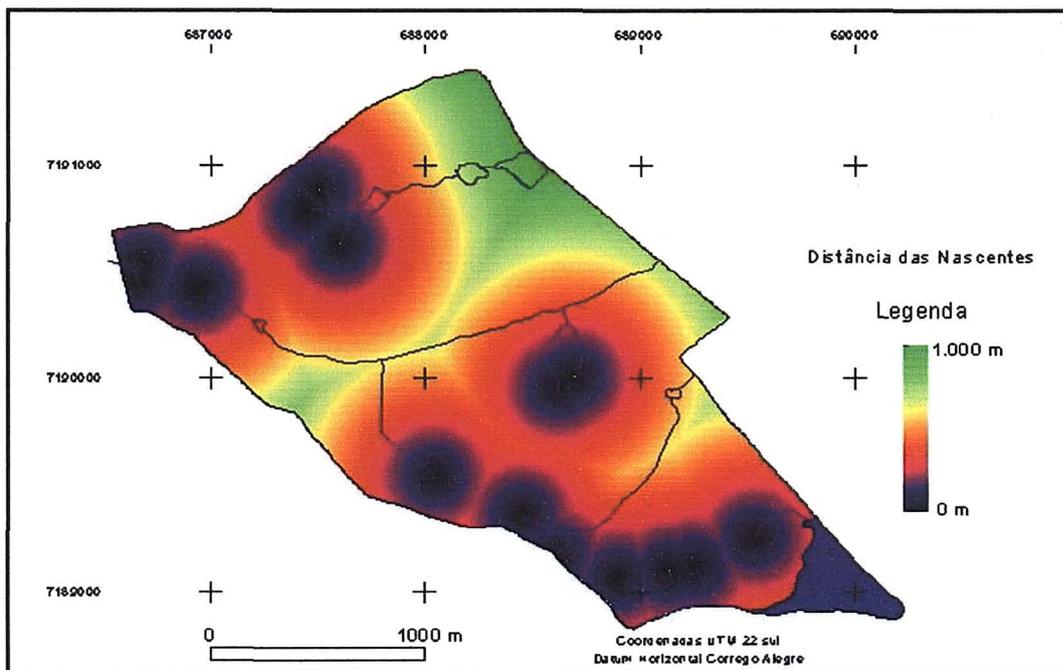
4.1.4 Distância das Nascentes

Da mesma forma que a distância dos rios e da represa, a distância das nascentes foi obtida através do comando DISTANCE, onde o arquivo utilizado para o cálculo representa cada nascente existente na área. Na imagem gerada cada pixel tem o valor da distância em metros que o mesmo se encontra das nascentes. Também

baseado nas informações de FARIAS et al (1990), para análise da fragilidade foi considerado que quanto maior a distância em relação as nascentes, menor é a fragilidade.

A distância máxima encontrada foi de aproximadamente 1.000 metros, como mostra a figura 10.

FIGURA 10. IMAGEM DE DISTÂNCIA A PARTIR DAS NASCENTES.



4.1.5 Solos

O mapa de solos (seção 3.3.3) teve sua legenda ordenada de maneira crescente em relação a resistência dos solos encontrados, ou seja, do solo com maior fragilidade para o de menor fragilidade. Esta ordenação foi feita com base nas pesquisas básicas desenvolvidas por pesquisadores, como foi citado por ROSS (1994) (ver seção 2.1), e ainda através de entrevistas feitas a alguns especialistas na área de solos, conservação e meio ambiente, onde foram observadas as características de cada unidade de mapeamento encontradas na área de pesquisa. As entrevistas foram baseadas em um questionário onde cada avaliador pode ordenar os solos conforme a sua resistência, este questionário encontra-se no apêndice 1. O quadro 5 apresenta um resumo das características das unidades de mapeamento encontradas, este quadro também está inserido no questionário já citado.

QUADRO 5. CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS.

CLASSE DE SOLO	PROFUNDIDADE		TEXTURA		erosão	RELEVO
	A	B	A	B		
CXa1 - CAMBISSOLO HÁPLICO Alumínico típico, pouco profundo	30 cm	80 cm	argilosa	argilosa	-	Suav.ond.
CXa2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Alumínico típico, pouco profundo	20 cm	40 - 70	argilosa	argilosa	-	Ondulado
CXa3 - CAMBISSOLO HÁPLICO Alumínico típico, raso	10 - 30 cm	30 cm	média	média	-	Forte ond.
CXbd1 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico	30 - 50 cm	40 - 80 cm	argilosa	argilosa	Lam./sulcos	Suave ondulado
CXbd2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico	30 - 50 cm	40 - 80 cm	argilosa	Argilosa	Laminar	Ondulado
CXbd3 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico	20 cm	70 cm	argilosa	argilosa	Lam./sulcos	Forte ondulado
CXbd4 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico latossólico	40	> 150 cm	Arg. / m.arg.	Arg. / m.arg.	-	Suav. ond
CXbd5 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico latossólico	20 - 30 cm	> 100 cm	Arg. / m.arg.	Arg. / m.arg.	Lam./sulcos	Suav. ond.- ond.
CXbe - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico	50 cm	> 50 cm	argilosa	argilosa	Lam./sulcos	Ond.
CXvd1 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico	30 cm	70 cm	argilosa	argilosa	-	suave Ond.
CXvd2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico	15 - 30 cm	50 - 70 cm	argilosa	argilosa	-	Ondulado
CXvd3 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico	20 cm	60 cm	média	média	-	Suav. Ondulado
CXvd4 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico	20 cm	60 cm	média	média	Laminar	Suav. Ond. - ondul.
GMa - GLEISSOLO MELÂNICO Alumínico típico	60 cm	60 cm	argilosa	argilosa	-	Suav. Ond.
GMd - GLEISSOLO MELÂNICO Distrófico típico	40 cm	> 60 cm	Média-arg.	média	-	Plano - suav.ond.
GMe - GLEISSOLO MELÂNICO Eutrófico típico	40 cm	60 cm	argilosa	argilosa	Laminar	Plano - suav. Ond.
GXvd - GLEISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico	10 cm	50 cm	argilosa	argilosa	-	Suav. Ond.
LVAa1 - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico câmbico	15 cm	60 cm	argilosa	argilosa	Lam./sulcos	plano
LVAa2 - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico câmbico	25 - 40 cm	60 - 105 cm	argilosa	argilosa	Laminar	Suav. Ond.
LVAe - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico câmbico	25 cm	100 cm	argilosa	argilosa	Lam./sulcos	Suav. Ond.
LVd1 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico	40 cm	100 cm	argilosa	argilosa	Laminar	Plano - su. Ond.
LVd2 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico câmbico	20 - 30 cm	60 - 100 cm	argilosa	argilosa	Lam./sulcos	Suav. Ondu.
Lve1 - LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico câmbico	30 cm	80 cm ...	argilosa	argilosa	Laminar	Suav. Ond.
Lve2 - LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico câmbico	0 cm	80 cm ...	argilosa	argilosa	Lam./sulcos	Suav. Ond.
OYs1 - ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico típico	O = 60 cm		média	média	-	Plano
OYs2 - ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico térreo	O = 70 cm		argilosa	argilosa	-	Ond.

4.1.6 Uso Atual

O mapa de uso atual, com as 20 classes de uso encontradas, foi ordenado de maneira que os valores da legenda ficassem em ordem crescente de proteção do solo em função do tipo de cobertura vegetal presente, esta ordenação foi feita também através das entrevistas com especialistas na área de solos, conservação e meio ambiente.

4.2 PADRONIZAÇÃO FUZZY DAS IMAGENS

Como já citado anteriormente, para a análise da fragilidade são avaliadas várias características da área, como uso atual, tipo de solos, distância da represa, declividade, etc. Cada uma destas imagens de caracterização da área possui uma unidade específica, por exemplo na declividade a unidade utilizada é a porcentagem, na distância da represa a unidade é metros, e no mapa de uso atual são classes. A padronização Fuzzy tem por finalidade colocar todas as imagens que serão usadas na análise em uma mesma escala, para tornar possível a integração de todos os dados em ambiente de geoprocessamento (DONHA et al, 2000).

Esta padronização foi feita através do comando Fuzzy (seção 2.5) do Idrisi 32, com a opção de tipo de função definida pelo usuário, onde há a possibilidade de se criar uma curva que represente a variação dos valores de cada fator em função da fragilidade da área. Durante este processo é feito o redimensionamento das imagens no espaço de 256 níveis, utilizando-se os critérios adotados para análise da fragilidade, sendo que o objetivo é fazer com que os valores baixos, ou próximos a zero representem áreas com fragilidade alta e os valores altos, ou próximos a 255 indiquem áreas com baixa fragilidade.

A padronização foi feita em cada um dos fatores (declividade, distância dos recursos hídricos, solos e uso atual) de maneira que os valores ficassem distribuídos na escala de 0 a 255 de acordo com o seu comportamento em relação a sua influência na fragilidade da área.

Ao final da padronização fuzzy todas as imagens estão com a mesma

unidade, ou seja, todas estão dentro de uma mesma escala que varia de 0 a 255, sendo possível assim realizar a integração dos dados para geração dos mapas de fragilidade.

Com o objetivo de identificar e avaliar os limites adequados para a padronização fuzzy, os pontos de inflexão das curvas, bem como o tipo de distribuição dos valores da legenda de cada fator foram obtidos a partir de 3 (três) avaliadores, uma média entre os três avaliadores e uma distribuição linear. Estes dados foram obtidos através de um questionário preparado para o preenchimento das informações necessárias (apêndice 1).

O resultado das padronizações Fuzzy dos 3 avaliadores, da média e da distribuição linear podem ser observados nos quadros 5, 6, 7, 8, 9 e 10, a seguir.

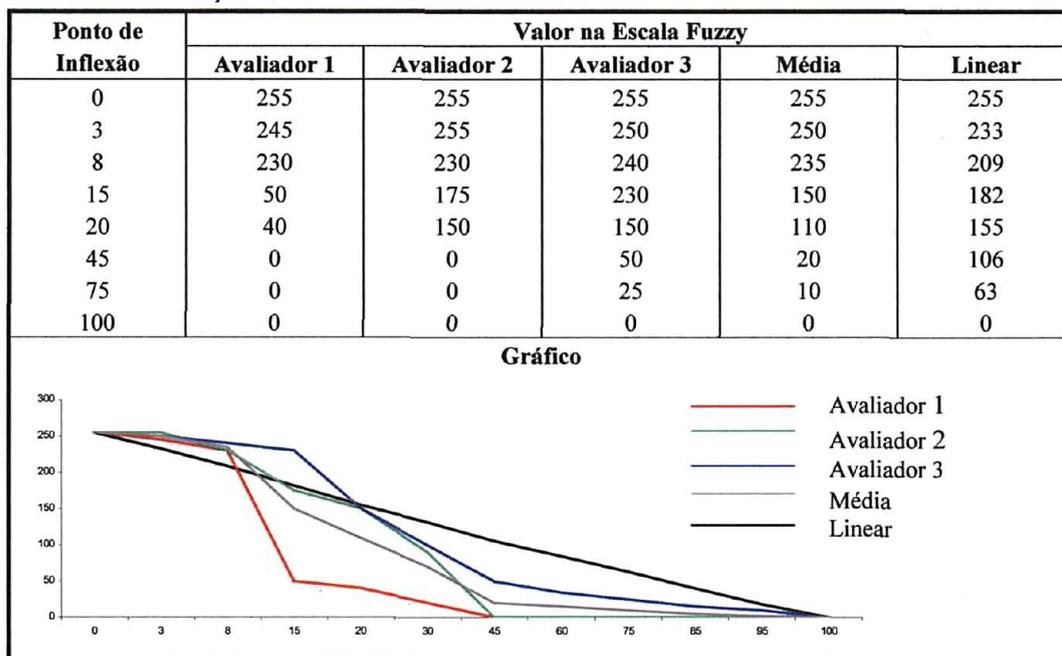
Nas tabelas estão colocados os pontos de inflexão utilizados na geração da curva de padronização fuzzy e os respectivos valores, sempre variando de 0 a 255, dados por cada um dos avaliadores, média e distribuição linear. Houve variação dos pontos de inflexão sugeridos pelo avaliador, nas tabelas foram colocados todos os pontos, e o valor na escala fuzzy correspondente foi obtido da curva gerada pelo avaliador.

4.2.1 Padronização Fuzzy da Declividade

Para o fator declividade (quadro 6), todas as avaliações consideraram que a declividade de 0% representa uma fragilidade muito baixa, ou nula, atribuindo portanto o valor máximo de 255 na escala de fragilidade, e a declividade de 100% representa a maior fragilidade, atribuindo portanto o valor mínimo de 0 na escala de fragilidade. Para os outros valores de declividade cada avaliação adotou critérios diferentes, o avaliador 1 considerou que as declividades até 8% representam fragilidade baixa, e a partir de 8% até 15% a fragilidade aumenta consideravelmente, fazendo com que os valores passem a tender para 0, e as declividades superiores a 45% representam o valor mínimo da escala, ou seja a maior fragilidade. O avaliador 2 também considerou as declividades até 8% como baixa fragilidade, mas não considerou as declividade superiores a 8% como alta fragilidade, mantendo valores intermediários, e acima de 45% de declividade a maior fragilidade. Já o avaliador 3

considerou as declividades até 15% com valores tendendo a 255, a partir de 20% com valores intermediários, e as declividades acima de 45% tiveram seu valor bem reduzido, tendendo a 0, mas não foram anulados. Para obtenção dos valores de média foi simplesmente tirada uma média entre os valores atribuídos pelo avaliador a cada ponto de inflexão. E os valores da distribuição linear são apenas distribuídos de 0 a 255, linearmente, da maior fragilidade para a menor fragilidade. A padronização fuzzy fez com que as imagens de declividade, antes com os valores expressos em porcentagem, ficassem agora com os valores distribuídos em uma escala de 0 (zero) a 255 (duzentos e cinquenta e cinco). A distribuição dos valores segue os critérios adotados pelo avaliador para a classificação deste mapa em relação a sua influência na fragilidade da área.

QUADRO 6. PADRONIZAÇÃO FUZZY DO FATOR DECLIVIDADE.

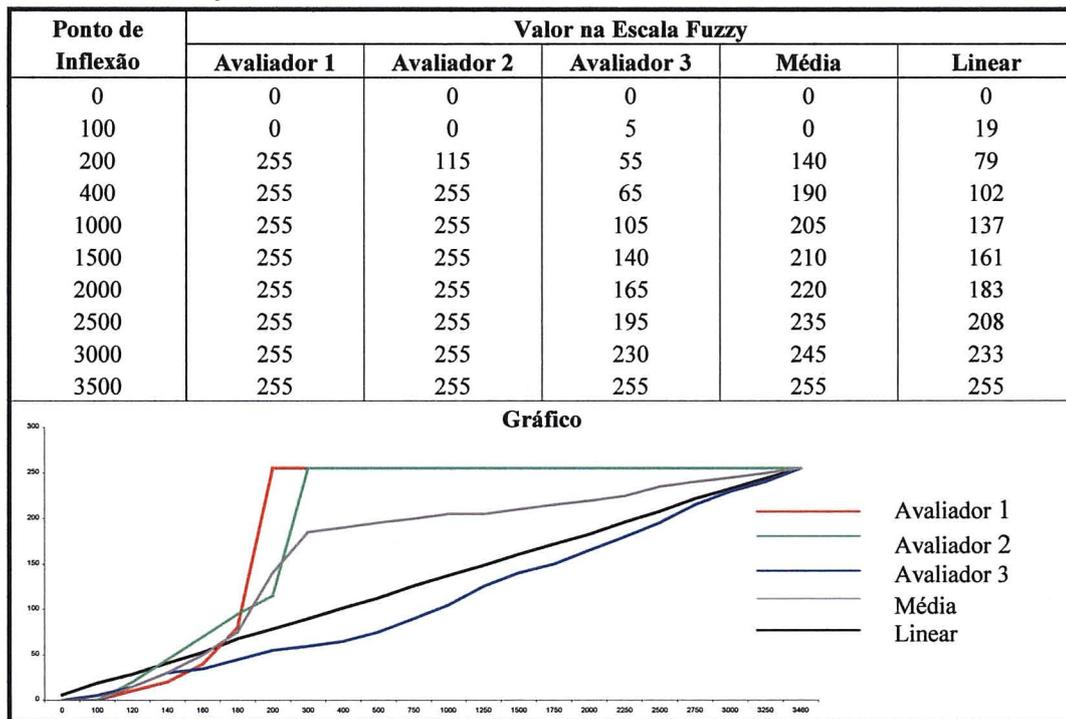


4.2.2 Padronização Fuzzy da Distância da Represa

Para o fator distância da represa (quadro 7) todas as avaliações consideraram a distância 0 m como o valor mínimo 0 e a maior distância, de 3.460m como o valor máximo de 255. O avaliador 1 considerou até 100m da represa como valor 0 (zero), e de 100 a 200m a fragilidade diminui com a distância, e acima de 200m a distância não influencia mais na fragilidade da área, ficando portanto com valor 255. O avaliador 2

considerou até 200m como valor 0 e a partir de 200m até 400m valores intermediários, aumentando de acordo com a distância, e acima de 400m a distância não mais influencia na fragilidade, ficando com o valor de 255, isso porque 400 metros é a maior distância encontrada na área entre a represa e o divisor de água. Já o avaliador 3 considerou que até 100m a fragilidade é muito alta, com valores próximos a 0 e a partir de 100m a fragilidade diminui de acordo com a distância, ou seja quanto maior a distância da represa menor é a fragilidade, até a maior distância encontrada. Para os valores da distribuição linear foi considerado que a fragilidade diminui conforme a distância da represa aumenta. A imagem de distância da represa, com a padronização fuzzy ficou com seus valores variando entre 0 e 255, em relação a fragilidade das áreas de acordo com a distância da represa.

QUADRO 7. PADRONIZAÇÃO FUZZY DO FATOR DISTÂNCIA DA REPRESA.

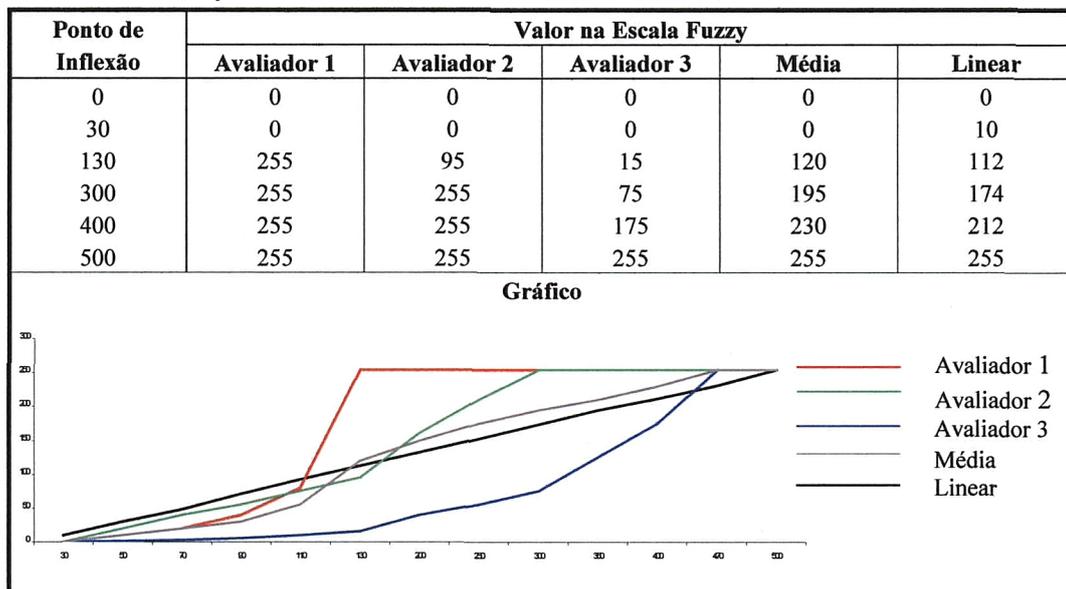


4.2.3 Padronização Fuzzy da Distância dos Rios

Para o fator distância dos rios (quadro 8) o avaliador 1 considerou que até 30m está a maior fragilidade atribuindo portanto valor 0, e a partir de 30m até 130m a fragilidade diminui de acordo com o aumento da distância, e acima de 130m a distância dos rios não influencia mais na fragilidade da área, ficando então com valor

255. O avaliador 2 também considerou os primeiros 30m como a maior fragilidade, e a partir de 30m considerou que até 300m a fragilidade diminui de acordo com o aumento da distância, e apenas acima de 300m, que foi a maior distância encontrada entre a drenagem e os divisores de água, é que a distância não influencia mais na fragilidade, ficando então com valor 255. Já o avaliador 3 considerou até 30m com valor 0 e a partir dos 30m até a maior distância encontrada entre a drenagem e os divisores de água, a fragilidade diminui de acordo como aumento da distância. Para os valores da distribuição linear foi considerado que quanto maior a distância dos rios menor é a fragilidade. Com a padronização fuzzy, a imagem de distância dos rios, antes com os valores expressos em metros, apresenta agora os seus valores distribuídos dentro da escala de 0 a 255, de acordo com os critérios adotados pelo avaliador para a classificação desta imagem em relação a fragilidade das áreas.

QUADRO 8. PADRONIZAÇÃO FUZZY DO FATOR DISTÂNCIA DOS RIOS.

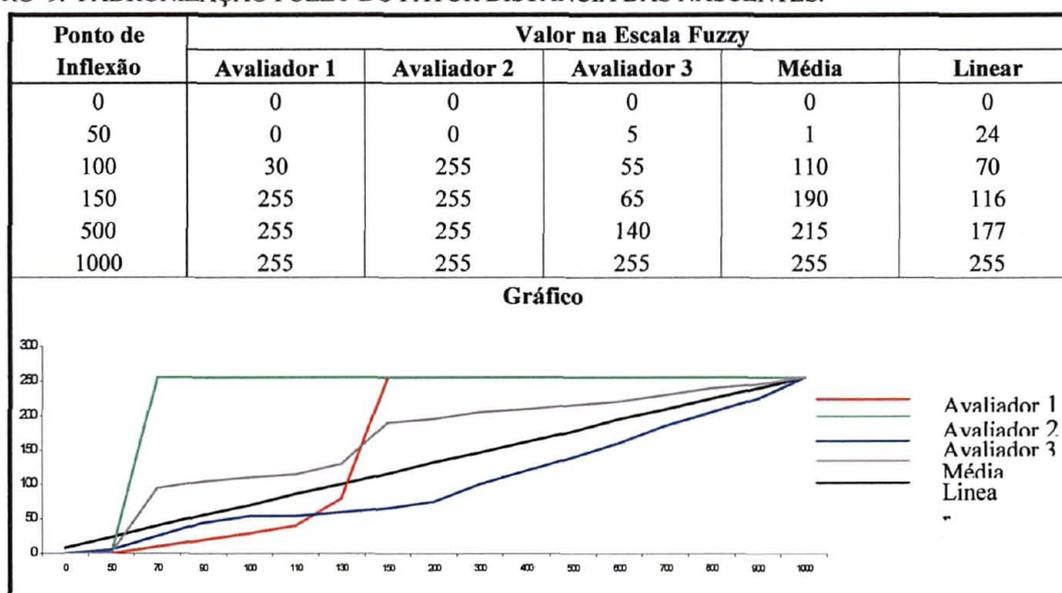


4.2.4 Padronização Fuzzy da Distância das Nascentes

Para o fator distância das nascentes (quadro 9) o avaliador 1 considerou que até a distância de 50m a fragilidade é muito alta, atribuindo valor 0, dos 50m até 150m a fragilidade diminui em relação ao aumento da distância e acima de 150m a distância das nascentes não influencia na fragilidade, ficando então com valor de 255. O avaliador 2 considerou que até 50m de distância das nascentes o valor é igual a 0, por

ser considerada área de preservação permanente, e acima de 50m não há influência da distância das nascentes na fragilidade, ficando então com valor de 255. E o avaliador 3 considerou que até 50m a fragilidade é muito alta atribuindo valores próximos a 0 e a partir de 50m a fragilidade diminui com o aumento da distância. Para a distribuição linear também foi considerado que a fragilidade diminui com o aumento da distância das nascentes.

QUADRO 9. PADRONIZAÇÃO FUZZY DO FATOR DISTÂNCIA DAS NASCENTES.



