



Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG

Annelissa G. Donha¹, Luiz C. de P. Souza¹ & Maria L. Sugamoto¹

RESUMO

O trabalho objetivou determinar a fragilidade ambiental de uma área no município de Pinhais, região metropolitana de Curitiba, utilizando-se a técnica de avaliação por múltiplos critérios, presente no SIG Idrisi 32. Depois de gerados os mapas de classes de declividade, distância a partir dos rios, distância a partir das nascentes, distância a partir da represa, solos e uso atual, foram atribuídos pesos de importância para cada um dos fatores e através de Combinação Linear Ponderada geradas imagens de fragilidade potencial e emergente. Os mapas gerados com valores entre 0 e 255, foram classificados em 5 intervalos, cada um representando uma classe de fragilidade, sendo elas: muito alta, alta, média, baixa e muito baixa. A avaliação dos resultados se deu a partir de uma tabulação cruzada entre os mapas de fragilidade e cada um dos fatores utilizados, tendo-se concluído que a metodologia obteve bons resultados, pois se observaram a ocorrência dos 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 alta e os solos de menor fragilidade, as menores declividades e a proximidade menor dos recursos hídricos nas classes de fragilidade mais baixa.

Palavras-chave: geoprocessamento, cruzamento de mapas, vulnerabilidade

Environmental fragility determination using decision support techniques and GIS

ABSTRACT

The work had the objective to determine the environmental fragility of an area in the municipal district of Pinhais, metropolitan area of Curitiba, using the multiple criteria evaluation technique present in the GIS Idrisi 32. After having generated the maps of slope, distance from the rivers, springs and reservoir, soils and current land use, weights of importance were assigned to each one of the factors, and through Weighted Linear Combination images of potential and emerging fragility were generated. The generated maps with values varying between 0 and 255, were classified into five classes each one representing very high, high, medium, low and very low fragility class. The evaluation of the results was made by a crossed tabulation between the fragility maps and each one of the used factors, concluding that the methodology provided good results, because it was observed the occurrence of the soils of larger fragility, the slope with larger degree of influence in the erosive processes and the proximity to the water resources in the higher fragility classes and the soils of smaller fragility, the smaller slope and lesser proximity of the water resources in the lower fragility classes.

Key words: geoprocessing, map overlay, vulnerability

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico, científico e econômico das sociedades humanas contribuí, indubitavelmente, com o avanço da exploração dos recursos naturais. Em função disto, torna-se cada vez mais urgente o planejamento físico territorial, não só com enfoque socioeconômico mas, também, ambiental, levando-se 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 eles: solos, relevo, geologia, água, clima e vegetação; na análise da fragilidade, esses componentes devem ser avaliados de maneira integrada, considerando-se sempre as intervenções antrópicas modificadoras dos ambientes naturais. 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 e distância dos recursos hídricos, 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). De acordo com 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 a apropriação do território e de seus recursos.

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; Este cenário identifica os dados básicos que permitam conduzir a análise dos recursos e avaliação, de modo a prover informações para o planejamento. Segundo Maximiliano (1996), os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), 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. Pivello et al. (1999) geraram uma base de dados digital no SIG Idrisi for Windows v. 2.0, para a Reserva do Cerrado Pé-de-Gigante, SP que, através do cruzamento de informações de 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.

A tecnologia SIG tem sido usada por vários setores que tratam da questão ambiental como importante ferramenta para o planejamento ambiental, pois a avaliação integrada de um grande número de variáveis se torna 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, visto que possibilita novas interações a qualquer momento.

De acordo com Eastman (1998), apesar dos sistemas de apoio à decisão serem 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; trata-se de módulos que incorporam o erro no processo, ajudam na construção de mapas de aptidão através de critérios múltiplos e atendem a decisões sobre localização, quando objetivos múltiplos estão envolvidos.

A região metropolitana de Curitiba possui várias Áreas de Proteção Ambiental (APA), 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 Canguiri (CEEC), está inserida na APA do Iraí, e foi escolhida devido à necessidade de adaptação das práticas de uso do solo da região à nova legislação – Decreto Lei n. 2200, de 13 de junho de 2000 (Paraná, 2000), pois o uso agropecuário provoca erosão no solo e, como efeito secundário adverso, os solos erodidos levam para os rios os pesticidas e fertilizantes aplicados nas terras agrícolas, pondo em risco a qualidade da água do reservatório.

Assim, este trabalho teve por objetivo determinar a fragilidade ambiental da área do CEEC através da técnica de avaliação por múltiplos critérios presentes no SIG Idrisi 32, além de analisar os resultados obtidos a partir de uma tabulação cruzada entre as classes de fragilidade e os fatores utilizados na análise.

MATERIAL E MÉTODOS

A área do CEEC está localizada no Município de Pinhais, região metropolitana de Curitiba, PR; ocupa uma área de aproximadamente 430 ha, entre as coordenadas 686.000 m e 691.000 m W, e 7.188.000 m e 7.192.000 m S no sistema UTM, Fuso 22 sul, Meridiano Central 51° 00' 00".

Todas as informações cartográficas necessárias foram preparadas em ambiente de geoprocessamento, com informações georreferenciadas, utilizando-se o programa Idrisi 32. De acordo com Eastman (1998), o software Idrisi 32 inclui vários módulos especialmente desenvolvidos para auxiliar no processo de tomada de decisão. São módulos que ajudam na construção de mapas de potencial através de critérios múltiplos e atendem a decisões sobre localização quando objetivos múltiplos estão envolvidos. Foram gerados os mapas de classes de declividade, solos, distância a partir dos rios, distância a partir das nascentes, distância a partir da represa e uso atual (Figura 1).

Para tornar possível a integração desses mapas, foi necessário fazer a sua padronização, de maneira que ficassem em uma mesma escala de valores. Esta padronização se deu através do comando Fuzzy, no qual há a possibilidade de se criar uma curva que represente a variação dos valores de cada fator em função da sua influência na fragilidade da área. Durante este processo é feito o redimensionamento das imagens no espaço de 256 níveis, utilizando-se os