4.2.5 Padronização Fuzzy dos Solos

Para o fator solos (quadro 10) cada avaliador ordenou as unidades de mapeamento de acordo com a sua opinião em relação ao grau de resistência a erosão de cada solo, e posteriormente atribuíram os valores da escala de 0 a 255. Por isso é possível perceber que para algumas unidades de mapeamento os valores atribuídos diferem entre os avaliadores, por exemplo a unidade de mapeamento CXa1 o avaliador 2 atribuiu um valor mais baixo que os outros, pois na opinião dele a fragilidade desta unidade de solos é maior que para os outros avaliadores, o mesmo ocorre com a unidade CXa2. À unidade CXvd4 foi atribuído um valor mais baixo pelo avaliador 3 do que para os demais, e assim por diante. Mas analisando o gráfico percebe-se que há uma coerência, pois todas as curvas são decrescentes para esta ordenação das unidades de mapeamento. Os valores da legenda do mapa de solos, que foi classificado em

ordem crescente de fragilidade, com a padronização fuzzy, agora encontram-se distribuídos na escala de 0 a 255, em função dos critérios utilizados pelo avaliador para determinar a fragilidade da área em relação ao tipo de solo.

QUADRO 10. PADRONIZAÇÃO FUZZY DO FATOR SOLOS.

Ponto de Inflexão	Valor na Escala Fuzzy				
	Avaliador 1	Avaliador 2	Avaliador 3	Média	Linear
LVD1	240	178	255	224	255
LVA2	226	178	249	218	245
LVE1	219	178	243	213	235
LVAE	206	178	252	212	225
LVD2	212	178	246	212	215
LVA1	233	178	226	212	205
LVE2	199	178	240	206	195
CXbd4	199	178	212	196	185
CXbd5	178	178	199	185	175
CXbe	168	128	186	161	165
CXbd2	173	128	173	158	155
CXbd1	189	128	120	146	145
CXvd1	194	128	99	140	135
CXa1	184	77	159	140	125
CXbd3	128	128	133	130	115
CXvd2	163	128	89	127	105
CXvd3	158	128	79	122	95
CXa2	128	77	159	121	85
CXvd4	153	128	66	116	75
CXa3	51	77	110	79	65
GMe	15	77	54	49	55
GXvd	18	77	41	45	45
GMa	13	77	28	39	35
GMd	10	77	17	35	25
OYs2	5	0	5	3	15
OYs1	5	0	0	2	0

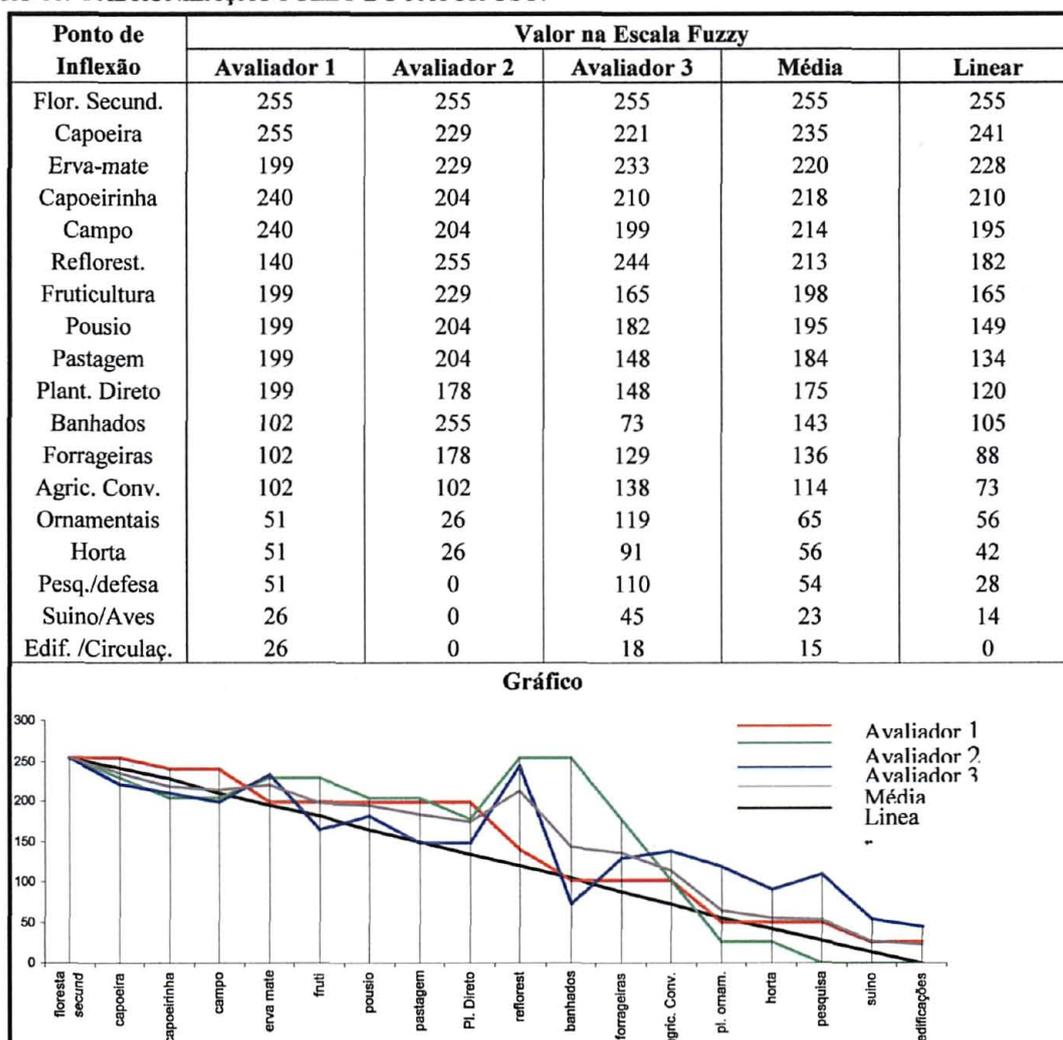
Gráfico

4.2.6 Padronização Fuzzy do Uso

Finalmente para o fator uso (quadro 11), assim como para solos, cada

avaliador ordenou as unidades de mapeamento de acordo com a sua opinião em relação ao grau de proteção de cada tipo de cobertura do solo, e posteriormente foram atribuídos os valores da escala de 0 a 255. Observando o gráfico é possível perceber que houveram divergências nos valores atribuídos a unidade reflorestamento, considerada de alta fragilidade pelo avaliador 1, há divergência também nos valores atribuídos a unidade banhados, onde o avaliador 2 atribuiu um valor bem mais alto que os outros avaliadores. Mas ainda assim, a maioria dos valores atribuídos às unidades de mapeamento de uso estão coerentes. Da mesma forma que para o mapa de solos, o mapa de uso atual, onde anteriormente a legenda foi classificada em ordem crescente de grau de proteção do solo, agora com a padronização fuzzy, os valores da legenda encontram-se distribuídos na escala de 0 a 255, de acordo com os critérios adotados na classificação das áreas em relação a sua fragilidade.

QUADRO 11. PADRONIZAÇÃO FUZZY DO FATOR USO.



4.3 CLASSIFICAÇÃO POR MÚLTIPLOS CRITÉRIOS

Para a geração dos mapas de fragilidade da área em estudo foi utilizada a metodologia de classificação por múltiplos critérios denominada Combinação Linear Ponderada, existente no módulo de suporte a decisão do programa Idrisi 32, na rotina MCE (Multi Criteria Evaluation).

Esta metodologia permite combinar e comparar todos os fatores que devem ser avaliados. Para isso estes fatores devem ser padronizados para uma escala contínua de 0 a 255. Assim serão evitadas classificações Booleanas rígidas de uma área como absolutamente apta ou não apta.

Com a utilização desta metodologia é possível reter toda a variabilidade dos dados contínuos, e ainda possibilita os fatores compensarem-se uns com os outros, ou seja, um escore de fragilidade muito alta em um fator para uma determinada área pode ser compensado por um escore de fragilidade muito baixa para outro fator. Esta compensação é determinada por um arquivo de pesos dos fatores, que indica a importância relativa de cada fator.

4.3.1 Determinação dos pesos de importância relativa

Para a geração deste arquivo de pesos é feita uma comparação pareada entre os fatores, como mostra a tabela da figura 11. A tabela é preenchida com os valores de importância de um fator em relação ao outro, seguindo os valores da escala de importância relativa ilustrada na figura 12 .

FIGURA 11. TABELA DE COMPARAÇÃO PAREADA DO PROGRAMA IDRISI 32.

	_declividade	_solos	_represa	_rios	_uso
_declividade	1				
_solos		1			
_represa			1		
_rios				1	
_uso					-

FIGURA 12. ESCALA DE IMPORTÂNCIA RELATIVA.

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
extremely	very strongly	strongly	moderately	equally	moderately	strongly	very strongly	extremely
Less Important					More Important			

Para a avaliação desta metodologia os critérios adotados para o preenchimento desta tabela foram obtidos de 3 (três) avaliadores, mais uma média feita entre os três avaliadores e ainda uma classificação linear, ou seja, o mesmo peso de importância para todas os fatores.

A obtenção dos dados de cada avaliador foi feita através de um questionário, e pode ser melhor compreendida no apêndice 1.

A tabela a seguir mostra os pesos de importância calculados para cada um dos fatores a partir dos pesos de importância atribuídos por cada um dos avaliadores, a média e a distribuição linear na comparação pareada também preenchida no questionário do apêndice 1.

TABELA 5. PESOS DE IMPORTÂNCIA CALCULADOS PARA CADA UM DOS FATORES.

Fatores	Pesos de Importância									
	Avaliador 1		Avaliador 2		Avaliador 3		Média		Distr. Linear	
	F.P.	F.E.	F.P.	F.E.	F.P.	F.E.	F.P.	F.E.	F.P.	F.E.
Declividade	0,2775	0,1251	0,4737	0,2414	0,2715	0,1375	0,3409	0,1682	0,2000	0,1667
D. da represa	0,0635	0,0347	0,2011	0,0975	0,1139	0,0413	0,1262	0,0578	0,2000	0,1667
D. das nascentes	0,0635	0,0347	0,1084	0,0579	0,0699	0,0761	0,0806	0,0562	0,2000	0,1667
D. dos rios	0,0635	0,0347	0,1084	0,0564	0,1398	0,0657	0,1039	0,0523	0,2000	0,1667
Solos	0,5320	0,2252	0,1084	0,0564	0,4050	0,1902	0,3485	0,1573	0,2000	0,1667
Uso	-	0,5454	-	0,4901	-	0,4892	-	0,5082	-	0,1667

F.P. = Fragilidade Potencial;

F.E. = Fragilidade Emergente.

Observando a tabela 5 é possível perceber a diferença entre as opiniões de cada avaliador com relação aos pesos de importância de cada fator. Para a geração da fragilidade potencial o avaliador 1 deu um peso maior para o fator solos, praticamente a metade do valor para a declividade, e para os outros fatores o peso foi bem abaixo. Já o avaliador 2 considerou a maior importância para o fator declividade, a metade da importância para o fator distância da represa, e valores mais baixos para os fatores restantes. O avaliador 3 também considerou um peso maior para o fator solos e quase a

metade para a declividade, os fatores distância da represa e distância dos rios tiveram valores um pouco mais baixos e o fator distância das nascentes ficou com um valor bem menor. A média atribuiu valores bem próximos para os fatores solos e declividade, valores intermediários para a distância dos rios e da represa, e um valor bem mais baixo para a distância das nascentes. Para a geração da fragilidade emergente, onde o fator uso atual é comparado com os demais, este recebeu o maior peso de importância em todas as avaliações, evidenciando a opinião de que a fragilidade da área é muito dependente da cobertura do solo, ou seja, do grau de proteção que a cobertura do solo oferece. Na distribuição linear é atribuído o mesmo peso de importância para todos os fatores.

4.3.2 Combinação Linear Ponderada

No MCE o programa começa multiplicando cada fator por seu peso e depois soma os resultados, este cálculo é feito pixel a pixel, gerando assim um mapa muito mais detalhado do que uma simples análise Booleana, como exemplifica a figura 13.

FIGURA 13. EXEMPLO DO CÁLCULO REALIZADO PELO PROGRAMA NA COMBINAÇÃO LINEAR PONDERADA E NA ANÁLISE BOOLEANA.

	Pesos de importância ↑ Valor do pixel		
	$0,25 \times 50 = 12,5$ $0,10 \times 0 = 0$ $0,10 \times 100 = 10$ $0,55 \times 205 = 112,75$	$0,25 \times 50 = 12,5$ $0,25 \times 0 = 0$ $0,25 \times 100 = 25$ $0,25 \times 205 = 51,25$	$50 \times$ $0 \times$ $100 \times$ $205 =$
	$135,25$ ↓ Valor final do pixel	$88,75$	$0,00$
	Pesos diferentes	Distribuição linear	Análise Booleana
Combinação Linear Ponderada			

Observando-se o exemplo da figura 13 percebe-se que se os pesos fossem iguais o valor do pixel naquela coordenada seria 88,75, ou seja, apesar de nos fatores 3 e 4 a área possuir um escore bom, o valor dela seria reduzido por apresentar um escore ruim para os fatores 1 e 2. Com o método de diferentes pesos permite-se levar em conta a informação de que o fator 4 é o mais importante na análise do ambiente, e os fatores 1 e 2, que estão diminuindo o escore têm uma importância baixa, fazendo com que o valor tenda a 255 e não a 0. Já na análise Booleana esta área seria considerada como absolutamente não apta, pois seu valor depois da multiplicação ficaria 0.

4.4 AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE POTENCIAL

Neste tópico será apresentada uma análise dos resultados da fragilidade por avaliador. Esta análise se dará inicialmente com a quantificação das áreas correspondentes a cada classe de fragilidade. Logo após serão discutidos a caracterização dos diferentes fatores utilizados nesta metodologia em cada classe de fragilidade.

Deve-se ressaltar que a discussão será realizada dando ênfase aos valores mais expressivos, no entanto a quantificação mais detalhada de cada fator nas classes de fragilidade podem ser consultadas nas tabelas do apêndice 2.

4.4.1 Avaliador 1

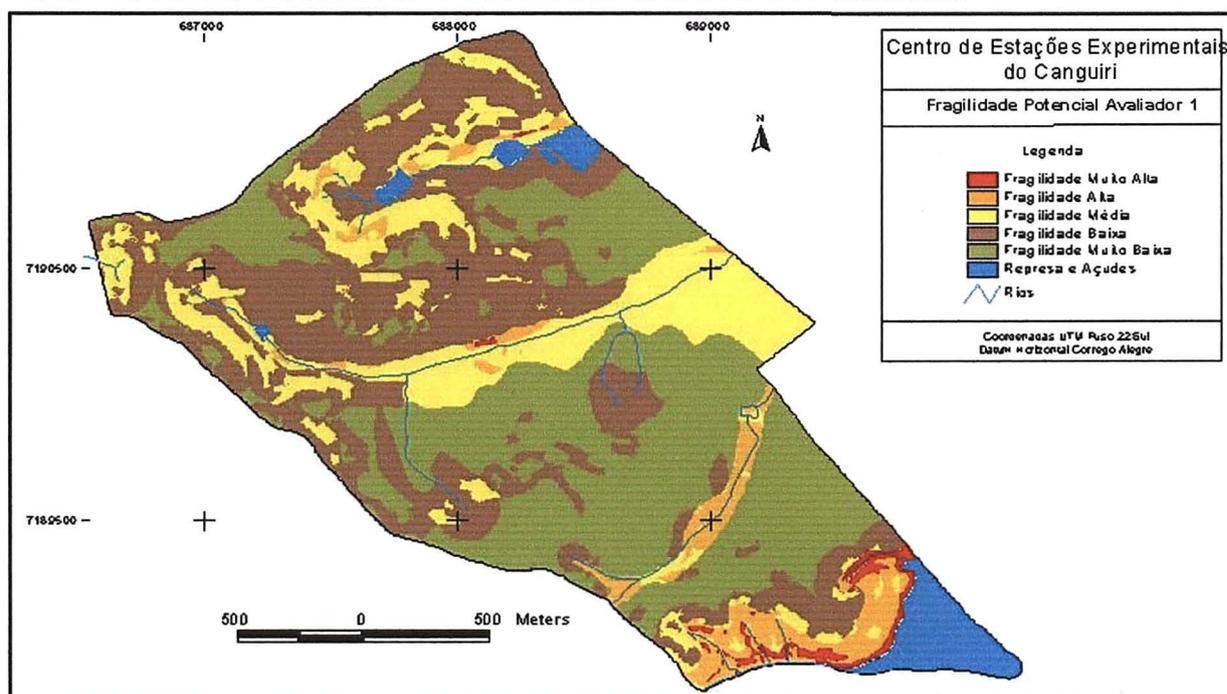
Analisando a tabela 6 abaixo, observa-se que 73,79% da área de estudo se encontra nas classes de fragilidade muito baixa e baixa, o que corresponde a 315,08 ha. Já a fragilidade média aparece em menor proporção, chegando a 18,58% da área total, o que corresponde a 79,37 ha. O restante da área equivalente a 7,63% da área total se enquadra nas classes de fragilidade alta e muito alta.

TABELA 6. QUANTIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE POTENCIAL DO AVALIADOR 1.

Classe de Fragilidade Potencial	Área (ha)	%
Muito alta	5,41	1,26
Alta	27,23	6,37
Média	79,37	18,58
Baixa	149,86	35,08
Muito baixa	165,22	38,71
total	427,09	100,00

Os dados apresentados no quadro 12, produzido a partir de uma tabulação cruzada entre a fragilidade potencial (figura 14) e cada um dos fatores utilizados na análise, fornecem uma visão de como a metodologia proposta se comporta através dos dados fornecidos pelo avaliador. Para um melhor entendimento na determinação das diferentes fragilidades, serão analisados a seguir a ocorrência dos diferentes fatores nas diferentes classes de fragilidade.

FIGURA 14. FRAGILIDADE POTENCIAL GERADA COM OS DADOS DO AVALIADOR 1.



QUADRO 12. OCORRÊNCIA DOS FATORES EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE POTENCIAL (AVALIADOR 1).

Classes de Fragilidade	Declividade		Dist. Nasc.		Dist. Represa			Dist. Rios			Solos	
	classe	%	0-50 m	> 50 m	0-100 m	100-200 m	>200 m	0-30 m	30-130 m	>130 m	classe	%
Muito Alta	12-20%	53,08	7,57%	92,43%	44,17%	20,65%	35,18%	53,09%	40,75%	6,16%	OYs	75,34
	20-30%	39,45									CXa	19,95
Alta	6-12%	30,88	9,75%	90,25%	13,93%	9,67%	76,40%	47,07%	47,16%	5,77%	CXa	43,95
	12-20%	34,09									OYs	31,09
Média	0-3%	30,74	4,27%	95,73	0,49%	0,94%	98,57%	23,73%	52,18%	24,09%	GM+GX	53,39
	12-20%	31,84									CX	44,71
Baixa	3-6%	23,44	2,80%	97,20%	0,18%	1,80%	98,02%	10,57%	42,88%	46,55%	CX	92,50
	6-12%	57,65									LV	7,50
Muito Baixa	0-3%	21,76	0,06%	99,94%	0,00%	0,04%	99,96%	3,65%	22,20%	74,15%	LV	61,69
	3-6%	52,80									CX	38,31
	6-12%	25,26										

Na classe de fragilidade muito alta as classes de declividade de ocorrência mais expressivas são a ondulada (12 à 20%), correspondente a 53,08%, e a forte ondulada (20 à 30%), correspondente a 39,45%. Portanto 92,53% da área desta classe se encontram com declividades mais acentuadas, e que podem contribuir para os processos erosivos do solo, estando de acordo com os valores propostos por ROSS(1994) para as categorias de influência média e forte nos processos erosivos. As declividades com grau de influência médio nos processos erosivos (de 12 a 20%),

estão associadas aos solos de fragilidade muito forte, tendendo assim, à fragilidade muito alta por influência dos outros fatores incluídos na análise: solos e distância dos recursos hídricos. Percebe-se que em 75,34% desta classe ocorre o ORGANOSSOLO MÉSICO em relevo ondulado, situado próximo a represa, e a segunda classe mais expressiva é o CAMBISSOLO HÁPLICO de textura média, raso e relevo forte ondulado, também situado próximo à represa, ambos os solos enquadrados por ROSS(1994) nas classes de fragilidade forte e muito forte. É importante lembrar que esta área corresponde a uma pequena porção da área total estudada, apenas 5,41 ha, correspondentes a 1,26% (tabela 6).

Em relação a distância das nascentes percebe-se que a grande maioria da área encontra-se em distâncias superiores a 50 metros (92,43%) e apenas 7,57% se encontram em distâncias inferiores a 50 metros. Pode-se dar a impressão de que os valores apresentados não são bons, no entanto, isto ocorre porque a área correspondente aos 50 metros da nascente é muito pequena quando comparada com a área total de cada classe de fragilidade.

Em relação a distância de represa percebe-se que 64,82% da área identificada como fragilidade muito alta se encontra a menos de 200 metros da represa, destaca-se neste caso que o avaliador considerou as distâncias inferiores a 200 metros como de maior influência na fragilidade, e as distâncias superiores a 200 metros sem influência. Os 35,18% que aparecem além dos 200 metros, correspondem a áreas onde há uma maior influência de outros fatores, como solos e declividade, na análise.

Em relação a distância dos rios, percebe-se que a maior parte da área (93,84%) encontra-se de 0 a 130 metros dos rios, demonstrando que o avaliador 1 teve uma maior preocupação com a Área de Preservação Permanente (APP) correspondente aos 30 metros para cada lado do rio e dando também destaque para a área adjacente (mais 100 metros).

Na classe de fragilidade alta as declividade mais expressivas ocupam 64,97% da área, sendo 30,88% correspondente a moderadamente ondulada (6 a 12%) e 34,09%

correspondente a ondulada (12 a 20%). Nota-se que estas classes de declividades são enquadradas por ROSS(1994) como grau de influência fraco a médio nos processos erosivos dos solos, indicando que estas áreas foram identificadas como fragilidade alta devido a influência de outros fatores na análise, tais como: distância dos rios, e principalmente, os solos. Em relação aos solos, nesta classe ainda ocorrem em maioria os Cambissolos Háplicos pouco profundos ou rasos e com textura média, ocupando 43,95% da área, os Organossolos, ocupando 31,09% da área e em menor proporção os Gleissolos Melânicos, ocupando 15,32% da área. Estes solos são enquadrados nas classes de fragilidade alta e muito alta, de acordo com ROSS(1994). Em relação a distância das nascentes e da represa, percebe-se que a maior parte da área encontra-se além das distâncias consideradas pelo avaliador como de maior influência na fragilidade, indicando, novamente, que outros fatores, neste caso solos e a distância dos rios, tiveram maior influência na análise. Em relação a distância dos rios, nota-se que a maior parte da área (94,23%) encontra-se de 0 a 130 metros dos rios, considerados pelo avaliador como uma área de maior fragilidade, devido às APPs.

Na classe de fragilidade média as declividades mais expressivas são a praticamente plana (0 a 3%) ocorrendo em 30,74% da área desta classe, e a ondulada (12 a 20%) ocorrendo em 31,84%. Apesar da classe de declividade praticamente plana (de 0 a 3%) ter uma influência muito fraca nos processos erosivos do solo, aqui ela ocorre associada aos Gleissolos Melânicos e Háplicos, que são solos com fragilidade muito forte, de acordo com ROSS (1994). É importante lembrar que isso ocorre porque na análise os fatores compensam-se uns com os outros, ou seja, o valor alto dado a classe de declividade de 0 a 3% foi compensado com o valor baixo dado aos Gleissolos pelo avaliador, ficando, no final com um valor intermediário, fazendo com que fosse identificada a fragilidade média. Em relação aos solos houve a predominância dos Gleissolos, citados anteriormente, ocorrendo em 53,39% da área, e ainda os Cambissolos, ocorrendo em 44,71% da área. Em relação a distância das nascentes, percebe-se que a porcentagem de área dentro dos 50 metros de APP, considerados pelo avaliador uma área de influência na fragilidade, é menor do que

para as classes de fragilidade alta e muito alta. E em relação a distância da represa, a maior parte da área (98,57%), está além dos 200 metros considerados como área de influência na fragilidade. Em relação a distância dos rios percebe-se que praticamente metade da área (52,18%) encontra-se na área adjacente a APP dos rios, 24,09% da área está além dos 130 metros dos rios e 23,73% da área encontra-se na APP, estes resultados se devem ao baixo peso de importância atribuído a este fator pelo avaliador 1.

Na classe de fragilidade baixa as principais declividades encontradas foram a moderadamente ondulada (6 a 12%), ocupando a maior parte da área (57,65%), e a suave ondulada (3 a 6%), ocupando 23,44% da área. Estando de acordo com os valores propostos por ROSS(1994), que enquadra estas classes de declividades em grau muito fraco e muito fraco de influência nos processos erosivos. Em relação aos solos, na maior parte da área (92,50%) ocorrem os Cambissolos, que apesar da alta fragilidade, estão associados às declividades citadas anteriormente, e ainda são solos sem os problemas de textura e profundidade, como nos que ocorrem nas classes de fragilidade alta e muito alta. Além dos Cambissolos, aparecem no restante desta classe (7,50%) alguns Latossolos. Em relação a distância das nascentes percebe-se que a porcentagem de área dentro dos 50 metros de APP é bem menor em relação as classes de fragilidades anteriores. Em relação a distância da represa nota-se que a maior parte da área (98,02%) está localizada além dos 200 metros da represa. E em relação a distância dos rios 42,88% da área está localizada na área adjacente a APP dos rios, considerada pelo avaliador uma área de influência na fragilidade, porém, neste caso, como está associada a baixas declividades e a solos mais profundos e sem problemas de textura, foi identificada a fragilidade baixa. A maior parte da área (46,55%) está localizada além dos 130 metros dos rios.

Na classe de fragilidade muito baixa ocorrem principalmente as declividades suave ondulada (3 a 6%) em 52,80% da área, a moderadamente ondulada (6 a 12%) em 25,26% da área e a praticamente plana (0 a 3%) em 21,76% da área, que de acordo com ROSS (1994) possuem grau muito fraco e fraco de influência nos processos erosivos. Em relação aos solos ocorrem os Latossolos em 61,69% da área, e o

CAMBISSOLO latossólico CXbd5 (ver quadro 4, página 44) em 32,69% da área. Em relação a distância dos recursos hídricos praticamente toda a área desta classe está fora das APPs das nascentes e das represas, ocorrendo apenas áreas mais distantes dos 100 metros considerados como uma área de influência direta sobre a APP da represa. E em relação a distância dos rios 74,15% da área está localiza a distâncias superiores a 130 metros, ocorrendo 22,20% da área, que apesar de se encontrar nos 100 metros adjacentes a APP dos rios, está associada a Latossolos com declividade praticamente plana. Ocorre ainda uma pequena porção (3,65%) dentro da APP dos rios, provavelmente pelo baixo peso de importância atribuído ao fator distância dos rios pelo avaliador 1, fazendo com que os valores altos dos solos e declividade prevalecesse.

4.4.2 Avaliador 2

Analisando a tabela 7 abaixo, observa-se que 94,86% da área de estudo se encontra nas classes de fragilidade muito baixa e baixa, o que corresponde a 405,16 ha. Sendo que a classe mais expressiva foi a de fragilidade muito baixa, correspondendo a 68,20% da área total. A fragilidade média aparece em uma proporção bem menor, chegando a 4,27%, e as classes de fragilidade alta e muito alta ocorrem apenas 0,87% da área total.

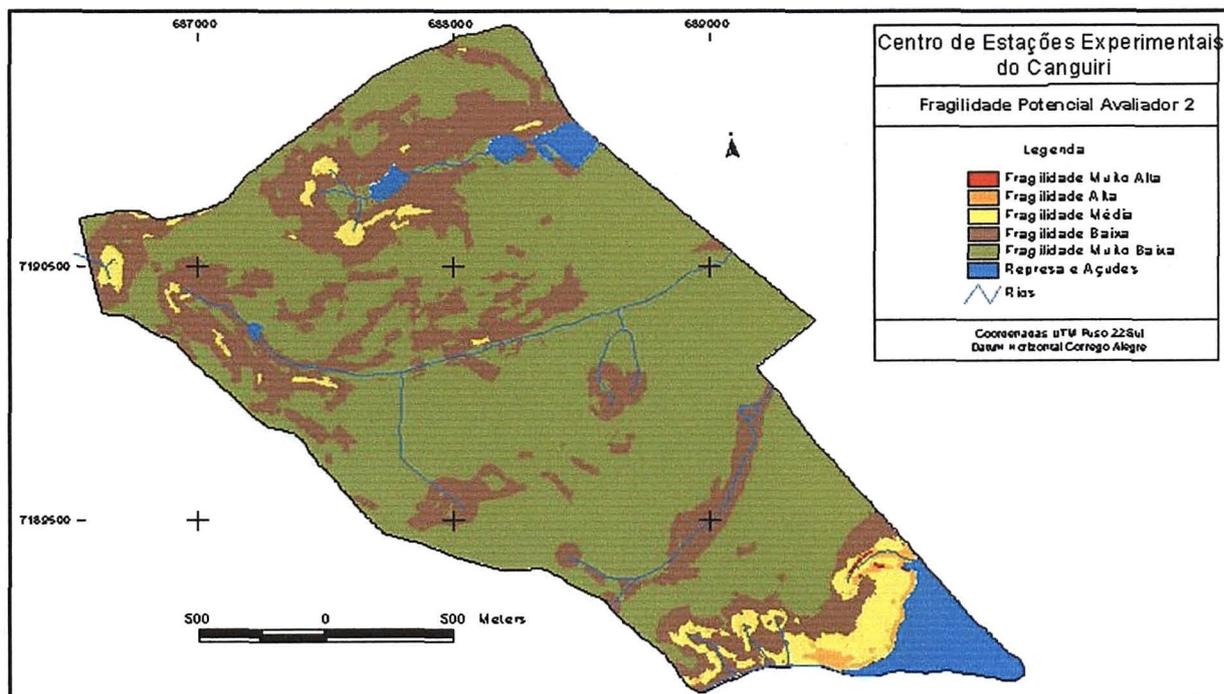
TABELA 7. QUANTIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE POTENCIAL DO AVALIADOR 2.

Classe de Fragilidade Potencial	Área (ha)	%
Muito alta	0,21	0,05
Alta	3,52	0,82
Média	18,20	4,27
Baixa	113,88	26,66
Muito baixa	291,28	68,20
total	427,09	100,00

Foi possível perceber que o avaliador 2 foi menos rigoroso na atribuição dos valores da padronização fuzzy, resultando na classificação da maior parte da área como fragilidade muito baixa (figura 15). Observando o quadro 13, que mostra como se deu a ocorrência de cada fator dentro de cada classe de fragilidade resultante, é possível perceber como os dados fornecidos pelo avaliador 2 influenciaram neste

resultado. A quantificação mais detalhada de cada fator com as classes de fragilidade podem ser consultadas nas tabelas do apêndice 2.

FIGURA 15. IMAGEM DE FRAGILIDADE POTENCIAL GERADA COM OS DADOS DO AVALIADOR 2.



QUADRO 13. OCORRÊNCIA DOS FATORES EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE POTENCIAL(AVALIADOR 2).

Classes de Fragilidade	Declividade		Dist. Nasc.		Dist. Represa			Dist. Rios			Solos	
	classe	%	0-50 m	> 50 m	0-100 m	100-200 m	>200 m	0-30 m	30-130 m	>130 m	classe	%
Muito Alta	30-50%	91,67	9,53%	90,47%	30,95%	60,71%	8,34%	53,57%	46,43%	0,00%	OYs2	83,33
											CXa3	16,67
Alta	12-20%	48,15	7,18%	92,82%	69,46%	20,09%	10,45%	39,13%	50,63%	10,24%	OYs2	62,92
	20-30%	45,46									CXa3	33,60
Média	6-12%	19,63	28,26%	71,74%	24,02%	19,14%	56,84%	30,63%	52,23%	17,14%	CXa3	44,20
	12-20%	55,13									CX	38,06
	20-30%	19,75									OYs2	14,90
Baixa	6-12%	42,45	4,76%	95,24%	0,01%	2,62%	97,37%	21,59%	52,46%	25,95%	CX	76,73
	12-20%	37,41									GM/GX	11,27
											OYs	6,87
											LV	5,13
Muito Baixa	0-3%	22,53	0,00%	100%	0,00%	0,00%	100%	8,31%	29,77%	61,92%	CX	51,56
	3-6%	43,36									LV /LVA	36,06
	6-12%	32,52									GM/GX	12,38

Na classe de fragilidade muito alta a classe de declividade de ocorrência mais expressiva foi a de 30 a 50%, ocorrendo em 91,67% da área, estando de acordo com os valores propostos por ROSS(1994) para as categorias de influência nos processos erosivos, onde esta declividade (de 30 a 50%) apresenta grau de influência muito forte nos processos erosivos dos solos. Percebe-se que em 83,33% desta classe

de fragilidade ocorre o ORGANOSSOLO MÉSICO em relevo ondulado, situado próximo a represa, e em 16,67% ocorre o CAMBISSOLO HÁPLICO de textura média raso, ambos enquadrados por ROSS(1994) nas classes de fragilidade forte e muito forte. É importante lembrar que esta classe de fragilidade apresentou apenas 0,21 ha, representando 0.05% da área total, o que é um percentual muito pequeno. Em relação a distância das nascentes, como já citado anteriormente, a grande maioria da área encontra-se em distâncias superiores a 50 metros, pelo fato da área correspondente aos 50 metros da nascente ser muito pequena quando comparada com a área total. Em relação a distância de represa percebe-se que 91,66% da área identificada como fragilidade muito alta se encontra a menos de 200 metros da represa, destaca-se neste caso que o avaliador considerou as distâncias inferiores a 400 metros como de maior influência na fragilidade, e as distâncias superiores a 400 metros sem influência, fazendo com que os valores para a distância de 200 metros ficassem mais baixos. Em relação a distância dos rios, percebe-se que 100% encontra-se de 0 a 130 metros dos rios, demonstrando que o avaliador 1 teve uma maior preocupação com a Área de Preservação Permanente (APP) correspondente aos 30 metros para cada lado do rio e dando também destaque para a área adjacente, que foi de 270 metros.

Na classe de fragilidade alta as declividades mais expressivas ocupam 93,61% da área desta classe, sendo 48,15% correspondente a declividade ondulada (12 a 20%), e 45,46% correspondente a declividade forte ondulada (20 a 30%). Em relação aos solos nesta classe de fragilidade ainda ocorrem em maioria, ocupando 96,52% da área o ORGANOSSOLO MÉSICO em relevo ondulado, situado próximo a represa (62,92%) e o CAMBISSOLO HÁPLICO de textura média raso (33,60%), ambos enquadrados por ROSS(1994) nas classes de fragilidade forte e muito forte. É importante lembrar que esta classe de fragilidade também apresentou uma área muito reduzida, correspondendo a apenas 0,82% da área total estudada. Em relação a distância das nascentes a área localizada nos 50 metros de APP, correspondente a

7,18% da área, teve uma proporção menor do que na classe de fragilidade muito alta. E em relação as distâncias da represa e dos rios, nota-se que a maior parte da área ocorre dentro das APPs e das áreas adjacentes a estas, porém houve um aumento na ocorrência de áreas localizadas além dos 100 metros de área adjacente às APPs, provavelmente pelo fato do avaliador 2 ter considerado a área adjacente às APPs da represa e dos rios maior que 100 metros.

Na classe de fragilidade média as declividades mais expressivas são a moderadamente ondulada (6 a 12%) ocorrendo em 19,63% da área, a ondulada (12 a 20%) com a maior área, ocorrendo em 55,13% da área desta classe, e a forte ondulada (20 a 30%) ocorrendo em 19,75% da área. Estas declividades são consideradas por ROSS(1994) como grau de influência fraco a forte nos processos erosivos, sendo que a classe de declividade de 12 a 20%, que ocorreu em mais de 50% da área possui grau de influência médio nos processos erosivos. Em relação aos solos, ainda ocorre em uma grande porcentagem da área (44,20%) o CAMBISSOLO HÁPLICO raso de textura média, e em menor proporção (14,90%) o ORGANOSSOLO MÉSICO em relevo ondulado. Além deste ocorrem outros Cambissolos em 38,06% da área. O aparecimento dos mesmos solos ocorridos nas classes de fragilidade alta e muito alta evidencia que outros fatores envolvidos na análise, como declividade e distância da represa, tiveram maior influência na determinação da fragilidade. Em relação a distância das nascentes nota-se que a ocorrência de áreas em distâncias inferiores a 50 metros das nascentes aparece em proporções maiores que nas outras classes de fragilidade, observando a figura 15 é possível perceber que as áreas desta classe de fragilidade concentram-se ao redor das nascentes onde a declividade é mais acentuada, evidenciando que o fator declividade teve uma importância maior na determinação destas áreas. Em relação a distância da represa 56% da área desta classe encontra-se localizadas em distâncias superiores a 200 metros. E em relação a distância dos rios

80,86% da área encontra-se em distâncias inferiores a 130 metros, considerados pelo avaliador 2 como área de maior influência na fragilidade, mostrando que outros fatores, como declividade e distância da represa, tiveram maior influência na determinação destas áreas.

Na classe de fragilidade baixa ocorrem principalmente as classes de declividade moderadamente ondulada (6 a 12%) em 42,45% da área, e a ondulada (12 a 20%) em 37,41% da área. Em relação aos valores propostos por ROSS (1994), correspondem a declividades com grau de influência fraco e médio nos processos erosivos, respectivamente. Em relação aos solos percebe-se que na maior parte da área (76,73%) ocorrem os Cambissolos, que de acordo com ROSS(1994) enquadram-se na classe de fragilidade forte. Aparecem ainda nesta classe os Gleissolos e Organossolos, aos quais foram atribuídos valores baixos na padronização Fuzzy, indicando que devido ao baixo peso de importância atribuído a este fator pelo avaliador 2, outros fatores tiveram maior influência na determinação destas áreas. Em relação a distância das nascentes nota-se que a porcentagem de área dentro dos 50 metros de APP ,é menor do que nas classes de fragilidade citadas anteriormente, e em relação a distância da represa, 97,37% da área encontra-se em distâncias superiores a 200 metros. Já para a distância dos rios, apenas 25,95% da área estão a mais de 130 metros.

Na classe de fragilidade muito baixa, que corresponde a 68,20% da área total estudada, aparecem em evidência as classes de declividade consideradas por ROSS(1994) com grau de influência muito fraco e fraco nos processos erosivos dos solos, sendo elas: plana (0 a 3%) ocorrendo em 22,53% da área desta classe, suave ondulada (3 a 6%) ocorrendo em 43,36% da área, e moderadamente ondulada (6 a 12%) ocorrendo em 32,52% da área. Em relação aos solos nota-se que na maior parte da área (51,56%) ocorrem os Cambissolos, que de acordo com ROSS(1994) apresentam fragilidade forte. Ocorrem nesta classe também em evidência os

Latossolos, em 36,06% da área, já estes estão de acordo com os valores propostos por ROSS(1994) enquadrados na classe de fragilidade fraca. Nota-se ainda a ocorrência dos Gleissolos nesta classe de fragilidade, indicando um provável erro na atribuição dos pesos de importância, já que a estes solos foi dado um valor mais baixo na padronização Fuzzy. Em relação a distância das nascentes tem-se que 100% da área desta classe encontra-se fora da APP, e para a distância da represa, 100% da área está localizada em distâncias superiores a 200 metros. Em relação a distância dos rios nota-se que a maior parte da área (61,92%) encontra-se além dos 130 metros, porém ainda são encontradas áreas dentro da APP dos rios, devido ao baixo peso de importância atribuído a este fator, e conseqüentemente a maior influência de outros fatores, como declividade e distância da represa, na análise.

Na análise da fragilidade gerada com os dados do avaliador 2 pode-se notar que o fator de maior influência nos resultados foi a declividade, seguida da distância da represa. Isso ocasionou um erro na classificação das áreas em relação aos solos, fazendo com que solos de fragilidade forte e muito forte, como os Gleissolos e Organossolos fossem encontrados em áreas de fragilidade muito baixa e baixa, mesmo tendo o avaliador atribuído valores baixos a estes solos na padronização Fuzzy, indicando que o erro provavelmente está na atribuição dos pesos de importância.

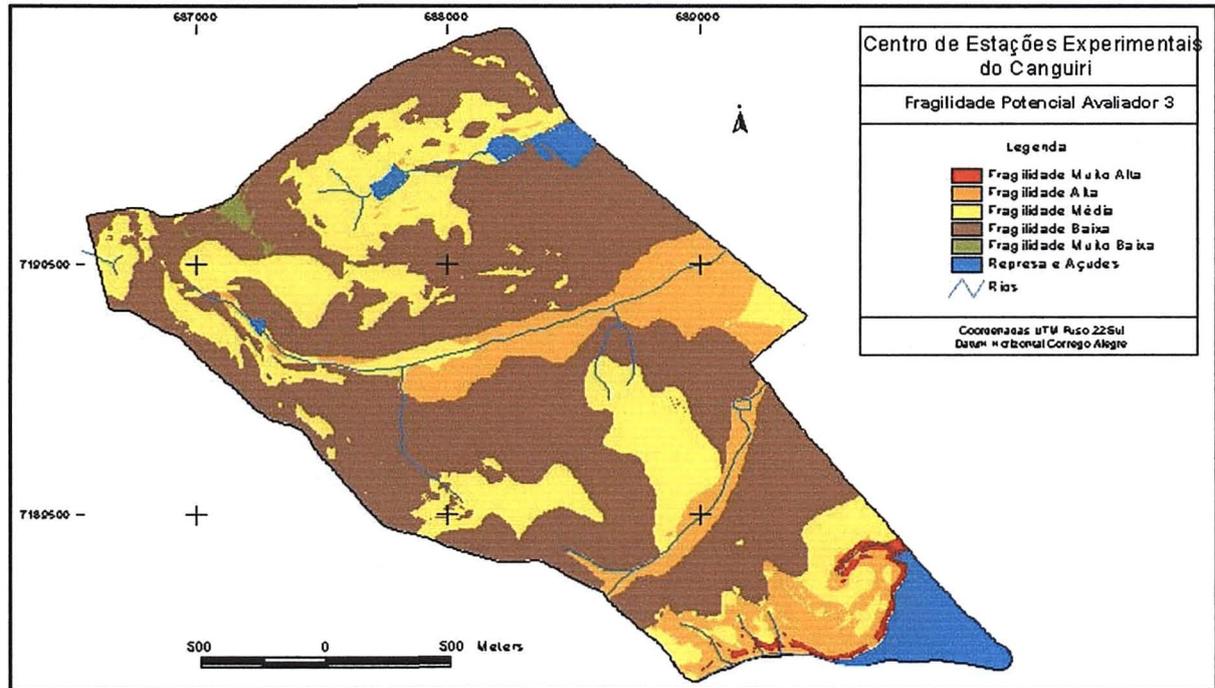
4.4.3 Avaliador 3

Analisando a tabela 8, observa-se que a maior parte da área, 58,58%, encontra-se na classe de fragilidade baixa, o que corresponde a 248,68 ha. Em seguida aparece a fragilidade média, em 25,96% da área, o que corresponde a 112,07 ha, e a fragilidade alta em 14,20% da área, correspondendo a 61,32 ha. As classes de fragilidade muito alta e muito baixa aparecem em áreas muito pequenas, representando apenas 0,76% e 0,50% da área respectivamente.

TABELA 8. QUANTIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE POTENCIAL DO AVALIADOR 3.

Classe de Fragilidade Potencial	Área (ha)	%
Muito alta	3,28	0,76
Alta	61,32	14,20
Média	112,07	25,96
Baixa	248,68	58,58
Muito baixa	1,74	0,50
total	427,09	100,00

FIGURA 16. IMAGEM DE FRAGILIDADE POTENCIAL GERADA COM OS DADOS DO AVALIADOR 3.



Para os dados do avaliador 3 a classe de fragilidade muito baixa foi bastante reduzida em relação as imagens de fragilidade dos outros avaliadores pois os critérios utilizados na padronização fuzzy das imagens de distância dos recursos hídricos foi um pouco diferente, enquanto os outros avaliadores consideraram como críticas apenas as distâncias mais próximas dos recursos hídricos, o avaliador 3 considerou valores de fragilidade até a maior distância encontrada na área, fazendo com que as áreas consideradas como fragilidade muito baixa, a maioria localizadas nas maiores distâncias dos recursos hídricos, passassem a ter uma fragilidade maior (figura 16). Para uma melhor visualização destes resultados serão analisados a seguir a ocorrência dos diferentes fatores nas diferentes classes de fragilidade. (quadro 14)

QUADRO 14. OCORRÊNCIA DOS FATORES EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE POTENCIAL(AVALIADOR 3).

Classes de Fragilidade	Declividade		Dist. Nasc.		Dist. Represa			Dist. Rios			Solos	
	Classe	%	0-50 m	> 50 m	0-100 m	100-200 m	>200 m	0-30 m	30-130 m	>130 m	classe	%
Muito Alta	12-20%	55,71	5,79%	94,21%	55,42%	22,94%	21,64%	56,57%	33,15%	10,28%	OYs2	99,55
	20-30%	37,71										
Alta	0-3%	48,15	4,12%	95,88%	6,12%	5,69%	88,19%	33,18%	49,71%	17,11%	OYs	15,96
	3-6%	45,46									CXa3	14,75
											GM/GX	59,06
Média	6-12%	38,87	6,02%	93,98%	1,18%	2,77%	96,05%	15,11%	44,57%	40,32%	CX	89,12
	12-20%	25,72									GM/GX	10,46
	3-6%	23,42										
Baixa	3-6%	38,66	0,59%	99,41%	0,00%	0,00%	100%	5,52%	30,99%	63,49%	CX	55,26
	6-12%	38,16									LV/LVA	41,74
Muito Baixa	3-6%	73,27	0,00%	100%	0,00%	0,00%	100%	0,00%	0,00%	100%	LV/LVA	100
	0-3%	23,85										

Na classe de fragilidade muito alta, que apresentou apenas 3,28 ha, correspondendo a 0,76% da área total, as classes de declividade de ocorrência mais expressivas são a ondulada (12 a 20%), correspondente a 55,71% da área, e a forte ondulada (20 a 30%), correspondente a 37,71%. Portanto 93,42% da área desta classe se encontra com declividades mais acentuadas, estando de acordo com os valores propostos por ROSS(1994) para as categorias de influência média e forte nos processos erosivos dos solos. Em relação aos solos percebe-se que em 99,55% da área desta classe ocorre apenas o ORGANOSSOLO MÉSICO em relevo ondulado. Em relação a distância das nascentes percebe-se que a grande maioria da área (94,21%) encontra-se em distâncias superiores a 50 metros, pelo fato da área correspondente aos 50 metros da nascente ser muito pequena quando comparada com a área total. Em relação a distância da represa nota-se que 55,42% da área encontra-se dentro da APP de 100 metros da represa, e 22,94% da encontra-se entre 100 e 200 metros. E em relação a distância dos rios também percebe-se que a maior parte da área (56,57%) encontra-se dentro da APP de 30 metros dos rios, e 33,15% da área encontra-se entre 30 e 130 metros, totalizando 89,72% da área em áreas de maior influência sobre os recursos hídricos. Demonstrando que o avaliador teve uma preocupação com as áreas próximas a represa e aos rios.

Na classe de fragilidade alta as declividades mais expressivas ocupam

93,61% da área, sendo 48,15% correspondente a praticamente plana (0 a 3%) e 45,46% correspondente a suave ondulada (3 a 6%). Nota-se que estas declividades estão enquadradas por ROSS(1994) como grau de influência muito fraco nos processos erosivos, porém estão associados a solos de fragilidade forte e muito forte, como os Gleissolos, Organossolos e o CAMBISSOLO HÁPLICO raso de textura média, indicando que o fator solos teve uma influência maior na determinação desta áreas. Além dos solos, é possível perceber que o fator distância dos rios também teve uma influência grande na análise da fragilidade, pois 82,89% da área encontra-se a menos de 130 metros dos rios. Quanto a distância das nascentes percebe-se que houve uma diminuição na proporção de áreas dentro da APP das nascentes em relação a classe de fragilidade muito alta. E em relação a distância da represa 88,19% da área encontra-se em distâncias superiores a 200 metros da represa, indicando novamente que houve uma influência maior de outros fatores na determinação desta classe de fragilidade.

Na classe de fragilidade média as declividades mais expressivas são moderadamente ondulada (6 a 12%) ocupando 38,87% da área desta classe, a ondulada (12 a 20%) ocupando 25,72% da área e a suave ondulada (3 a 6%) ocupando 23,42% da área, todas consideradas por ROSS(1944) com grau de influência nos processos erosivos fraco, médio e muito fraco respectivamente. Estas declividades ocorrem associadas aos Cambissolos e Gleissolos, considerados por ROSS(1994) como fragilidade forte e muito forte, indicando que os valores altos atribuídos às declividades, foram compensados com os valores baixos atribuídos a estes solos, fazendo com que se enquadrassem na classe de fragilidade média. Os Cambissolos aparecem em 89,12% da área e os Gleissolos em 10,46%. Em relação a distância das nascentes percebe-se que a proporção das áreas que ocorrem dentro da APP é maior em relação às outras classes de fragilidade. Em relação a distância da represa 96,05% da área encontra-se em distâncias superiores a 200 metros. E em relação a distância dos rios ainda a maior parte da área (59,68%) encontra-se em distâncias inferiores a

130 metros dos rios, mas a porcentagem de área além dos 130 metros é bem maior que nas classes de fragilidade alta e muito alta.

Na classe de fragilidade baixa, a qual apresentou a maior área, correspondendo a 58,58% da área total estudada, as declividades mais expressivas são a suave ondulada (3 a 6%) ocupando 38,66% da área desta classe, e a moderadamente ondulada (6 a 12%) ocupando 38,16% da área. Estas declividades são consideradas por ROSS(1994) com grau de influência nos processos erosivos muito fraco e fraco, respectivamente, portanto, os valores estão de acordo com a classe de fragilidade. Em relação aos solos ocorrem principalmente os Cambissolos, em 55,26% da área, e os Latossolos em 41,74% da área. Os Cambissolos apesar de serem considerados por ROSS(1994) como fragilidade forte, neste caso foram enquadrados na fragilidade baixa pois além de estarem associados a baixas declividades, encontram-se mais distantes dos recursos hídricos. Em relação a distância das nascentes percebe-se que a porcentagem de área dentro da APP é bem menor do que nas classes de fragilidade anteriores, apenas 0,59%. Em relação a distância da represa 100% da área está localizada a mais de 200 metros da represa. E em relação a distância dos rios a maior parte da área, 63,49%, estão a mais de 130 metros dos rios.

Na classe de fragilidade muito baixa, que teve uma área bem reduzida, apenas 1,74 ha, correspondendo a 0,50% da área total estudada, as declividades mais expressivas são a suave ondulada (3 a 6%) em 73,27% da área desta classe, e a praticamente plana (0 a 3%) em 23,85% da área. Em relação aos solos aparecem apenas os Latossolos, em 100% da área. E em relação as distâncias dos recursos hídricos, 100% da área encontra-se fora das APPs e fora da área de 100 metros adjacente as APPs dos rios e da represa. Nota-se que o avaliador foi mais rigoroso na determinação de áreas de fragilidade muito baixa, sendo enquadradas nesta classe apenas áreas sem problema algum em relação aos fatores utilizados na análise.

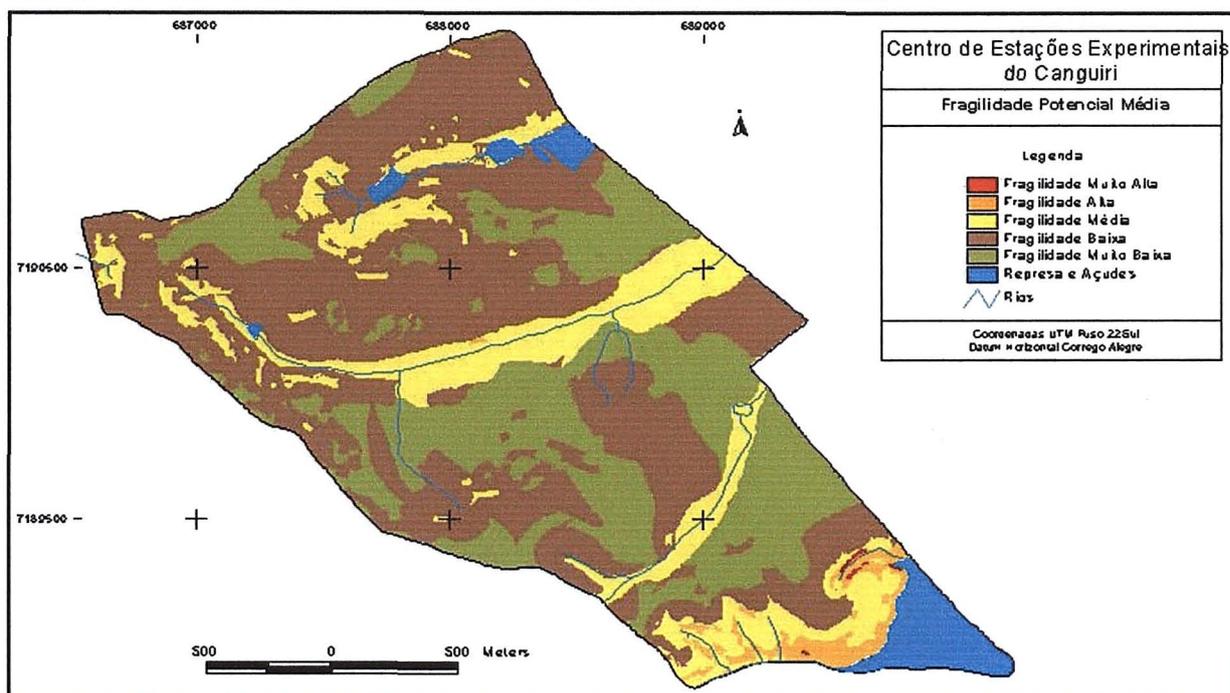
4.4.4 Média

Analisando a tabela 9 abaixo, nota-se que 80,28% da área de estudo se encontra nas classes de fragilidade baixa e muito baixa, o que corresponde a 342,80ha. Já a fragilidade média aparece em menor proporção, chegando a 17,44% da área total, o que corresponde a 74,50ha. O restante da área, equivalente a 2,28%, se enquadra nas classes de fragilidade alta e muito alta.

TABELA 9. QUANTIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE POTENCIAL DA MÉDIA.

Classe de Fragilidade Potencial	Área (ha)	%
Muito alta	0,38	0,08
Alta	9,40	2,20
Média	74,50	17,44
Baixa	211,50	49,54
Muito baixa	131,30	30,74
total	427,09	100,00

FIGURA 17. IMAGEM DE FRAGILIDADE GERADA COM OS DADOS DA MÉDIA.



O quadro 15 a seguir, produzido a partir dos dados de uma tabulação cruzada, fornece uma visão de como os dados obtidos através da média entre os valores dos avaliadores influenciaram nos resultados. O quadro mostra como se deu a ocorrência de cada fator nas diferentes classes de fragilidade da figura 17 acima.

QUADRO 15. OCORRÊNCIA DOS FATORES EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE POTENCIAL(MÉDIA).

Classes de Fragilidade	Declividade		Dist. Nasc.		Dist. Represa			Dist. Rios			Solos	
	classe	%	0-50 m	> 50 m	0-100 m	100-200 m	>200 m	0-30 m	30-130 m	>130 m	classe	%
Muito Alta	30-50%	58,55	10,52%	89,48%	19,07%	74,34%	6,59%	46,72%	53,28%	0,00%	Oys2	96,72
	20-30%	40,13										
Alta	12-20%	58,84	6,67%	93,33%	45,50%	20,42%	34,08%	41,88%	49,75%	8,37%	Cxa3	46,54
	20-30%	30,05									Oys2	51,26
Média	0-3%	26,75	8,17%	91,83	3,31%	4,20%	92,49%	37,54%	56,74%	5,72%	GM+GX	49,07
	3-6%	21,59									CX	40,14
	6-12%	21,18									OYs	10,63
	12-20%	23,76										
Baixa	3-6%	26,95	1,97%	98,03%	0,03%	0,95%	99,02%	7,52%	40,50%	51,98%	CX	84,90
	6-12%	48,00									LV	9,80
Muito Baixa	0-3%	24,95	0,00%	100%	0,00%	0,00%	100%	3,68%	19,64%	76,68%	LV	71,07
	3-6%	48,79									CX	28,93
	6-12%	26,13										

Na classe de fragilidade muito alta as declividades mais expressivas são de 20 a 30%, ocupando 58,55% da área desta classe e a de 30 à 50%, ocupando 40,13% da área, ocorrendo portanto, as declividades enquadradas por ROSS (1994), nas categorias de influência forte e muito forte nos processos erosivos. Em relação aos solos, em 96,72% da área ocorre o ORGANOSSOLO MÉSICO em relevo ondulado, que de acordo com ROSS (1994) se enquadra na classe de fragilidade ou erodibilidade muito forte. Em relação a distância das nascentes percebe-se que a porcentagem de área dentro da APP (10,52%), é maior que nas outras classes de fragilidade. Para a distância da represa 93,41% da área desta classe encontra-se localizada a menos de 200 metros da represa. E em relação a distância dos rios, 100% da área está a menos de 130 metros dos rios. É importante lembrar que esta classe corresponde a uma pequena área, de apenas 0,38ha, correspondendo a 0,08% da área total estudada.

Na classe de fragilidade alta as declividades mais expressivas são a ondulada (12 a 20%) ocupando 58,84% da área desta classe, e a forte ondulada (20 a 30%), ocupando 30,05% da área, enquadradas por ROSS(1994) nas categorias de grau de influência nos processos erosivos forte e médio, respectivamente. Estas declividades

ocorrem associadas ao ORGANOSSOLO MÉSICO em relevo ondulado, que aparece em 51,26% da área desta classe, e ao CAMBISSOLO HÁPLICO raso de textura média, que ocorre em 46,54% da área, estes solos são considerados por ROSS(1994) com de fragilidade ou erodibilidade forte e muito forte, respectivamente. Em relação a distância das nascentes nota-se que 6,67% da área encontra-se dentro da APP das nascentes. Em relação a distância das nascentes 45,50% da área desta classe está dentro da APP de 100 metros a partir da represa. E em relação a distância dos rios a maior parte da área, 91,63%, encontra-se a menos de 130 metros dos rios. Estando, portanto, a maior parte da área desta classe localizada nas áreas mais próximas aos recursos hídricos.

Na classe de fragilidade média ocorrem quatro classe de declividade, bem distribuídas, a praticamente plana (0 a 3%) em 26,75% da área, a suave ondulada (3 a 6 %) em 21,59% da área, a moderadamente ondulada (6 a 12%) em 21,18% da área, e a ondulada (12 a 20%) em 23,76% da área. Estando de acordo com os valores propostos por ROSS(1994), onde estas classes de declividade variam de muito fraco a médio o grau de influência nos processos erosivos, já que as declividades com grau de influência muito fraco (0 a 6%) encontram-se associados a solos de fragilidade muito forte, como os Organossolos e Gleissolos. Em relação aos solos ocorrem principalmente os Gleissolos, em 49,07% da área desta classe, os Cambissolos em 40,14% da área, e os Organossolos em 10,63% da área. Em relação a distância das nascentes, a porcentagem de áreas dentro da APP das nascentes é um pouco maior do que na classe de fragilidade alta, o que indica que outros fatores tiveram uma influência maior na determinação destas áreas. Em relação a distância das nascentes, a maior parte da área (92,02%) encontra-se em distâncias superiores a 200 metros da represa. E em relação a distância dos rios, a maior parte da área (56,74%) encontra-se na área adjacente a APP dos rios, e 37,54% da área desta classe está dentro da APP.

Na classe de fragilidade baixa as declividades mais expressivas são a suave ondulada (3 a 6%), que ocorre em 26,95% da área desta classe, e a moderadamente ondulada (6 a 12%), que ocorre em 48,00% da área. Em relação aos solos ocorrem na maior parte da área os Cambissolos, que aparecem em 84,90% da área, e os Latossolos, que ocorrem em 9,80% da área desta classe. Em relação a distância das nascentes nota-se que a porcentagem de ocorrência de áreas dentro da APP é bem menor do que nas classes de fragilidades anteriores, sendo de apenas 1,97%. Em relação a distância da represa 99,02% da área está a mais de 200 metros da represa. E em relação a distância dos rios a maior parte da área, 92,48%, está fora da APP dos rios, sendo que 51,98% encontra-se além dos 100 metros adjacentes a APP.

Na classe de fragilidade muito baixa as declividades mais expressivas são a praticamente plana (0 a 3%), ocorrendo em 24,95% da área, a suave ondulada (3 a 6%), ocorrendo em 48,79% da área, e a moderadamente ondulada (6 a 12%), ocorrendo em 26,13% da área desta classe. Todas consideradas por ROSS(1994) com grau de influência nos processos erosivos muito fraco a fraco. Em relação aos solos, na maior parte da área, 71,7%, ocorrem os Latossolos, enquadrados por ROSS(1994) na classe de fragilidade ou erodibilidade fraca. Aparecem ainda, em 28,93% da área, os Cambissolos, que apesar de estarem classificados como fragilidade forte, neste caso estão associados a baixas declividades e estão mais distantes dos recursos hídricos. Em relação a distância das nascentes 100% da área encontra-se fora dos 50 metros de APP. Em relação a distância da represa não ocorrem áreas dentro dos 100 metros de APP e nos 100 metros adjacentes a estes, estando 100% da área em distâncias superiores a 200 metros. E em relação a distância dos rios, a maior parte da área, 76,68%, está a mais de 130 metros dos rios.

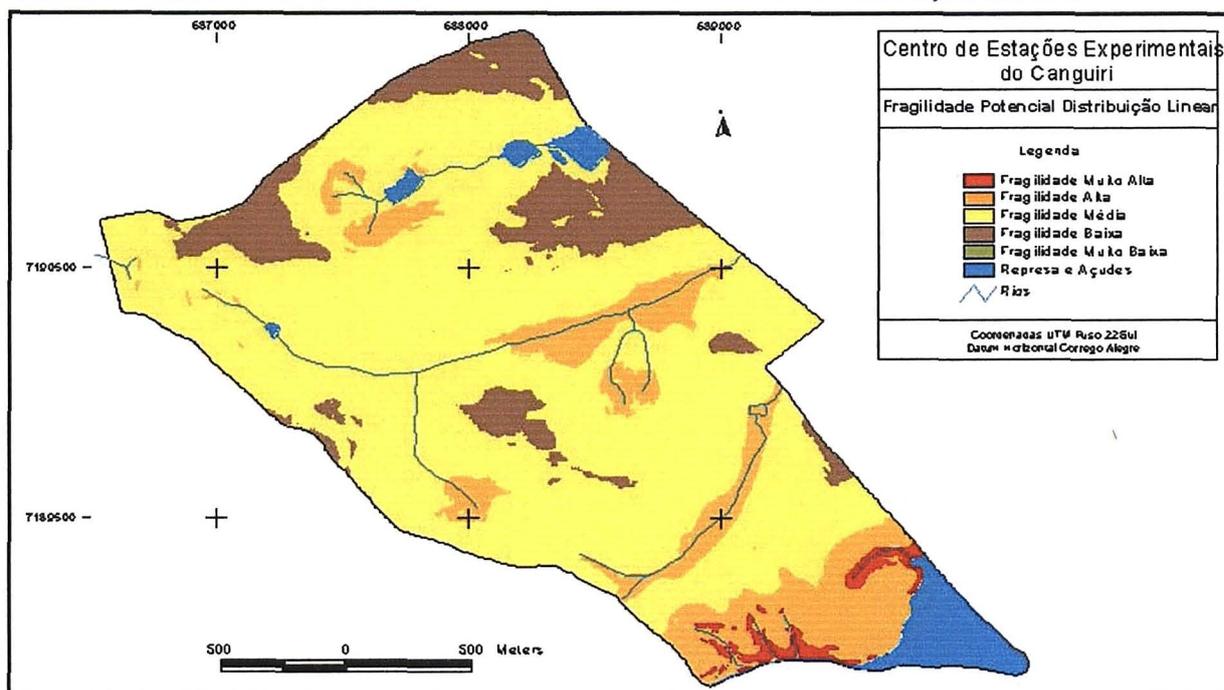
4.4.5 Distribuição Linear

Analisando a tabela 10 abaixo, nota-se que 70,65% da área de estudo se encontra na classe de fragilidade média, correspondendo a 301,64ha. Em menor proporção aparecem as classes de fragilidade alta e muito alta, ocupando 71,78ha, que correspondem a 16,79% da área total. A classe baixa aparece em 12,56% da área total estudada, e não aparecem áreas com fragilidade muito alta (figura 18).

TABELA 10. QUANTIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE POTENCIAL DA DISTRIBUIÇÃO LINEAR.

Classe de Fragilidade Potencial	Área (ha)	%
Muito alta	6,35	1,48
Alta	65,43	15,31
Média	301,64	70,65
Baixa	53,67	12,56
Muito baixa	0,00	0,00
total	427,09	100,00

FIGURA 18. IMAGEM DE FRAGILIDADE GERADA COM OS DADOS DA DISTRIBUIÇÃO LINEAR.



Na geração da fragilidade pela distribuição linear não há influência maior de um fator sobre outro, pois os pesos de importância são iguais para todos, fazendo com que a maior parte da área seja enquadrada na classe média. O quadro 16 a seguir mostra como se deu a ocorrência dos fatores em cada classe de fragilidade.

QUADRO 16. OCORRÊNCIA DOS FATORES EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE POTENCIAL(DISTRIBUIÇÃO LINEAR).

Classes de Fragilidade	Declividade		Dist. Nasc.		Dist. Represa			Dist. Rios			Solos	
	classe	%	0-50 m	> 50 m	0-100 m	100-200 m	>200 m	0-30 m	30-130 m	>130 m	classe	%
Muito Alta	20-30%	30,47	12,48%	87,52%	23,26%	23,14%	53,60%	70,11%	29,01%	0,88%	OYs2	75,56
	12-20%	44,17									CXa3	23,97
	6-12%	16,25										
Alta	0-3%	21,43	10,47%	89,53%	8,28%	8,88%	82,84%	32,57%	58,51%	8,92%	CX	55,48
	3-6%	21,30									GM/GX	28,70
	6-12%	28,62									OYs	12,70
	12-20%	23,74										
Média	0-3%	16,78	1,09%	98,91%	0,00%	0,02%	99,98%	8,89%	38,12%	52,99%	CX	56,08
	3-6%	31,93									LV	30,11
	6-12%	36,94									GM+GX	10,45
	12-20%	12,97										
Baixa	3-6%	55,10	0,00%	100%	0,00%	0,00%	100%	0,45%	6,47%	93,08%	CX	61,04
	6-12%	29,78									LV	38,96

Na classe de fragilidade muito alta as declividades mais expressivas são a forte ondulada (20 a 30%), correspondente a 30,47% da área desta classe, a ondulada (12 a 20%), correspondendo a 44,17% da área, e a moderadamente ondulada (6 a 12%), correspondendo a 16,75%. Nota-se que na determinação desta classe de fragilidade aparece a declividade moderadamente ondulada (6 a 12%), considerada por ROSS(1994) como grau de influência fraco nos processos erosivos, isso indica que como não houve diferença nos pesos de importância, onde o fator declividade vinha sempre recebendo pesos maiores, outros fatores, como distância dos rios e distância das nascentes tiveram maior influência na análise. Em relação aos solos percebe-se que em 75,56% da área desta classe ocorre o ORGANOSSOLO MÉSICO em relevo ondulado, e em 23,97% da área ocorre o CAMBISSOLO HÁPLICO raso de textura média, ambos os solos enquadrados por ROSS(1994) nas classes de fragilidade ou erodibilidade forte e muito forte. Em relação a distância das nascentes nota-se que 12,48% da área desta classe se encontra dentro da APP de 50 metros. Em relação a distância da represa 53,60% da área está a uma distância superior a 200 metros da represa e 46,40% estão dentro da APP e da área adjacente de 100 metros.. E em relação a distância dos rios, 70,11% da área encontra-se dentro da APP dos rios e 29,01% na área de 100 metros adjacentes, indicando que nesta avaliação o fator

distância dos rios teve uma influência maior na determinação da fragilidade.

Na classe de fragilidade alta ocorrem quatro classes de declividade bem distribuídas, sendo elas a praticamente plana (0 a 3%) ocorrendo em 21,43% da área, a suave ondulada (3 a 6%) ocorrendo em 21,30% da área, a moderadamente ondulada (6 a 12%) ocorrendo em 28,62% da área, e a ondulada (12 a 20%) ocorrendo em 23,74% da área desta classe. Evidenciando novamente, que outros fatores, como distância dos rios, tiveram maior influência na determinação destas áreas, já que estas declividades não estão enquadradas nas categorias de influência mais forte nos processos erosivos. Em relação aos solos ocorrem principalmente os Cambissolos, correspondendo a 55,48% da área desta classe, em seguida aparecem os Gleissolos, em 28,70% da área, e em menor proporção os Organossolos, em 12,70% da área, todos considerados por ROSS(1994) como de fragilidade ou erodibilidade forte e muito forte. Em relação a distância das nascentes nota-se que 10,47% da área encontra-se dentro da APP. Em relação a distância da represa a maior parte da área, 82,84%, encontram-se a mais de 200 metros da represa. E em relação a distância dos rios a maior parte da área, 58,51%, está localizada na área de 100 metros, adjacente a APP, e 32,57% da área encontra-se dentro da APP dos rios.

Na classe de fragilidade média, que representa 70,65% da área total estudada, correspondendo a 301,64 ha, ocorrem as mesmas declividades encontradas na classe de fragilidade alta, porém as mais expressivas são a moderadamente ondulada (6 a 12%) correspondente a 36,94% da área e a suave ondulada (3 a 6%) correspondente a 31,93% da área. A declividade praticamente plana (0 a 3%) aparece em 16,78% da área, e a ondulada em 12,97%. Estas declividades ocorrem associadas principalmente aos Cambissolos, que ocupam 56,08% da área desta classe, dos Latossolos que ocupam 30,11% da área e em menor proporção os Gleissolos em 10,45%. Em relação a distância das nascentes nota-se que a porcentagem de área dentro da APP é bem menor do que nas classes de fragilidade anteriores, apresentando

apenas 1,09%. Em relação a distância da represa 99,98% da área desta classe encontra-se em distâncias superiores a 200 metros da represa. E em relação a distância dos rios a maior parte da área, 52,99% está a mais de 130 metros dos rios, e 38,12% está localizado na área de 100 metros adjacente a APP dos rios.

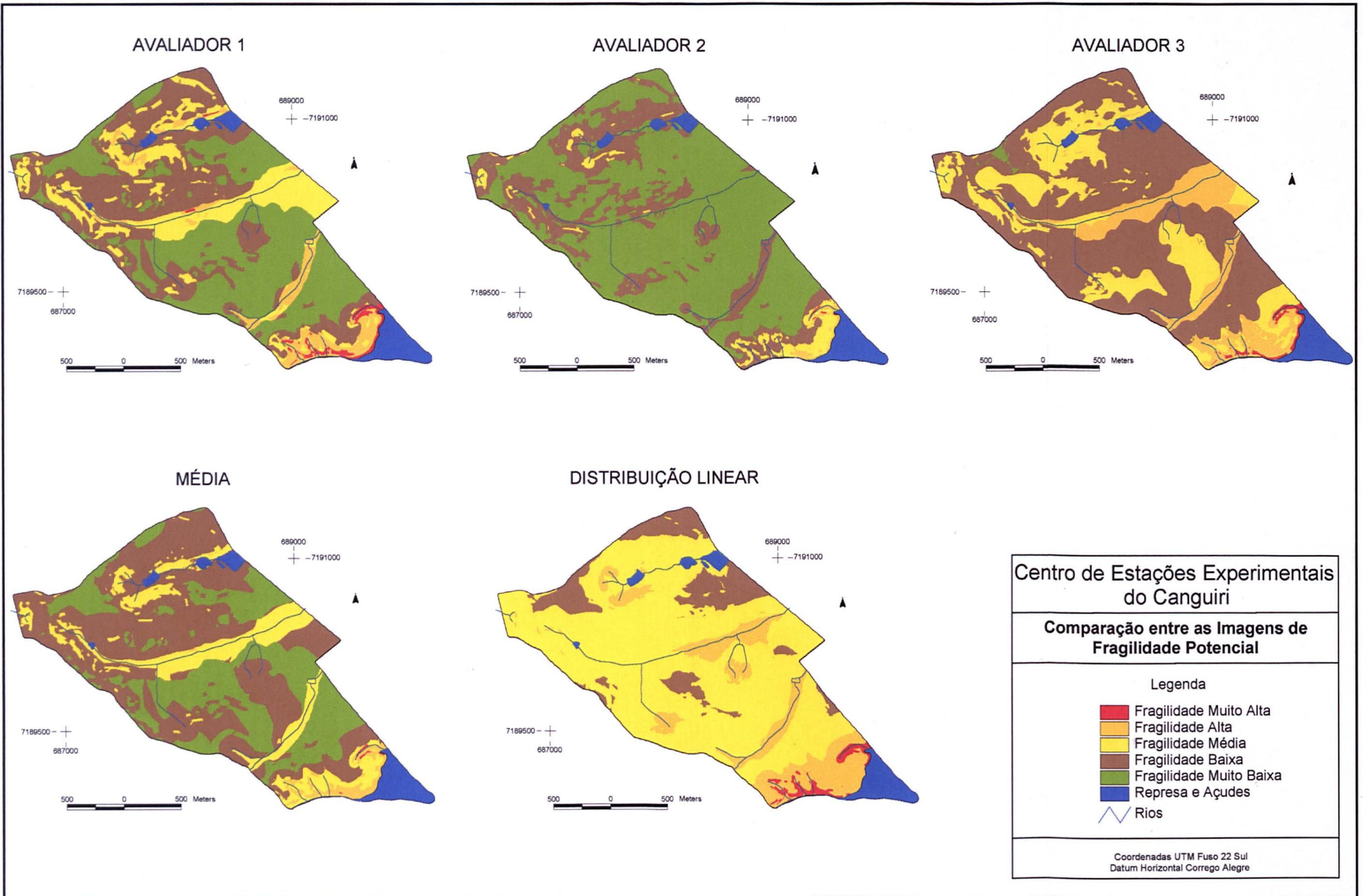
Na classe de fragilidade baixa as declividades mais expressivas são a suave ondulada (3 a 6%) correspondente a 55,10%, e a moderadamente ondulada (6 a 12%) correspondente a 29,78% da área, enquadradas por ROSS (1994) nas categorias de influência nos processos erosivos muito fraca e fraca, respectivamente. Em relação aos solos na maior parte da área ocorre ainda os Cambissolos, ocupando 61,04% da área desta classe, e em menor proporção os Latossolos, ocupando 38,96% da área. Em relação as distâncias da represa e das nascentes não ocorrem áreas dentro das APPs, e 100% da área encontra-se a mais de 200 metros da represa. E em relação a distância dos rios, 93,08% da área está localizada a mais de 130 metros dos rios.

Na determinação das classes de fragilidade com os dados da distribuição linear observa-se que os fatores de distância dos recursos hídricos tiveram uma influência maior na análise, fazendo com que em relação ao fator declividade não houvesse valores mais expressivos de uma ou outra classe de declividade. A ausência de diferentes pesos de importância na análise também ocasionou a concentração dos valores na classe de fragilidade média.

4.4.6 Avaliação Geral das Imagens de Fragilidade Potencial

Os resultados obtidos nas cinco avaliações de fragilidade potencial geradas mostram que a metodologia utilizada foi eficiente, ou seja, foi possível gerar imagens para avaliação da fragilidade, baseadas nos fatores escolhidos e nos critérios de cada avaliador. Porém, observando-se a figura 19, que possibilita uma melhor comparação entre as

FIGURA 19. COMPARAÇÃO ENTRE AS IMAGENS DE FRAGILIDADE POTENCIAL GERADAS



imagens geradas pelos diferentes avaliadores, nota-se que estas não são iguais, pois há uma variação na determinação das áreas de fragilidade potencial, pois ocorreu que uma avaliação atribuiu uma classe de fragilidade muito baixa para determinada área e outra avaliação atribuiu uma classe de fragilidade baixa para a mesma área. A tabela 11 faz uma comparação entre os resultados de cada avaliação.

TABELA 11 - COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DE CADA AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE POTENCIAL.

AVALIADOR \ FRAGILIDADE	ÁREA EM ha DAS CLASSES DE FRAGILIDADE POTENCIAL				
	AVALIADOR 1	AVALIADOR 2	AVALIADOR 3	MÉDIA	DISTR. LINEAR
MUITO ALTA	5,41	0,21	3,28	0,38	6,35
ALTA	27,23	3,52	61,32	9,40	65,43
MÉDIA	79,37	18,20	112,07	74,50	301,64
BAIXA	149,86	113,88	248,68	221,50	53,67
MUITO BAIXA	165,22	291,28	1,74	131,30	0,00

Quando analisados os resultados de cada avaliador nota-se que há uma coerência na ocorrência dos fatores em cada classe de fragilidade, ou seja, predominam os solos de maior fragilidade, as declividades com maior grau de influência nos processos erosivos e a proximidade maior dos recursos hídricos nas classes de fragilidade mais altas e os solos de menor fragilidade, as menores declividade e a proximidade menor dos recursos hídricos nas classes de fragilidade mais baixa. Porém, em função das diferentes opiniões de cada avaliador há diferenças na classificação da fragilidade de uma mesma área, como mostra a tabela 11. Os motivos que levaram a estas diferenças entre os resultados das fragilidades podem ser facilmente identificados observando-se os valores atribuídos na padronização fuzzy e nos pesos de importância.

Numa análise geral dos resultados obtidos, percebe-se que a fragilidade potencial gerada com os dados da média apresentou os melhores resultados, pois como foi feita uma média dos valores atribuídos pelos avaliadores, houve um equilíbrio, ou seja, onde um avaliador havia atribuído um valor muito alto para um determinado fator, e outro um valor muito baixo, com a média o fator ficou com valores

intermediários, como é possível observar nos gráficos dos quadros de padronização fuzzy (quadros 5, 6, 7, 8 e 9).

O avaliador 1 foi o que mais se aproximou da média, mas quando analisada a ocorrência dos fatores em cada classe de fragilidade nota-se que as áreas de fragilidade muito alta concentram-se apenas dentro das APPs dos rios e da represa, pois os valores dados às áreas fora das APPs foi muito alto. Na classe de fragilidade alta não aparecem as declividades acima de 20% pois os valores dados às declividades acima de 15% foram bem menores, e na classe de fragilidade muito baixa ocorrem muitos Cambissolos que podem estar associados a relevos ondulados.

O avaliador 2, quando se observa a figura 19, tem-se a impressão de que seus valores não foram muito rigorosos, pois a maior parte da área, 68,20% foi classificada como fragilidade muito baixa, e o fator que mais influenciou na fragilidade foi a declividade, a qual recebeu o maior peso de importância, fazendo com que áreas de Gleissolos e Organossolos fossem classificadas como fragilidade baixa, provavelmente pela baixa declividade. O fator solo teve pouca influência nos resultados pois recebeu um peso de importância muito baixo.

O avaliador 3, ao contrário do avaliador 2, foi o mais rigoroso, fazendo com que a área da classe de fragilidade muito baixa ficasse bem reduzida, representando apenas 0,50% da área total. Isso ocorreu pelo fato deste avaliador considerar uma influência maior da distância dos recursos hídricos, dando valores mais baixos inclusive para as áreas mais distantes das APPs.

Os resultados obtidos com os dados da distribuição linear classificou quase toda a área como fragilidade média, não sendo possível identificar o fator que influenciou mais neste resultado pois os pesos de importância foram os mesmos para todos, foi possível apenas perceber que os fatores de distância dos recursos hídricos tiveram uma influência maior do que as outras análises (dos avaliadores e da média).

Tomando-se como base a imagem gerada com os valores da média, já que

esta foi considerada o melhor resultado, a correlação entre as imagens geradas pelos avaliadores e pela distribuição linear variou de boa a excelente quando analisado o índice Kappa geral, conforme MOREIRA et al (2001), que utilizou a tabela 5 (página 58). Porém quando analisado por categorias, ou por classe de fragilidade aparecem maiores diferenças, como pode ser observado na tabela 12 que mostra os índices de correlação quando comparadas cada imagem com a imagem gerada com os dados da média.

TABELA 12. ÍNDICE KAPPA ENTRE AS IMAGENS TOMANDO-SE A MÉDIA COMO REFERÊNCIA.

FRAGILIDADE	AVALIADOR 1		AVALIADOR 2		AVALIADOR 3		DISTR. LINEAR	
	índice Kappa	conceito	índice Kappa	conceito	índice Kappa	conceito	índice Kappa	conceito
MUITO ALTA	1,00	excelente	0,49	boa	1,00	excelente	1,00	excelente
ALTA	0,45	boa	0,34	razoável	0,68	muito boa	0,41	boa
MÉDIA	0,65	muito boa	0,15	ruim	0,37	razoável	0,30	razoável
BAIXA	0,65	muito boa	0,32	razoável	0,50	boa	0,05	ruim
MUITO BAIXA	0,97	excelente	1,00	excelente	0,01	ruim	0,00	ruim
GERAL	0,86	excelente	0,72	muito boa	0,63	muito boa	0,49	boa

Analisando a tabela 12 nota-se que em relação ao avaliador 2 a correlação com os resultados da média foi ruim para a classe de fragilidade média, pois além da área determinada pelo avaliador 2 ter sido bem menor, quando comparada com a média esta área apresentou classes de fragilidade diferentes. Em relação ao avaliador 3 isso ocorreu na classe de fragilidade muito baixa, onde o avaliador 3 apresentou uma área muito pequena em relação não só a média, mas a todos os outros resultados. Em relação a distribuição linear a correlação foi ruim nas classes de fragilidade baixa e muito baixa, também em função da área determinada ter sido mais baixa ou até ausente no caso da fragilidade muito baixa.

Isso mostra que apesar da metodologia ter sido eficiente na avaliação da fragilidade potencial, pois houve uma boa correlação entre a maioria dos resultados, há a necessidade de se trabalhar sempre com uma equipe interdisciplinar, para que a atribuição dos pesos de importância e os critérios adotados sejam bem discutidos por profissionais da área, tornando assim a análise menos subjetiva, não prevalecendo a opinião particular de apenas um especialista.

4.5 AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE EMERGENTE

A fragilidade emergente foi gerada da mesma maneira que a fragilidade potencial, adicionando-se na análise o fator uso atual. O fator uso atual indica o grau de proteção que a cobertura vegetal está proporcionando a cada área. A fragilidade emergente indica, portanto, a fragilidade da área em relação ao seu uso, ou seja se a cobertura vegetal é compatível com o potencial de cada área. As classes de fragilidade mais alta indicam áreas com problemas de ocupação, ou áreas em sobre-uso, e as classes de fragilidade mais baixas indicam áreas onde o uso está mais adequado, ou ainda áreas onde o potencial permite uma utilização mais intensa, que seriam as áreas em sub-uso. Ou ainda podem identificar áreas naturalmente frágeis, onde mesmo com uma cobertura vegetal adequada a fragilidade é alta, indicando que a modificação desta área aumentará ainda mais a fragilidade emergente.

4.5.1 Avaliador 1

A imagem de fragilidade emergente gerada com os dados do avaliador 1 (figura 20) apresentou um predomínio das classes de fragilidade baixa e muito baixa. Como mostra a tabela 13 a classe de fragilidade muito baixa ficou com 195,06 ha, representando 45,21% da área total, seguida da classe de fragilidade baixa, com 157,45 ha ou 36,47% da área, a classe de fragilidade média com 50,59 ha ou 12,78%, a classe de fragilidade alta com 23,91 ha ou 5,53% da área, e a classe de fragilidade muito alta foi praticamente nula, apresentando apenas 0,08 ha ou 0,01% da área.

TABELA 13. QUANTIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE EMERGENTE DO AVALIADOR 1.

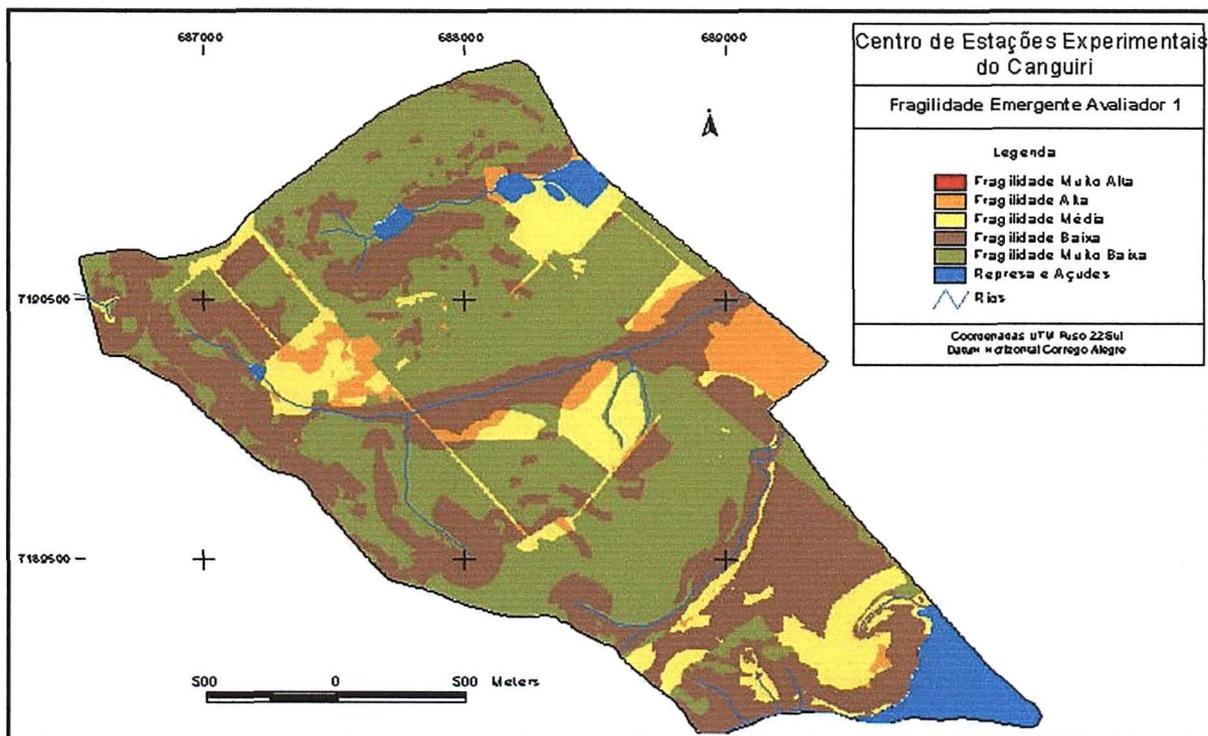
Classe de Fragilidade Potencial	Área (ha)	%
Muito alta	0,08	0,01
Alta	23,91	5,53
Média	50,59	12,78
Baixa	157,45	36,47
Muito baixa	195,06	45,21
total	427,09	100,00

A classe de fragilidade emergente muito alta compreende uma pequena área

localizada próximo a uma das lagoas de piscicultura, imperceptível no mapa devido a sua extensão muito reduzida (0,01% da área total), classificada como fragilidade potencial alta, e que se encontra como área de circulação, onde a cobertura vegetal é inexistente, não proporcionando nenhum grau de proteção.

A classe de uso edificações e circulação compreende áreas de estradas e construções destinadas a criações de animais e outras instalações. Esta classe de uso foi considerada por todos os avaliadores como áreas de alta fragilidade, isto porque a área de circulação foi enquadrada por ROSS (1994) como tipo de cobertura com grau de proteção muito baixo a nulo, e as edificações alteram as características originais da área, causando impermeabilização do solo e consequentemente o aumento da erosão. E além disso, como a maioria são áreas de criação de animais há o risco de poluição pelos efluentes produzidos.

FIGURA 20. IMAGEM DE FRAGILIDADE EMERGENTE GERADA COM OS DADOS DO AVALIADOR 1.



O quadro 17 a seguir apresenta a quantificação das classes de uso do solo em cada classe de fragilidade emergente.

QUADRO 17. QUANTIFICAÇÃO DAS CLASSES DE USO DO SOLO EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE EMERGENTE (AVALIADOR 1).

Classes de Fragilidade Emergente	Uso Atual	Área (ha)	%
Muito Alta	Edificações e Circulação	0,08	100%
	Subtotal	0,08	100
Alta	Plantas ornamentais	10,07	42,12%
	Área de Pesquisa	4,36	18,24%
	Edificações e Circulação	4,12	17,24%
	Suínocultura	2,03	8,70%
	Avicultura	2,08	8,46%
	Agricultura convencional	0,74	3,11%
	Banhados	0,51	2,13%
Subtotal	23,91	100	
Média	Agricultura convencional	15,05	29,05%
	Edificações e Circulação	14,91	28,79%
	Área de Pesquisa	10,09	21,08%
	Suínocultura	2,48	4,49%
	Avicultura	2,20	3,99%
	Banhados	2,14	3,88%
	Pousio	1,34	2,43%
	Reflorestamento	1,22	2,22%
	Horta	1,16	2,11%
Subtotal	50,59	100	
Baixa	Pastagem	32,73	20,69%
	Agricultura convencional	27,97	17,17%
	Capoeira	21,53	14,07%
	Mata secundária	19,93	13,07%
	Plantio direto	16,72	11,03%
	Campo	12,16	7,23%
	Reflorestamento	8,41	5,34%
	Fruticultura	5,82	3,69%
	Erva-mate	4,78	3,04%
	FORAGEIRAS	3,87	2,46%
	Pousio	3,14	1,42%
	Capoeirinha	0,39	0,79%
Subtotal	157,45	100	
Muito Baixa	Mata secundária	56,98	29,28%
	Pastagem	56,74	29,07%
	Capoeira	20,83	10,68%
	Plantio direto	20,48	10,49%
	Reflorestamento	16,69	8,26%
	Campo	11,90	6,10%
	Pousio	4,98	2,55%
	Capoeirinha	3,86	1,97%
	Fruticultura	2,80	1,53%
Subtotal	195,06	100	

Na classe de fragilidade alta aparecem 42,12% da área desta classe com plantas ornamentais que enquadraram-se nesta classe por estar situada próximo a represa e na unidade de solo OYs1, de grande fragilidade. As áreas de pesquisa que aparecem nesta classe foram consideradas áreas de risco, pois estas áreas são utilizadas para

experimentos diversos onde são testadas diferentes dosagens de adubos e agrotóxicos, sem um controle do que está sendo utilizado. Aparecem também áreas com edificações e circulação, e áreas com avicultura e suinocultura, todas consideradas pelos avaliadores com grau de proteção muito baixo. Apareceram ainda agricultura convencional, localizada em áreas onde a fragilidade potencial foi classificada como média ou alta. E áreas de banhado, que apesar de estarem preservadas, são naturalmente frágeis, pelo tipo de solo e a proximidade das drenagens.

Na classe de fragilidade média, ainda indicando problemas com o uso atual, apareceram 29,05% da área desta classe com agricultura convencional, associadas a áreas de fragilidade potencial menor. Também foram encontradas áreas com edificações e circulação (28,79%) e áreas de pesquisa (21,08%), situadas em áreas de fragilidade potencial baixa e muito baixa. Apareceram ainda nesta classe áreas com avicultura e suinocultura, pelo baixo grau de proteção do solo, banhados, pela fragilidade natural, porém em áreas mais distantes da drenagem, horta, também pelo baixo grau de proteção do solo, e pousio e reflorestamento associados a áreas com potencial baixo, pelo tipo de solo, declividade e distância das drenagens.

Na classe de fragilidade baixa aparecem áreas de pastagem, agricultura convencional, plantio direto, capoeira e mata secundária, somando 76,03% da área desta classe, não apresentando tantos problemas, isso porque ou se encontram em áreas com fragilidade potencial baixa e muito baixa, ou apresentam um alto grau de proteção. Encontram-se ainda nesta classe de fragilidade áreas de campo, reflorestamento, erva-mate, fruticultura, pousio e forrageiras.

Na classe de fragilidade muito baixa são encontradas apenas classes de uso que apresentam de médio a muito alto grau de proteção do solo, como mata secundária, capoeira, reflorestamento, pastagem, plantio direto, somando 87,78% da área desta classe, e ainda, em menor proporção, capoeirinha, campo e pousio.

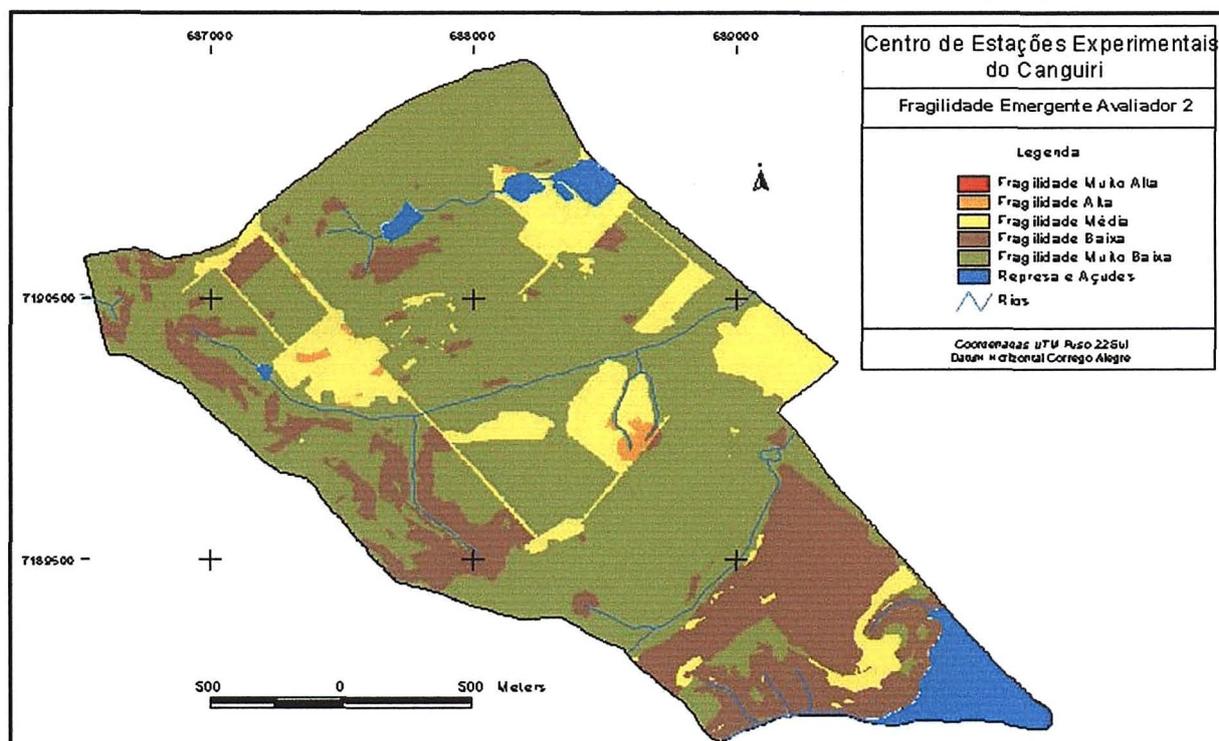
4.5.2 Avaliador 2

A imagem de fragilidade emergente gerada com os dados do avaliador 2 (figura 21) apresentou a maior parte da área com fragilidade muito baixa, totalizando 276,60 ha ou 64,79% da área total. A classe de fragilidade baixa aparece com 90,97 ha ou 21,29% da área, a classe média com 56,92 ha ou 13,32%, a classe de fragilidade alta com apenas 2,60 ha ou 0,60% da área e a classe de fragilidade muito baixa não aparece, como mostra a tabela 14 a seguir.

TABELA 14. QUANTIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE EMERGENTE DO AVALIADOR 2.

Classe de Fragilidade Potencial	Área (ha)	%
Muito alta	0,00	0,00
Alta	2,60	0,60
Média	56,92	13,32
Baixa	90,97	21,29
Muito baixa	276,60	64,79
total	427,09	100,00

FIGURA 21. IMAGEM DE FRAGILIDADE EMERGENTE GERADA COM OS DADOS DO AVALIADOR 2.



O quadro 18 a seguir mostra quais as classes de uso encontradas em cada classe de fragilidade emergente.

QUADRO 18. QUANTIFICAÇÃO DAS CLASSES DE USO DO SOLO EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE EMERGENTE (AVALIADOR 2).

Classes de Fragilidade Emergente	Uso Atual	Área (ha)	%
Muito Alta	-	-	-
	Subtotal	-	-
Alta	Área de Pesquisa	1,28	46,85%
	Edificações e Circulação	0,65	24,48%
	Suínocultura	0,45	18,41%
	Avicultura	0,22	10,26
	Subtotal	2,60	100
Média	Edificações e Circulação	18,44	33,12%
	Área de Pesquisa	13,22	25,31%
	Plantas ornamentais	9,92	16,19%
	Agricultura convencional	6,08	9,93%
	Suínocultura	4,10	6,70%
	Avicultura	4,00	6,53%
	Horta	1,16	1,90%
	Subtotal	56,92	100
Baixa	Agricultura convencional	37,12	40,88%
	Plantio direto	19,14	21,07%
	Campo	12,23	13,44%
	Pastagem	9,88	10,85%
	Reflorestamento	3,75	4,11%
	Capoeira	3,33	3,66%
	Pousio	2,10	2,31%
	Mata secundária	1,32	1,45%
	Fruticultura	0,67	0,74%
	FORAGEIRAS	0,40	0,44%
	Banhados	0,38	0,41%
	Erva-mate	0,32	0,35%
	Capoeirinha	0,27	0,29%
	Subtotal	90,91	100
Muito Baixa	Pastagem	79,41	28,70%
	Mata secundária	75,65	27,40%
	Capoeira	39,04	14,10%
	Reflorestamento	21,96	7,93%
	Plantio direto	18,03	6,51%
	Campo	12,19	4,40%
	Fruticultura	7,94	2,87%
	Pousio	7,35	2,65%
	Capoeirinha	5,56	1,43%
	FORAGEIRAS	5,45	1,40
	Banhados	4,01	0,88
	Subtotal	276,60	100

Analisando o quadro 18 nota-se que os tipos de cobertura do solo com menor grau de proteção estão nas classes de fragilidade mais alta enquanto que nas classes de fragilidade mais baixa predominam os tipos de cobertura do solos com maior grau de proteção.

Na classe de fragilidade alta além das áreas de edificação e circulação que representam 24,48% da área desta classe, ocorrem também áreas de pesquisa e defesa vegetal em 46,85% desta classe, que estão sujeitas a contaminação, e ainda áreas com avicultura e suinocultura, que além de oferecerem um baixo grau de proteção do solo, também apresentam problemas de contaminação da água pelos dejetos. Para estas classes de uso do solo o avaliador 2 atribuiu valor zero, mas em função da fragilidade potencial destas áreas ter sido classificada como baixa e muito baixa, não foram enquadradas na classe de fragilidade emergente muito alta.

Na classe de fragilidade média aparecem áreas de edificações e circulação, pesquisa, suinocultura e avicultura, associadas a áreas de fragilidade potencial muito baixa. As áreas de plantas ornamentais e horta que aparecem nesta classe também receberam valores bem baixos na padronização fuzzy . Aparecem ainda áreas com agricultura convencional.

Na classe de fragilidade baixa ocorrem principalmente áreas de agricultura convencional (40,88%), plantio direto (21,07%), campo (13,44%) e pastagem (10,85%). Aparecem ainda, em menor proporção áreas de capoeira, reflorestamento, erva-mate, pousio, forrageiras e banhados. O avaliador 2 atribuiu o valor 255 para as áreas de banhado, pois considerou como uma área preservada, após a integração das imagens a área foi classificada como fragilidade emergente baixa, pois teve o seu valor reduzido pelo tipo de solo e proximidade das drenagens.

Na classe de fragilidade muito baixa ocorrem os tipos de cobertura que oferecem maior grau de proteção aos solo, aparecendo principalmente áreas de pastagem, mata secundária, e capoeira, somando 70,20% da área desta classe. E em menor proporção reflorestamento, plantio direto, campo, fruticultura, pousio, capoeirinha, forrageiras e banhados mais distantes da drenagem.

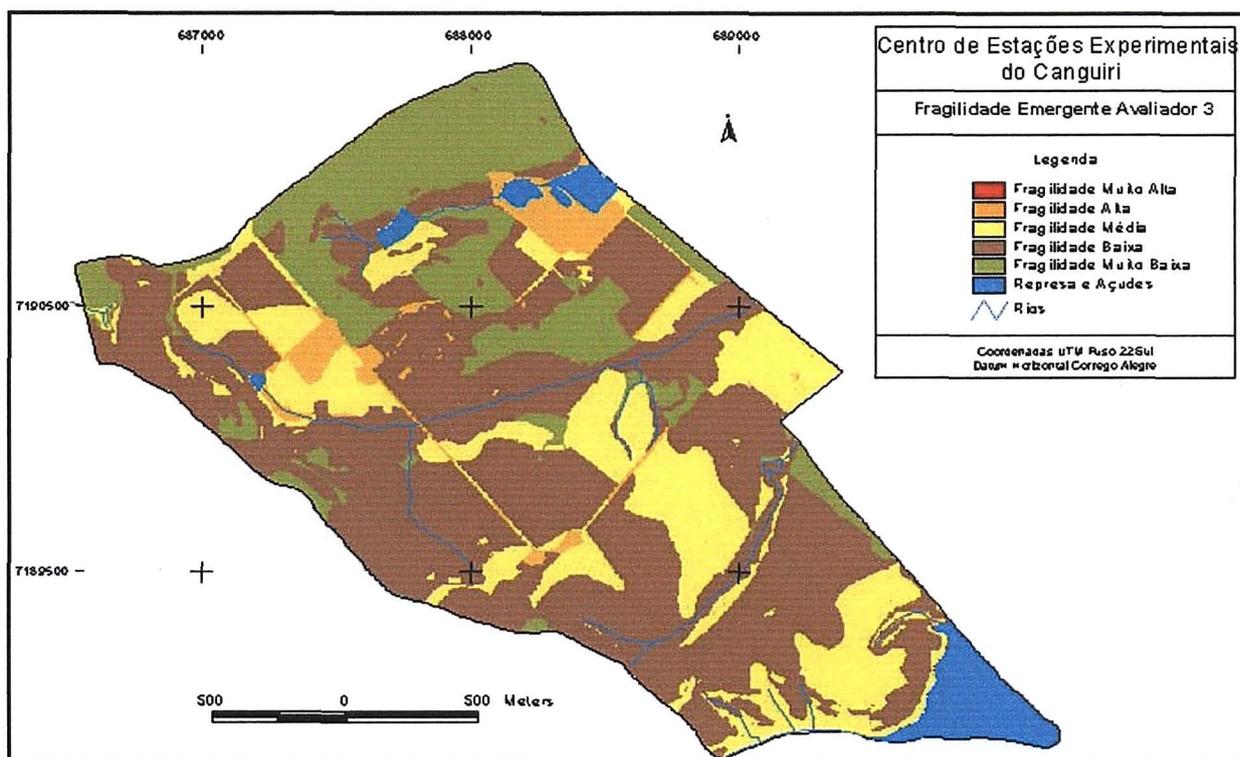
4.5.3 Avaliador 3

A imagem de fragilidade emergente gerada com os dados do avaliador 3 (figura 22) apresentou 230,32 ha com a classe de fragilidade baixa, representando 53,93% da área total. Em seguida aparece a classe de fragilidade média, com 96,30 ha ou 22,54%, a classe muito baixa com 82,50 ha ou 19,33%, a classe alta com 17,90 ha ou 4,19% e a classe de fragilidade muito alta não aparece, como mostra a tabela 15.

TABELA 15. QUANTIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE EMERGENTE DO AVALIADOR 3.

Classe de Fragilidade Potencial	Área (ha)	%
Muito alta	0,00	0,00
Alta	17,90	4,19
Média	96,30	22,54
Baixa	230,32	53,93
Muito baixa	82,50	19,33
total	427,09	100,00

FIGURA 22. IMAGEM DE FRAGILIDADE EMERGENTE GERADA COM OS DADOS DO AVALIADOR 3.



O quadro 19 a seguir mostra a quantificação das classes de uso do solo que ocorreram em cada classe de fragilidade emergente.

QUADRO 19. QUANTIFICAÇÃO DAS CLASSES DE USO DO SOLO EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE EMERGENTE (AVALIADOR 3).

Classes de Fragilidade Emergente	Uso Atual	Área (ha)	%
Muito Alta	-	-	-
	Subtotal	-	-
Alta	Edificações e Circulação	13,51	77,41%
	Suinocultura	2,55	12,26%
	Banhados	1,18	6,60%
	Avicultura	0,66	3,73%
	Subtotal	17,90	100
Média	Pastagem	28,96	28,73%
	Agricultura convencional	14,89	15,46%
	Área de Pesquisa	13,72	14,25%
	Plantas ornamentais	9,72	10,09%
	Campo	6,36	6,60%
	Edificações e Circulação	4,97	5,28%
	Plantio direto	4,69	4,87%
	Avicultura	3,56	3,69%
	Suinocultura	2,36	2,45%
	Fruticultura	1,83	1,90%
	Pousio	1,81	1,88%
	Banhados	1,62	1,69%
	Horta	1,16	1,20%
	Forrageiras	0,40	0,41%
	Subtotal	96,30	100
Baixa	Pastagem	62,56	26,75%
	Capoeira	38,16	16,57%
	Plantio direto	32,51	14,11%
	Agricultura convencional	28,32	12,31%
	Mata secundária	18,40	7,98%
	Campo	18,19	7,89%
	Pousio	7,65	3,32%
	Reflorestamento	7,53	3,27%
	Fruticultura	6,78	2,94%
	Capoeirinha	4,20	1,82%
	Forrageiras	3,87	1,67%
	Erva-mate	2,15	0,93%
		Subtotal	230,32
Muito Baixa	Mata secundária	58,57	70,92%
	Reflorestamento	17,49	21,20%
	Capoeira	3,47	4,21%
	Erva-mate	2,97	3,60%
	Subtotal	82,50	100

Na classe de fragilidade alta, a maior parte da área, 77,41%, apresenta-se com edificações e circulação, aparecem também, em menor proporção áreas de avicultura, suinocultura e banhados, com exceção dos banhados, que como já foi citado, são áreas naturalmente frágeis, as outras áreas foram enquadradas nesta classe de fragilidade pelo baixo grau de proteção do solo.

Na classe de fragilidade média aparecem principalmente áreas de pastagem, agricultura convencional, pesquisa e plantas ornamentais, somando 68,55% da área total desta classe. Ainda aparecem áreas de edificações e circulação, associadas a classe de fragilidade potencial baixa e muito baixa. Em menor proporção aparecem áreas de campo, plantio direto, avicultura, suinocultura, fruticultura, pousio, banhados, horta e forrageiras.

Na classe de fragilidade baixa ocorrem principalmente áreas de pastagem, capoeira, plantio direto e agricultura convencional somando 69,74% desta classe. Em áreas menores aparecem mata secundária, campo, pousio, reflorestamento, fruticultura, capoeirinha, forrageiras e erva-mate.

Na classe de fragilidade muito baixa ocorrem os tipos de cobertura com maior grau de proteção, como mata secundária, que representa 70,92% da área desta classe, reflorestamento, capoeira e erva-mate.

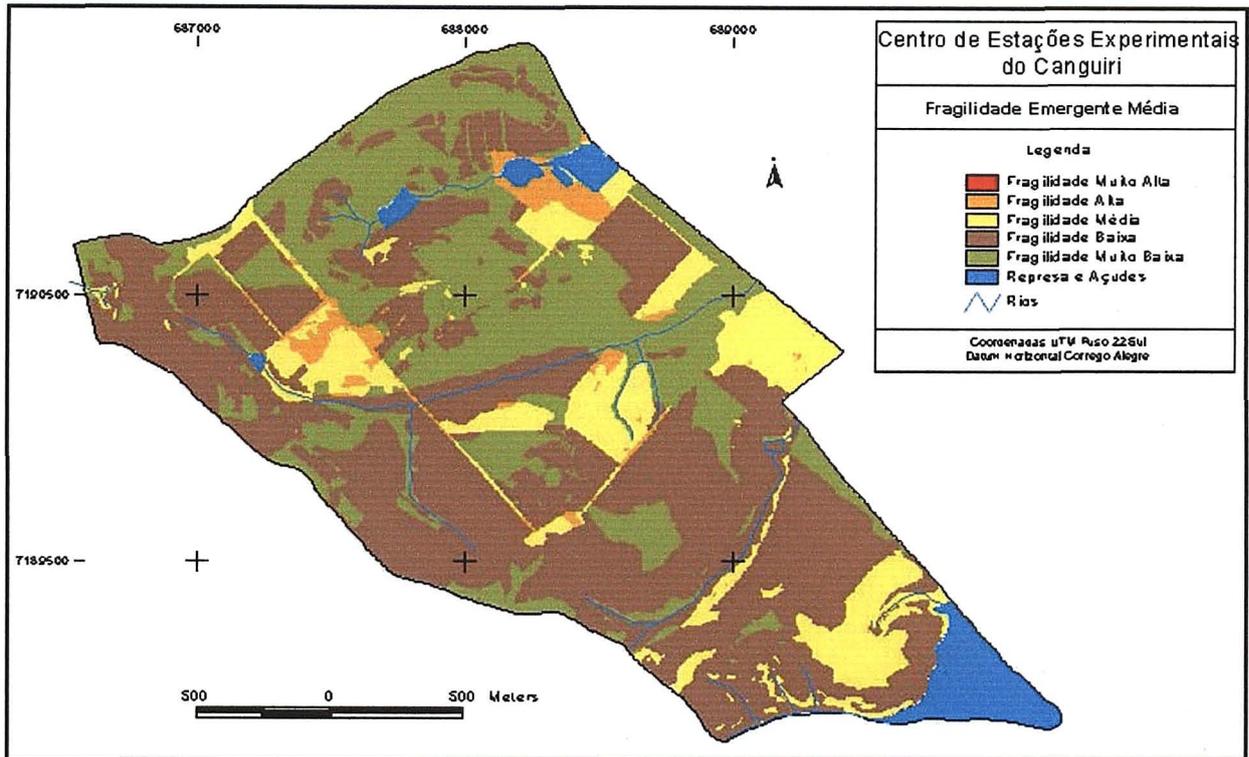
4.5.4 Média

Na imagem de fragilidade emergente gerada com os dados da média entre os três avaliadores (figura 23) as classes de fragilidade mais encontradas foram a baixa, com 219,00 ha correspondentes a 51,30% da área total, e a classe muito baixa, com 133,60 ha ou 31,28% da área, como mostra a tabela 16. Em seguida tem-se a classe de fragilidade média com 61,86 ha ou 14,48%, e a classe alta com 12,56 ha ou 2,94%.

TABELA 16. QUANTIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE EMERGENTE DA MÉDIA.

Classe de Fragilidade Potencial	Área (ha)	%
Muito alta	0,00	0,00
Alta	12,56	2,94
Média	61,86	14,48
Baixa	219,07	51,30
Muito baixa	133,60	31,28
total	427,09	100,00

FIGURA 23. IMAGEM DE FRAGILIDADE EMERGENTE GERADA COM OS DADOS DA MÉDIA.



O quadro 20, a seguir, mostra a quantificação das classes de uso do solo em cada classe de fragilidade emergente.

Na classe de fragilidade alta ocorrem principalmente as áreas de edificações e circulação, representando 61,64% da área desta classe. E em menor proporção áreas de pesquisa, avicultura e suinocultura.

Na classe de fragilidade média ocorrem principalmente áreas de agricultura convencional, pesquisa, plantas ornamentais, e edificações e circulação. Aparecem as áreas de avicultura, suinocultura, campo, reflorestamento, banhados, horta, e forrageiras, em menor proporção.

Na classe de fragilidade baixa ocorrem principalmente áreas de pastagem, representando 34,54% da classe, plantio direto com 16,76%, agricultura convencional com 12,96% e capoeira com 10,56%. E em menor proporção áreas de campo, reflorestamento, pousio, fruticultura, mata secundária, forrageiras, erva-mate e capoeirinha.

QUADRO 20. QUANTIFICAÇÃO DAS CLASSES DE USO DO SOLO EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE EMERGENTE (MÉDIA).

Classes de Fragilidade Emergente	Uso Atual	Área (ha)	%
Muito Alta	-	-	-
	Subtotal	-	-
Alta	Edificações e Circulação	8,60	61,64%
	Suinocultura	2,46	16,94%
	Área de Pesquisa	1,15	12,28%
	Avicultura	0,35	8,43%
	Subtotal	12,56	100
Média	Agricultura convencional	14,80	23,98%
	Área de Pesquisa	13,30	21,50%
	Plantas ornamentais	9,92	16,03%
	Edificações e Circulação	9,88	15,97%
	Avicultura	3,43	5,55%
	Suinocultura	2,96	4,79%
	Campo	1,62	2,62%
	Reflorestamento	1,61	2,60%
	Banhados	1,53	2,47%
	Horta	1,16	1,88%
	Forrageiras	0,59	0,64%
	Subtotal	61,86	100
Baixa	Pastagem	71,66	34,54%
	Plantio direto	36,71	16,76%
	Agricultura convencional	28,39	12,96%
	Capoeira	23,12	10,56%
	Campo	16,61	7,58%
	Reflorestamento	15,09	6,89%
	Pousio	6,77	3,09%
	Fruticultura	6,63	3,02%
	Mata secundária	5,45	2,49%
	Forrageiras	3,87	1,76%
	Erva-mate	2,25	1,02%
	Capoeirinha	1,24	0,53%
	Subtotal	219,07	100
Muito Baixa	Mata secundária	71,45	53,54%
	Capoeira	19,19	14,36%
	Pastagem	17,52	13,11%
	Reflorestamento	9,05	6,77%
	Campo	6,31	4,72%
	Capoeirinha	3,08	2,30%
	Erva-mate	2,88	2,15%
	Pousio	2,10	1,57%
Fruticultura	1,99	1,48%	
	Subtotal	133,60	100

E na classe de fragilidade muito baixa ocorrem áreas de mata secundária, representando 53,54% da área da classe, seguida de capoeira e pastagem que somam 27,47%. Em menor proporção aparecem reflorestamento, campo, capoeirinha, erva-mate, pousio e fruticultura.

4.5.5 Distribuição Linear

Na imagem de fragilidade emergente gerada com os dados da distribuição linear (figura 24), a maior classe encontrada foi a classe de fragilidade média, com 275,29 ha ou 64,45% da área total, como mostra a tabela 17. Ainda com uma área expressiva aparece a classe de fragilidade baixa, com 115,54 ha ou 27,07% da área. A classe de fragilidade alta apresentou 35,82 ha ou 8,38%, e as classes muito alta e muito baixa apresentaram apenas 0,21 e 0,23 ha respectivamente, representando apenas 0,05% da área cada uma.

FIGURA 24. IMAGEM DE FRAGILIDADE EMERGENTE GERADA COM OS DADOS DA DISTRIBUIÇÃO LINEAR.

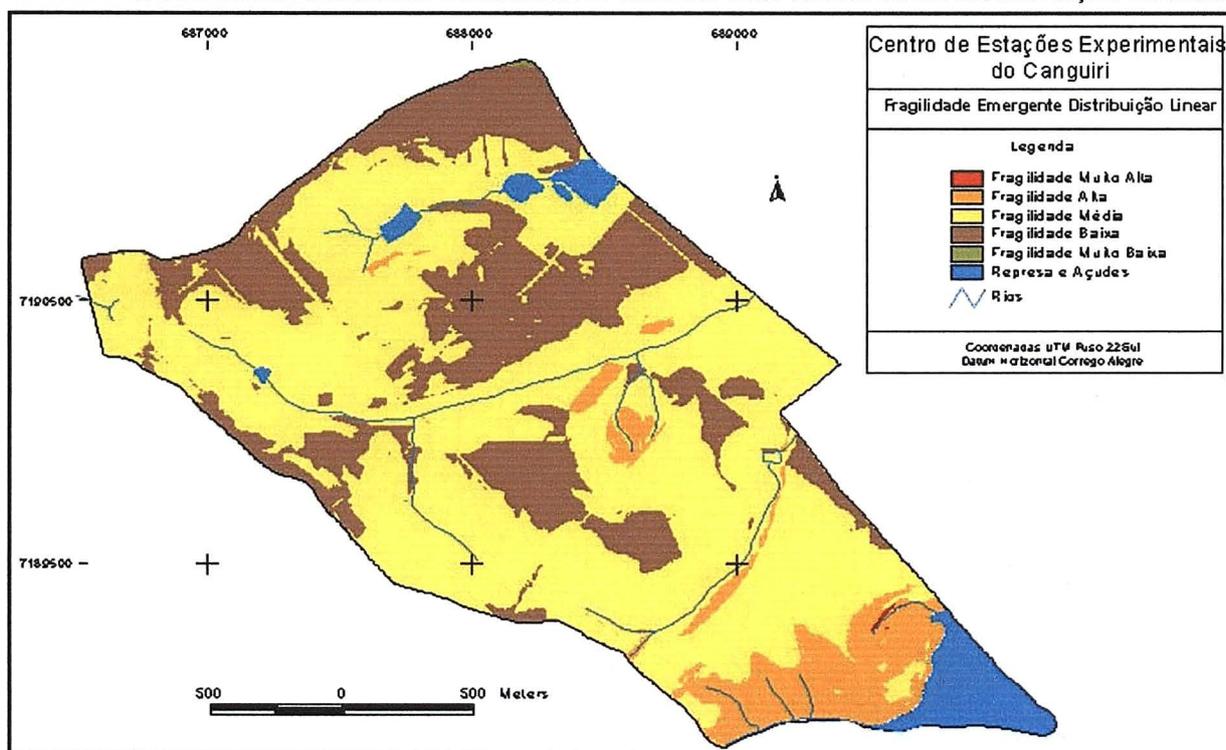


TABELA 17. QUANTIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE EMERGENTE DA DISTRIBUIÇÃO LINEAR.

Classe de Fragilidade Potencial	Área (ha)	%
Muito alta	0,21	0,05
Alta	35,82	8,38
Média	275,29	64,45
Baixa	115,54	27,07
Muito baixa	0,23	0,05
total	427,09	100,00

A ocorrência das classes de uso do solo em cada classe de fragilidade na imagem gerada com os valores da distribuição linear apresentou diferenças em relação

às outras avaliações, principalmente nas classes de fragilidade muito alta e alta, como mostra o quadro 21.

QUADRO 21. QUANTIFICAÇÃO DAS CLASSES DE USO DO SOLO EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE EMERGENTE (DISTRIBUIÇÃO LINEAR).

Classes de Fragilidade Emergente	Uso Atual	Área (ha)	%
Muito Alta	Reflorestamento	0,11	52,38%
	Banhados	0,10	47,62%
	Subtotal	0,21	100
Alta	Campo	11,17	31,20%
	Agricultura convencional	10,45	29,19%
	Reflorestamento	4,92	13,74%
	Área de Pesquisa	4,52	12,63%
	Pousio	1,77	4,95%
	Capoeira	1,58	4,41%
	Edificações e Circulação	0,45	1,57%
	Plantio direto	0,37	1,03%
Subtotal	35,82	100	
Média	Pastagem	61,75	19,87%
	Mata secundária	40,12	14,57%
	Agricultura convencional	30,64	11,13%
	Plantio direto	29,26	10,63%
	Capoeira	28,85	10,48%
	Edificações e Circulação	16,76	6,08%
	Área de Pesquisa	9,93	3,60%
	Plantas ornamentais	9,84	3,54%
	Reflorestamento	8,23	2,98%
	Pousio	7,27	2,64%
	Campo	5,98	2,17%
	Fruticultura	5,53	2,00%
	Suínocultura	4,56	1,65%
	Avicultura	4,22	1,53%
	Forrageiras	3,09	1,12%
	Erva-mate	3,02	1,09%
	Capoeirinha	2,52	0,91%
	Banhados	2,44	0,88%
Horta	0,94	0,40%	
Subtotal	275,29	100	
Baixa	Mata secundária	36,55	31,72%
	Pastagem	27,50	23,80%
	Reflorestamento	12,52	10,83%
	Capoeira	11,92	10,31%
	Plantio direto	7,56	6,54%
	Campo	7,39	6,40%
	Fruticultura	3,02	2,61%
	Agricultura convencional	2,11	1,82%
	Erva-mate	2,11	1,82%
	Capoeirinha	1,73	1,49%
	Edificações e Circulação	1,27	1,09%
Subtotal	115,54	100	
Muito Baixa	Mata secundária	0,23	100%
Subtotal	0,23	100	

A classe de fragilidade muito alta corresponde a uma pequena área próxima a represa e apresenta as classes de uso reflorestamento e banhado, esta área foi classificada com fragilidade potencial muito alta, principalmente pela declividade e distância dos recursos hídricos.

Na classe de fragilidade alta apareceram principalmente áreas de campo, agricultura convencional, reflorestamento e pesquisa, e ainda, em menor proporção áreas de capoeira, edificações e circulação e plantio direto.

Na classe de fragilidade média, por ser a de maior área, ocorreram todas as classes de uso do solo, principalmente áreas de pastagem, mata secundária, agricultura convencional, plantio direto e capoeira, somando 66,68% desta classe de fragilidade. Em menor proporção ocorreram todas as outras classes de uso restantes.

Na classe de fragilidade baixa ocorreram principalmente áreas de mata secundária, pastagem, reflorestamento e capoeira, somando 76,66% da área desta classe. Em menor proporção apareceram áreas com plantio direto, campo, fruticultura, agricultura convencional, erva-mate, capoeirinha e edificações.

E na classe de fragilidade muito baixa ocorreram apenas uma pequena área de mata secundária, bem ao norte da área em estudo.

4.4.6 Avaliação Geral das imagens de Fragilidade Emergente

Os resultados obtidos nas avaliações de fragilidade emergente mostram que a metodologia utilizada foi eficiente na geração das imagens, foi possível gerar imagens para avaliação da fragilidade emergente com a adição do fator uso do solo na análise por múltiplos critérios utilizando a combinação linear de pesos. Apenas a imagem gerada com os dados da distribuição linear não obteve bons resultados, pois apareceram áreas classificadas como fragilidade muito alta e alta onde o grau de proteção do solo, segundo ROSS (1994) é considerado muito alto e alto, como é o caso

da mata secundária e reflorestamento, e ainda áreas com grau de proteção do solo muito baixo a nulo classificadas como fragilidade baixa. Isso porque para avaliar a influência do fator uso na análise, este deve receber um peso de importância maior, e na distribuição linear os pesos são os mesmos para todos os fatores.

Da mesma forma que para a fragilidade potencial, observando a figura 25, nota-se que as imagens geradas pelos diferentes avaliadores não são iguais, apresentando variações na determinação das áreas de fragilidade emergente. Esta variação é quantificada na tabela 18 a seguir.

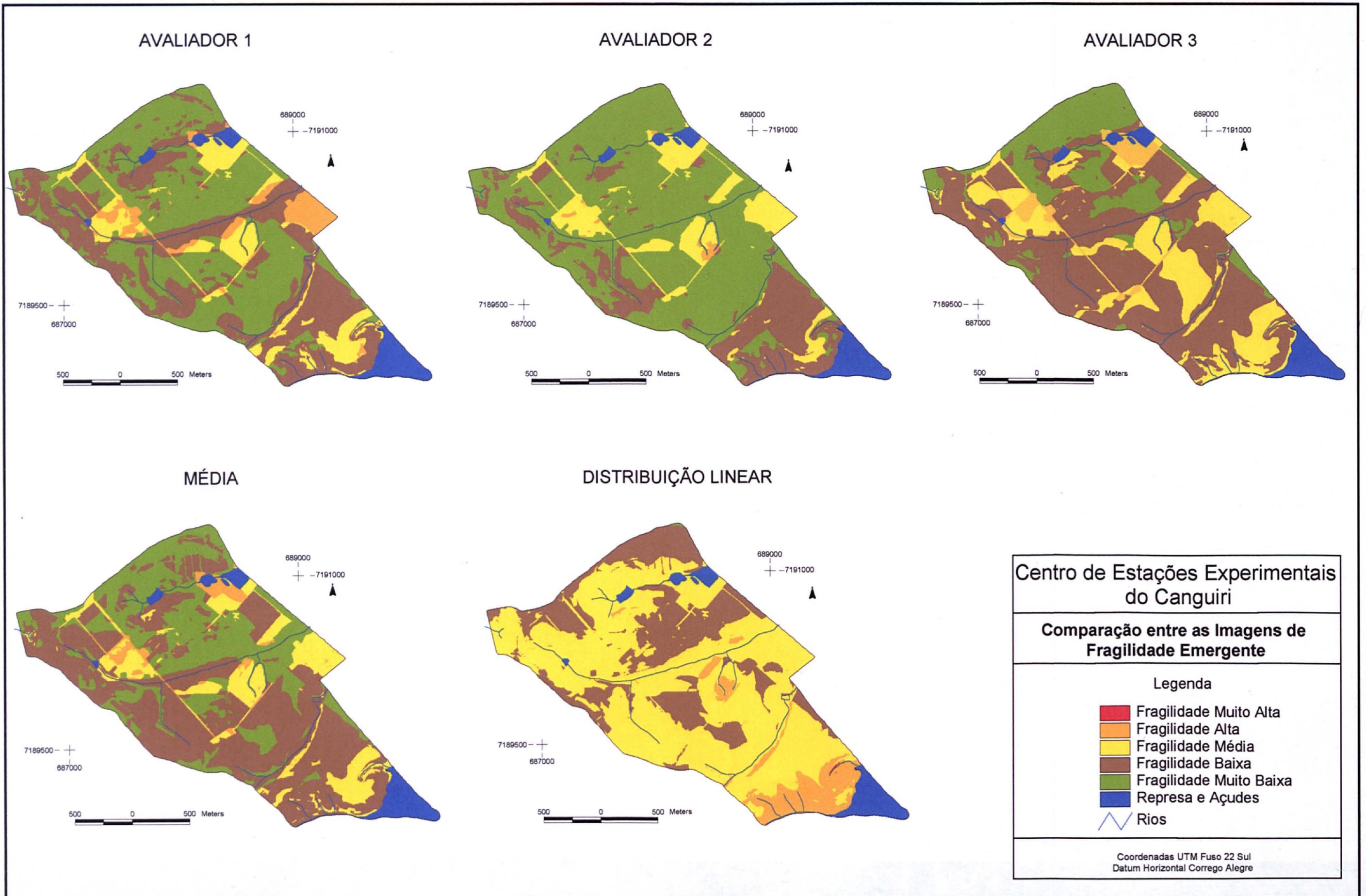
TABELA 18 - COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DE CADA AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE EMERGENTE.

AVALIADOR \ FRAGILIDADE	ÁREA EM ha DAS CLASSES DE FRAGILIDADE POTENCIAL				
	AVALIADOR 1	AVALIADOR 2	AVALIADOR 3	MÉDIA	DISTR. LINEAR
MUITO ALTA	0,08	0,00	0,00	0,00	0,21
ALTA	23,91	2,59	17,90	12,56	35,82
MÉDIA	50,59	56,92	96,30	61,68	275,29
BAIXA	157,45	90,97	230,32	219,07	115,54
MUITO BAIXA	195,06	276,61	82,50	133,60	0,23

Quando analisados os resultados de cada avaliador nota-se que predominam os tipos de uso que proporcionam maior grau de proteção dos solos nas classes de fragilidade emergente mais baixa, e nas classes de fragilidade emergente mais alta predominam as classes de fragilidade com grau de proteção baixo e muito baixa. Porém, em função das diferentes opiniões de cada avaliador há diferenças na classificação da fragilidade, os motivos que levaram a estas diferenças entre os resultados das fragilidades podem ser facilmente identificados observando-se os valores atribuídos na padronização fuzzy do fator uso e nos pesos de importância. A fragilidade emergente de cada avaliador depende não só do uso, mas também da classificação da fragilidade potencial.

Os avaliadores 1 e 3 foram os que mais se aproximaram da média, apesar do avaliador 3 ter apresentado maiores diferenças em relação a fragilidade potencial, em função dos critérios que o mesmo utilizou na padronização fuzzy do fator uso e dos pesos atribuídos na comparação pareada, os seus valores se aproximaram mais da média.

FIGURA 25. COMPARAÇÃO ENTRE AS IMAGENS DE FRAGILIDADE EMERGENTE GERADAS



O avaliador 2, quando se observa a figura 25, como aconteceu na fragilidade potencial, tem-se a impressão de que seus valores não foram muito rigorosos em relação a fragilidade, pois a maior parte da área, 64,79% foi classificada como fragilidade muito baixa, pois além da classificação da fragilidade potencial, os valores atribuídos no fator uso do solo foram um pouco maiores do que os outros avaliadores.

O avaliador 3, ao contrário do avaliador 2, foi o mais rigoroso, fazendo com que a área da classe de fragilidade muito baixa ficasse com uma área menor em relação às outras avaliações. Isso se deu pela classificação da fragilidade potencial, onde a área da classe de fragilidade potencial muito baixa foi bem menor.

Tomando-se como base a imagem gerada com os valores da média, já que esta foi considerada o melhor resultado, a correlação entre as imagens geradas pelos avaliadores e pela distribuição linear variou de boa a excelente quando analisado o índice Kappa geral, conforme MOREIRA et al (2001), que utilizou a tabela 5, adaptada de LANDIS et al (1977)²². Porém quando analisado por categorias, ou por classe de fragilidade aparecem maiores diferenças (tabela 19). Se comparados estes resultados com os resultados da fragilidade potencial (tabela 12), nota-se que houve um aumento na correlação entre as imagens de fragilidade emergente, com exceção da distribuição linear.

TABELA 19. ÍNDICE KAPPA ENTRE AS IMAGENS TOMANDO-SE A MÉDIA COMO REFERÊNCIA.

FRAGILIDADE	AVALIADOR 1		AVALIADOR 2		AVALIADOR 3		DISTR. LINEAR	
MUITO ALTA	-	-	-	-	-	-	-	-
ALTA	0,61	muito boa	0,10	ruim	0,85	Excelente	0,10	ruim
MÉDIA	0,68	muito boa	0,73	muito boa	0,82	Excelente	0,62	muito boa
BAIXA	0,59	boa	0,32	razoável	0,71	Muito boa	0,08	ruim
MUITO BAIXA	0,85	excelente	0,99	excelente	0,50	Boa	0,001	ruim
GERAL	0,83	excelente	0,77	muito boa	0,82	Excelente	0,52	boa

Da mesma maneira que para a fragilidade potencial, os resultados mostram que há a necessidade de se trabalhar sempre com uma equipe interdisciplinar, para que a atribuição dos pesos de importância e os critérios adotados sejam bem discutidos por

²² LANDIS, J.R. ; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v.33, n.1, p. 159-174, 1977.

profissionais da área, tornando assim a análise menos subjetiva, não prevalecendo a opinião particular de apenas um especialista. Na avaliação da fragilidade emergente é mais evidente a necessidade de uma discussão para a correta atribuição dos pesos de importância, pois os resultados obtidos com a distribuição linear, onde não são atribuídos diferentes pesos de importância, os resultados não foram satisfatórios.

5 CONCLUSÕES

Em relação a análise da fragilidade da área em estudo pode-se concluir que:

A maior parte da área do Centro de Estações Experimentais do Cangüiri (C.E.E.C.) foi enquadrada, pelos avaliadores, na classe de fragilidade potencial baixa;

Em relação a fragilidade emergente a maior parte da área do C.E.E.C. também foi enquadrada, pelos avaliadores, na classe de fragilidade emergente baixa;

Os resultados obtidos com a distribuição linear tenderam a enquadrar as áreas na classe média de fragilidade potencial e emergente. Devido a atribuição de pesos iguais para todos os fatores houve erros na classificação, não sendo recomendado este tipo de avaliação;

Devido a diferença de opiniões entre os avaliadores, houve diferença nas classificações, indicando portanto, a importância de uma equipe interdisciplinar que busque a determinação dos fatores a serem avaliados, os critérios que devem ser adotados na padronização fuzzy e os pesos de importância que devem ser atribuídos a cada fator;

Há necessidade de maiores estudos a nível regional para a determinação dos limites a serem utilizados na padronização Fuzzy dos fatores incluídos na análise;

A análise da fragilidade pode ser melhorada com a incorporação de fatores, como comprimento de rampa e tipo de vertente, que ajudam a caracterizar melhor a área, gerando cartas cada vez mais detalhadas.

Em relação a ferramenta utilizada pode-se concluir que:

O programa Idrisi 32 se mostrou eficiente no desenvolvimento deste trabalho em todas as etapas, gerando inclusive mapas de boa qualidade visual;

A técnica de classificação por múltiplos critérios presente no módulo de suporte à decisão do programa Idrisi 32 se mostrou eficiente na análise e geração das imagens de fragilidade utilizando-se a metodologia proposta por ROSS (1994).

REFERÊNCIAS

ARNOFF, S. **Geographic information systems: a management perspective**. Ottawa : WDL Publications. 1995.

BERRY J.K. GIS in island resource planning : a case study in map analysis. In: MAGUIRE, D.J., GOODCHILD M.F. E RHIND, D.W. (eds) **Geographical Information Systems: principle and applications**. Longman, London, 99.285 -295, vol 2. 1991.

BERRY J.K. et al. **Development and analysis of a spatial database for the Botany Bay vicinity, volume 2**, final report entitled Natural and Cultural Resources Institute, Yale University, New Haven Connecticut. 1989.

BIGARELLA, J.J. Folha Geológica de Piraquara - XXIV 8. Curitiba : Comissão da Carta Geológica do Paraná, 1967. 1 mapa: P/B; 70 x 60 cm. Escala 1: 50.000.

BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R. **Caracteres texturais dos sedimentos da Bacia de Curitiba** – Boletim da Universidade Federal do Paraná, Instituto Geol., (7):1962 Curitiba.

BURROUGH P. A., MACMILLAN P.A., & VANDEURSEN W. Fuzzy classification methods for determining land suitability from soil profile observation and topography. **Journal of Soil Science** (43)2. 1992. pps 193-210.

BURROUGH, P.A. **Principles os Geographical Information Systems for Land Resources Assesment**. Oxford : Clarendon Press, 1989.

CÂMARA, G.; ORTIZ, M.J. Sistemas de Informação Geográfica para Aplicações Ambientais e Cadastrais: Uma Visão Geral. In: SOUZA E SILVA,M., "**Cartografia, Sensoriamento e Geoprocessamento**", cap. 2, pp.59-88. Lavras, UFLA/SBEA, 1998.

CHEN K., BLONG R. & JACOBSON C. MCE-RISK: integrating multicriteria evaluating in natural hazards. **Environmental Modelling & Software** (16) 4. 2001. Pgs. 387-397.

COMEC - Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. Levantamento Aerofotogrametrico. Curitiba : COMEC, 1976. 2 mapas: P/B; 55 x 85 cm. Escala 1:10.000.

DONHA, A.G.; SOUZA, L.C.P.; TORRES JUNIOR, A.V.; JUSTI JUNIOR, J. ; DE PAULA, M.L. Análise da suscetibilidade a impactos ambientais de uma área de preservação permanente com ocupação antrópica utilizando módulos de apoio à decisão através de SIG. **Anais VI Congresso para usuários de geoprocessamento da América Latina**. Salvador, 2000.

EASTMAN J.R. **Idrisi for Windows: user's guide - version 2.0**. Clark University, Worcester, MA. 1997.

EASTMAN, J.R. **Idrisi for Windows: Manual do Usuário**. Porto Alegre, 1998.

EASTMAN, J.R. **Guide to GIS and Image Processing**. Clark University, Worcester, MA. 1999.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos - Instituto Agrônômico do Paraná.

Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. 1981 Mapa na escala 1:600.000, Tomos I e II, Curitiba, 1984. 791 p

FARIAS, G.L., LIMA, M.C. **Coletânea da Legislação Ambiental Federal / Estadual.** Curitiba: Imprensa Oficial do Estado do Paraná, 1990. 535p.

FEDRA, K. GIS and environmental modeling. **Environmental Modeling with GIS**, 35-50. Oxford University Press, New York, NY. 1993.

FEDRA, K. & WINKELBAUER, L. MEXSES: an expert system for environmental screening. In: **Proceedings Seventh IEEE Conference on Artificial Intelligence Applications.** IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA. 1991.

FEEMA - Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente. **Vocabulário Básico do Meio Ambiente**, 4ª ed., Rio de Janeiro, 1992.

FEOLI E., VUERICH L. G., ZERIHUN W. Evaluation of environmental degradation in northern Ethiopia using GIS to integrate vegetation, geomorphological, erosion and socio-economic factors. **Agriculture, ecosystems & Environment**, (9)1-3. 2002. Pgs. 313-325.

FLORIANI, N. **Pré-caracterização da sub bacia do Rio das Antas por meio das técnicas de geoprocessamento.** - Curitiba. 2000. Trabalho de graduação (Disciplina Introdução a Pesquisa em Solos) - Curso de Agronomia, Setor de ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

GOMES, L.P. et al. Critérios de seleção de áreas para disposição final de resíduos sólidos. In: ANDREOLI, C.V. **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final.** Rio de Janeiro : RiMa, ABES, 2001. P. 145-187.

JOHNSTON, C. A. **Geographic information systems in ecology.** London : Blackwell Science Ltd. 1998. 239 p.

LAM, D.C.L., et al. A Knowledge-based approach to regional acidification modeling. **Environmental Monitoring and Assessment**, 23, 83-97. 1992.

LIBAULT, A. **Os quatro níveis da pesquisa geográfica.** São Paulo : IGEO-USP, 1971.

LYON, J.G. & McCARTHY, J. **Wetland and environmental applications of GIS.** New York : Lewis. 1995. 373 p.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná.** Curitiba : Secretaria da Cultura e Esporte do Paraná, 1981.

MAGUIRE, D. J. & GOODCHILD, M. F. e RHIND, D. W. **Geographic information systems.** New York : Longman Scientific & Technical, 1991. Vol. I e vol.II.

MAXIMINIANO, G.A. **Bacia do rio Pato Branco: ensaio cartográfico para análise da fragilidade do meio físico com uso de geoprocessamento.** Tese de mestrado, USP, 1996.

MEIRELLES S., PENELLO M. **Análise Integrada do Ambiente Através de Geoprocessamento - Uma Proposta Metodológica Para Elaboração de Zoneamentos.** Rio de Janeiro, 1997. 192 p. (Tese de Doutorado IGEO/UFRJ, D.Sc., Geografia).

MOREIRA F. R., CÂMARA G., ALMEIDA FILHO R. **Técnicas de Suporte a Decisão para Modelagem Geográfica por Álgebra de Mapas.** Relatório Técnico, Programa de Ciência e Tecnologia para Gestão de Ecossistemas - INPE, 2001.

MOREIRA M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** São José dos Campos : Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2001. 250p.

NOGUEIRA, J. A **bacia hidrográfica de Curitiba.** Curitiba, 1997. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná.

PARANÁ. Decreto Lei nº 2200, de 13 de junho de 2000. Estabelece o Zoneamento Ecológico-Econômico da Área de Preservação Ambiental do Iraí. **Diário Oficial do Estado do Paraná.** Curitiba, ano LXXXV, p. 1/11, 13 jun. 2000.

PAREDES, E. A. **Sistema de informação geográfica: (geoprocessamento) princípios e aplicações.** São Paulo : Editora Érica Ltda, 1994. 690 p.

PIVELLO, V. R. et al. Banco de dados em SIG para ecologia aplicada: Exemplo do Cerrado Pé-de-Gigante, SP. **Caderno de Informações Georreferenciadas - CIG** (v. 1, n. 3), 1999.

ROCHA, H.O. et al. Application of remote sensing and GIS to Complite and update soil map at Environmental Protection Area of Guaratuba - PR. Brasil. **XVIII ISPRS Congress Viena,** 1996.

ROSS, J.L.S. **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento.** São Paulo : Contexto, 1990.

ROSS, J.L.S. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo, in **Rev.do Depto.Geografia, FFLCH-USP,** n.6, São Paulo, 1992.

ROSS, J.L.S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia.** São Paulo, 1994.

SALAMUNI, E.; SALAMUNI, R.; EBERT,H.O. Contribuição à geologia da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR). Curitiba, Editora da UFPR. **Boletim Paranaense de Geociências,** n.47, p. 123-142, 1999.

SILVA, J. X. Geoprocessamento e Análise Ambiental. **Revista Brasileira de Geografia.** Rio de Janeiro, 54(3), 1992. p 47-61.

STAR, J. & ESTES, J. **Geographic information systems.** London, Prentice-Hall International, 1990.

SUGAMOSTO, M.L. **Uso de técnicas de geoprocessamento para elaboração do mapa de aptidão agrícola e avaliação da adequação de uso do Centro de Estações Experimentais do Canguiri, Município de Pinhais - Paraná.** Curitiba, 2002. 133f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

THAPINDA A. & HUDAK P.F. Use of geographic information systems for assessing groundwater pollution potencial by pesticides in Central Thailand. **Environment International** (29) 1, 2003. Pgs. 87-93.

VEROCAI, I. **Vocabulário Básico de Meio Ambiente.** Programa de Proteção e Melhoria da Qualidade Ambiental do Ministério do Meio Ambiente. 1997. Disponível em: <<http://www.meioambiente.org.br/beaba>>

ZADEH, L.A. Fuzzy sets. **Information and Control,** 8, 388-353. 1965.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

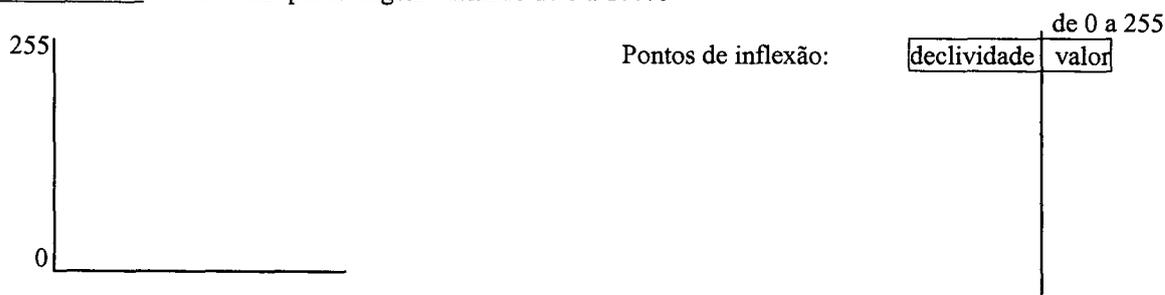
QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELOS AVALIADORES

Padronização Fuzzy: Preencher os gráficos a seguir de acordo com o comportamento dos valores, na sua opinião, em relação a influência dos mesmos na fragilidade da área em estudo.

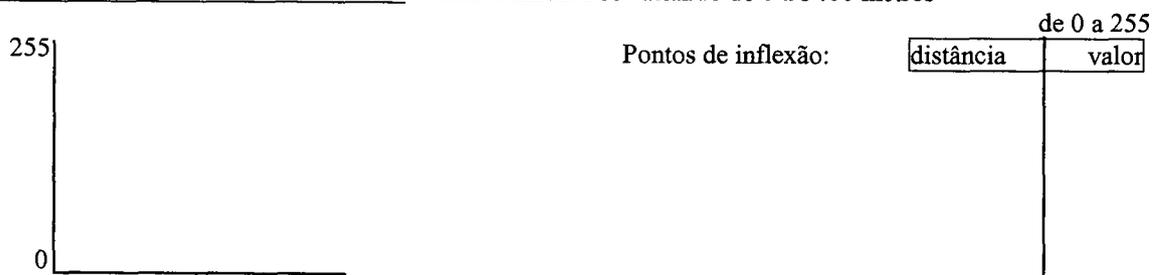
Critérios a serem considerados:

1. Alta fragilidade valores tendem a 0
Baixa fragilidade valores tendem a 255
2. Alto potencial valores tendem a 255
Baixo potencial valores tendem a 0
3. Nos fatores de distância dos recursos hídricos deverão ser consideradas as áreas de preservação permanente de mata ciliar: 30 metros para os rios, 50 metros para as nascentes e 100 metros para a represa.
4. No fator declividade deverão ser consideradas áreas de preservação permanente onde a declividade for superior a 45%.

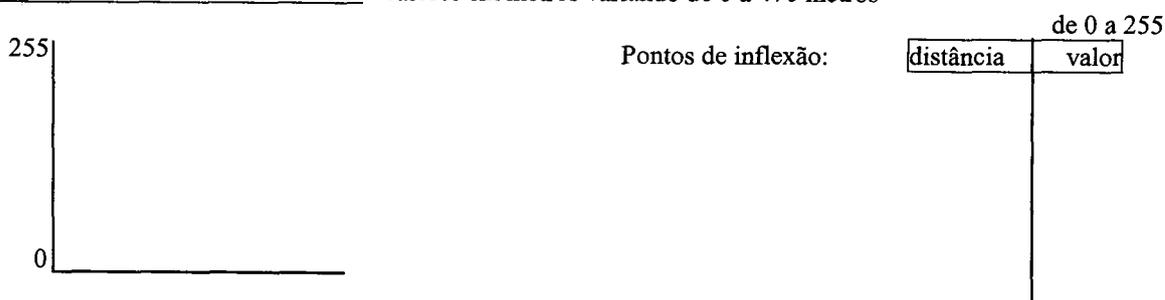
DECLIVIDADE: valores em porcentagem variando de 0 a 100%



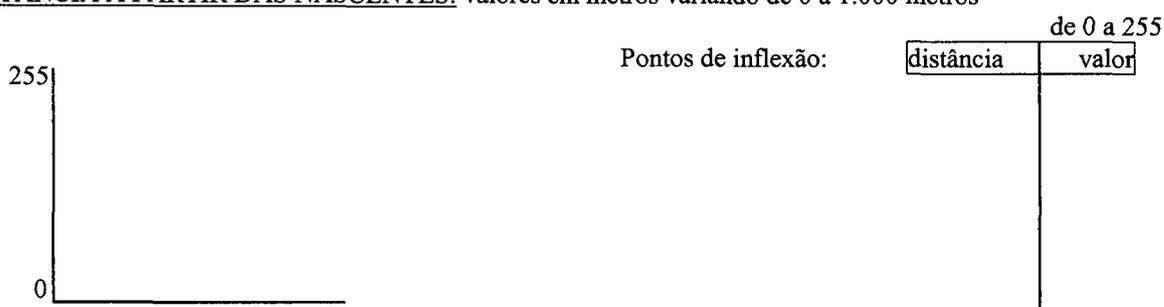
DISTÂNCIA A PARTIR DA REPRESA: valores em metros variando de 0 a 3460 metros



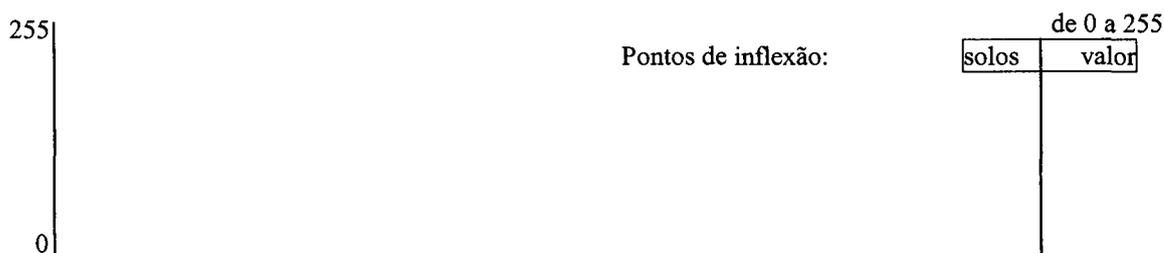
DISTÂNCIA A PARTIR DOS RIOS: valores em metros variando de 0 a 470 metros



DISTÂNCIA A PARTIR DAS NASCENTES: valores em metros variando de 0 a 1.000 metros



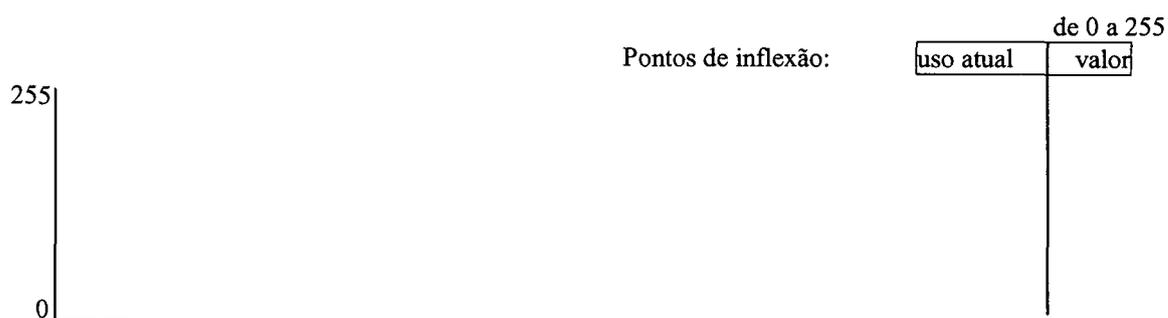
SOLOS: ordem das unidades da legenda em relação a resistência dos dos solos a erosão.



LEGENDA DO MAPA DE SOLOS:

- CXa1 - CAMBISSOLO HÁPLICO Alumínico típico, textura argilosa, pouco profundo, relevo suave ondulado
- CXa2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Alumínico típico, textura argilosa, pouco profundo, relevo ondulado
- CXa3 - CAMBISSOLO HÁPLICO Alumínico típico, textura média, raso, relevo forte ondulado
- CXbd1 - CAMBISSOLOS HÁPLICO Tb Distrófico típico, textura argilosa, relevo suave ondulado
- CXbd2 - CAMBISSOLOS HÁPLICO Tb Distrófico típico, textura argilosa, relevo ondulado
- CXbd3 - CAMBISSOLOS HÁPLICO Tb Distrófico típico, textura argilosa, relevo forte ondulado
- CXbd4 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico latossólico, textura argilosa, relevo suave ondulado
- CXbd5 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico latossólico, textura argilosa, relevo suave ondulado a ondulado
- CXbe - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, textura argilosa, relevo ondulado
- CXvd1 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, textura argilosa, relevo suave ondulado
- CXvd2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, textura argilosa, relevo ondulado
- CXvd3 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, textura média, relevo suave ondulado
- CXvd4 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, textura média, relevo suave ondulado a ondulado
- LVAd1 - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico câmbico, textura argilosa, relevo plano
- LVAd2 - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico câmbico, textura argilosa, relevo suave ondulado
- LV Ae - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico câmbico, textura argilosa, relevo suave ondulado
- LVd1 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura argilosa, relevo plano a suave ondulado
- LVd2 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico câmbico textura argilosa, relevo suave ondulado
- LVe1 - LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico câmbico, textura argilosa, relevo suave ondulado
- LVe2 - LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico câmbico, textura argilosa, relevo suave ondulado (A ausente)
- GMa - GLEISSOLO MELÂNICO Alumínico típico, textura argilosa, relevo suave ondulado
- GMd - GLEISSOLO MELÂNICO Distrófico típico, textura argilosa, relevo plano a suave ondulado
- GMe - GLEISSOLO MELÂNICO Eutrófico típico, textura argilosa, relevo plano a suave ondulado
- GXVd - GLEISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, textura argilosa, relevo suave ondulado
- OYs1 - ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico típico, textura média, relevo plano
- OYs2 - ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico terrico, textura argilosa, relevo ondulado

USO ATUAL ordem das unidades da legenda em relação ao maior ou menor grau de proteção do solo.



LEGENDA DO MAPA DE USO:

- Floresta secundária
- Capoeirinha
- Pastagem
- Erva-mate
- Área em pousio
- Horta
- Agricultura plantio direto
- Defesa vegetal / Área de pesquisa
- Banhados
- Suinocultura
- Avicultura
- Capoeira
- Reflorestamento
- Fruticultura
- Campo limpo
- Forrageiras
- Agricultura convencional
- Plantas ornamentais
- Edificações / Circulação

Comparação pareada:

Completar a tabela de comparação pareada dando pesos de importância para os fatores das linhas em relação aos das colunas utilizando os valores da tabela a seguir:

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
extremely	very strongly	strongly	moderately	equally	moderately	strongly	very strongly	extremely
Less Important				More Important				

	Declividade	Distância da represa	Distância das nascentes	Distância dos rios	Solos	Uso atual
Declividade	1					
Distância da represa		1				
Distância das nascentes			1			
Distância dos rios				1		
Solos					1	
Uso atual						1

APÊNDICE 2

QUANTIFICAÇÃO DETALHADA DOS FATORES EM RELAÇÃO A CLASSE DE FRAGILIDADE POTENCIAL

AVALIADOR 1

ANÁLISE DA PORCENTAGEM DE OCORRÊNCIA DAS CLASSES DE DECLIVIDADE EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE POTENCIAL:

	0-3%	3-6%	6-12%	12-20%	20-30%	30-50%	>50%	total
Muito alta	0.00	0.00	0.78	53.08	39.45	6.46	0.23	100.00%
alta	16.85	12.05	30.88	34.09	5.58	0.55	0.00	100.00%
média	30.74	19.48	12.42	31.84	5.00	0.51	0.01	100.00%
baixa	4.04	23.44	57.65	13.94	0.77	0.15	0.01	100.00%
muito baixa	21.76	52.80	25.26	0.18	0.00	0.00	0.00	100.00%

ANÁLISE DA PORCENTAGEM DE OCORRÊNCIA DOS SOLOS EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE POTENCIAL

	muito alta	alta	média	baixa	muito baixa
CXa1	0.00	0.00	0.17	7.60	3.91
CXa2	0.00	3.26	18.38	24.09	0.00
CXa3	19.95	40.69	2.14	0.00	0.00
CXbd1	0.00	0.00	0.84	4.61	5.39
CXbd2	0.00	0.00	6.50	5.41	1.35
CXbd3	0.00	2.42	2.58	0.01	0.00
CXbd4	0.00	0.00	0.00	0.19	1.98
CXbd5	0.00	0.00	6.08	32.69	17.04
CXbe	0.00	0.00	4.11	4.34	3.00
CXvd1	0.00	0.00	0.00	1.99	5.45
CXvd2	0.00	0.00	2.57	6.41	0.19
CXvd3	0.00	0.00	0.61	2.70	0.00
CXvd4	0.00	0.00	1.34	2.46	0.00
GMa	0.00	7.22	1.34	0.00	0.00
GMd	2.05	5.90	39.93	0.00	0.00
GMe	2.66	6.31	5.27	0.00	0.00
GXvd	0.00	3.11	6.85	0.00	0.00
LVad1	0.00	0.00	0.00	0.00	8.27
LVad2	0.00	0.00	0.00	1.81	8.19
LVAe	0.00	0.00	0.00	0.05	3.55
LVd1	0.00	0.00	0.00	0.00	11.09
LVd2	0.00	0.00	0.22	1.69	8.47
LVe1	0.00	0.00	0.00	2.32	19.13
LVe2	0.00	0.00	0.39	1.63	2.99
OYs1	0.00	21.43	0.66	0.00	0.00
OYs2	75.34	9.66	0.01	0.00	0.00
total	100%	100%	100%	100%	100%

AVALIADOR 2

ANÁLISE DA PORCENTAGEM DE OCORRÊNCIA DAS CLASSES DE DECLIVIDADE EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE POTENCIAL:

	0-3%	3-6%	6-12%	12-20%	20-30%	30-50%	>50%	total
Muito alta	0.00	0.00	0.00	0.00	2.38	91.67	5.95	100.00%
alta	0.00	0.00	0.00	48.15	45.46	6.18	0.21	100.00%
média	0.04	1.34	19.63	55.13	19.75	3.97	0.14	100.00%
baixa	4.63	12.27	42.45	37.41	3.19	0.05	0.00	100.00%
muito baixa	22.53	43.36	32.52	1.59	0.00	0.00	0.00	100.00%

ANÁLISE DA PORCENTAGEM DE OCORRÊNCIA DOS SOLOS EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE POTENCIAL

	muito alta	alta	média	baixa	muito baixa
CXa1	0.00	0.00	0.00	4.82	4.28
CXa2	0.00	0.71	9.39	21.06	9.39
CXa3	16.67	33.60	44.20	3.99	0.05
CXbd1	0.00	0.70	5.60	3.83	3.79
CXbd2	0.00	1.42	9.34	7.27	1.90
CXbd3	0.00	0.00	5.08	1.58	0.00
CXbd4	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20
CXbd5	0.00	0.00	2.39	17.78	21.29
CXbe	0.00	0.64	1.00	5.58	2.80
CXvd1	0.00	0.00	0.00	1.66	3.44
CXvd2	0.00	0.00	2.19	4.64	2.18
CXvd3	0.00	0.00	0.00	2.44	0.60
CXvd4	0.00	0.00	3.07	2.08	0.64
GMa	0.00	0.00	0.00	1.98	0.26
GMd	0.00	0.00	0.23	2.20	10.67
GMe	0.00	0.00	0.46	3.75	0.58
GXvd	0.00	0.00	0.39	3.34	0.87
LVad1	0.00	0.00	0.00	0.00	4.64
LVad2	0.00	0.00	0.52	1.56	4.56
LVAe	0.00	0.00	0.00	0.02	2.01
LVd1	0.00	0.00	0.00	0.01	6.22
LVd2	0.00	0.00	1.05	0.95	5.24
LVe1	0.00	0.00	0.00	1.08	11.36
LVe2	0.00	0.00	0.19	1.51	2.03
OYs1	0.00	0.00	0.00	5.51	0.00
OYs2	83.33	62.92	14.90	1.36	0.00
total	100%	100%	100%	100%	100%

AVALIADOR 3

ANÁLISE DA PORCENTAGEM DE OCORRÊNCIA DAS CLASSES DE DECLIVIDADE EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE POTENCIAL:

	0-3%	3-6%	6-12%	12-20%	20-30%	30-50%	>50%	total
Muito alta	0.00	0.00	0.00	55.71	37.04	6.85	0.40	100.00%
alta	38.64	26.50	14.02	16.57	3.61	0.66	0.00	100.00%
média	7.55	23.42	38.87	25.72	4.03	0.38	0.03	100.00%
baixa	15.23	38.66	38.16	7.53	0.37	0.05	0.00	100.00%
muito baixa	23.85	73.27	2.88	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00%

ANÁLISE DA PORCENTAGEM DE OCORRÊNCIA DOS SOLOS EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE POTENCIAL

	muito alta	alta	média	baixa	muito baixa
CXa1	0.00	0.00	6.86	4.06	0.00
CXa2	0.00	0.00	20.84	11.76	0.00
CXa3	0.45	14.75	4.36	0.00	0.00
CXbd1	0.00	0.70	14.46	0.00	0.00
CXbd2	0.00	0.00	6.54	3.38	0.00
CXbd3	0.00	0.17	2.38	0.00	0.00
CXbd4	0.00	0.00	0.00	1.43	0.00
CXbd5	0.00	0.00	5.71	30.09	0.00
CXbe	0.00	0.00	3.22	4.54	0.00
CXvd1	0.00	0.08	10.71	0.00	0.00
CXvd2	0.00	1.91	9.83	0.00	0.00
CXvd3	0.00	0.06	3.89	0.00	0.00
CXvd4	0.00	7.31	0.32	0.00	0.00
GMa	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00
GMd	0.00	50.75	2.64	0.00	0.00
GMe	0.00	0.73	3.54	0.00	0.00
GXvd	0.00	2.58	4.28	0.00	0.00
LVad1	0.00	0.00	0.00	5.50	0.00
LVad2	0.00	0.00	0.00	6.09	69.55
LVAe	0.00	0.00	0.00	2.39	0.00
LVd1	0.00	0.00	0.00	7.37	0.00
LVd2	0.00	0.00	0.17	6.44	30.45
LVe1	0.00	0.00	0.00	13.95	0.00
LVe2	0.00	3.00	0.25	0.00	0.00
OYs1	0.00	10.38	0.00	0.00	0.00
OYs2	99.55	5.58	0.00	0.00	0.00
total	100%	100%	100%	100%	100%

MÉDIA

ANÁLISE DA PORCENTAGEM DE OCORRÊNCIA DAS CLASSES DE DECLIVIDADE EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE POTENCIAL:

	0-3%	3-6%	6-12%	12-20%	20-30%	30-50%	>50%	total
Muito alta	0.00	0.00	0.00	0.00	40.13	58.55	1.32	100.00%
alta	0.00	0.18	7.82	58.84	30.05	3.11	0.00	100.00%
média	26.75	21.59	21.18	23.76	6.07	0.61	0.04	100.00%
baixa	8.02	26.95	48.00	16.33	0.62	0.08	0.00	100.00%
muito baixa	24.95	48.79	26.13	0.13	0.00	0.00	0.00	100.00%

ANÁLISE DA PORCENTAGEM DE OCORRÊNCIA DOS SOLOS EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE POTENCIAL

	muito alta	alta	média	baixa	muito baixa
CXa1	0.00	0.00	0.21	8.34	0.00
CXa2	0.00	0.00	7.29	22.13	0.18
CXa3	3.28	46.54	12.68	0.05	0.00
CXbd1	0.00	0.02	2.21	7.08	0.00
CXbd2	0.00	0.00	4.51	5.76	0.15
CXbd3	0.00	0.00	3.46	0.08	0.00
CXbd4	0.00	0.00	0.00	0.22	2.33
CXbd5	0.00	0.00	2.20	22.97	23.22
CXbe	0.00	0.00	1.78	4.52	3.05
CXvd1	0.00	0.02	0.15	5.64	0.00
CXvd2	0.00	0.50	2.77	4.76	0.00
CXvd3	0.00	0.00	0.79	1.80	0.00
CXvd4	0.00	0.00	2.09	1.55	0.00
GMa	0.00	0.00	4.12	0.00	0.00
GMd	0.00	0.50	31.07	5.14	0.00
GMe	0.00	0.50	5.39	0.16	0.00
GXvd	0.00	0.66	8.49	0.00	0.00
LVad1	0.00	0.00	0.00	0.00	10.40
LVad2	0.00	0.00	0.00	1.89	9.37
LVAe	0.00	0.00	0.00	0.06	4.41
LVd1	0.00	0.00	0.00	0.43	13.26
LVd2	0.00	0.00	0.09	1.57	10.17
LVe1	0.00	0.00	0.00	4.39	19.86
LVe2	0.00	0.00	0.07	1.46	3.60
OYs1	0.00	0.00	8.55	0.00	0.00
OYs2	96.72	51.26	2.08	0.00	0.00
total	100%	100%	100%	100%	100%

DISTRIBUIÇÃO LINEAR

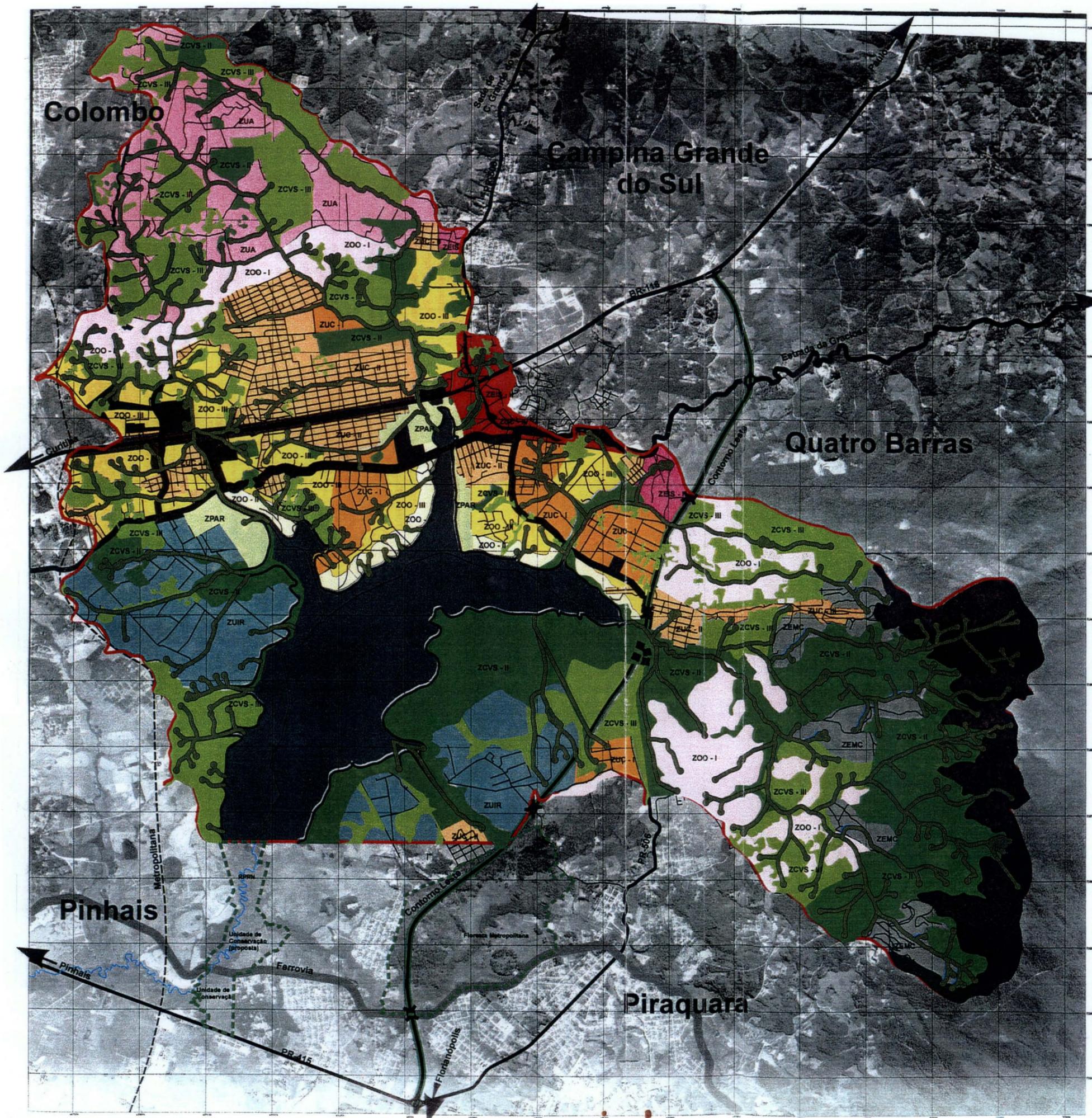
ANÁLISE DA PORCENTAGEM DE OCORRÊNCIA DAS CLASSES DE DECLIVIDADE EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE POTENCIAL:

	0-3%	3-6%	6-12%	12-20%	20-30%	30-50%	>50%	total
Muito alta	0.07	0.74	16.25	44.17	30.47	8.11	0.19	100.00%
alta	21.43	21.30	28.62	23.74	4.46	0.44	0.01	100.00%
média	16.78	31.93	36.94	12.97	1.26	0.12	0.00	100.00%
baixa	10.79	55.10	29.78	3.91	0.42	0.00	0.00	100.00%
muito baixa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%

ANÁLISE DA PORCENTAGEM DE OCORRÊNCIA DOS SOLOS EM CADA CLASSE DE FRAGILIDADE POTENCIAL

	 muito alta	 alta	 média	 baixa	 muito baixa
CXa1	0.00	4.27	3.36	9.04	0.00
CXa2	0.00	4.36	12.71	21.04	0.00
CXa3	23.97	19.00	0.00	0.00	0.00
CXbd1	0.00	9.00	3.56	0.00	0.00
CXbd2	0.00	0.40	5.13	0.00	0.00
CXbd3	0.00	0.87	0.06	0.00	0.00
CXbd4	0.00	0.00	1.17	0.00	0.00
CXbd5	0.00	4.99	20.94	26.63	0.00
CXbe	0.00	0.38	4.08	4.33	0.00
CXvd1	0.00	1.40	3.69	0.00	0.00
CXvd2	0.47	3.01	3.37	0.00	0.00
CXvd3	0.00	0.38	1.37	0.00	0.00
CXvd4	0.00	7.42	0.00	0.00	0.00
GMa	0.00	5.69	0.00	0.00	0.00
GMd	0.00	22.34	7.02	0.00	0.00
GMe	0.00	0.36	1.38	0.00	0.00
GXvd	0.00	0.31	2.05	0.00	0.00
LVad1	0.00	0.00	4.04	2.72	0.00
LVad2	0.00	0.00	2.04	19.29	0.00
LVAe	0.00	0.00	1.97	0.00	0.00
LVd1	0.00	0.00	5.66	2.30	0.00
LVd2	0.00	0.43	3.99	8.22	0.00
LVe1	0.00	0.00	10.55	6.43	0.00
LVe2	0.00	3.69	1.86	0.00	0.00
OYs1	0.00	9.73	0.00	0.00	0.00
OYs2	75.56	2.97	0.00	0.00	0.00
total	100%	100%	100%	100%	0%

ANEXO



- Áreas de Urbanização Consolidada**
- ZUC I - Zona de Urbanização Consolidada I Residencial Baixa Densidade
 - ZUC II - Zona de Urbanização Consolidada II Residencial Média Densidade
 - ZUC III - Zona de Urbanização Consolidada III Borda do Campo
 - ZUC IV - Zona de Urbanização Consolidada IV Central
- Áreas de Ocupação Orientada**
- ZOO I - Zona de Ocupação Orientada I
 - ZOO II - Zona de Ocupação Orientada II
 - ZOO III - Zona de Ocupação Orientada III
 - CEUT - Corredor Especial de Uso Turístico
 - CICS - Corredor Especial de Indústria, Comércio e Serviços
 - ZEIS I - Zona Especial de Indústria e Serviço I
 - ZEIS II - Zona Especial de Indústria e Serviço II
- Áreas de Restrição à Ocupação**
- ZCVS I - Zona de Conservação da Vida Silvestre I
 - ZCVS II - Zona de Conservação da Vida Silvestre II
 - ZCVS III - Zona de Conservação da Vida Silvestre III
 - ZPFV - Zona de Preservação de Fundo de Vale
 - ZREP - Zona da Represa
 - ZPRE - Zona de Preservação da Represa
 - ZPAR - Zona de Parques
 - ZUIR - Zona de Uso Institucional Restrito
 - ZEMC - Zona de Extração Mineral Controlada
 - ZCAI - Zona de Controle Ambiental Intensivo
- Áreas Rurais**
- ZUA - Zona de Uso Agropecuário
- 0 10.000 m. 20.000 m.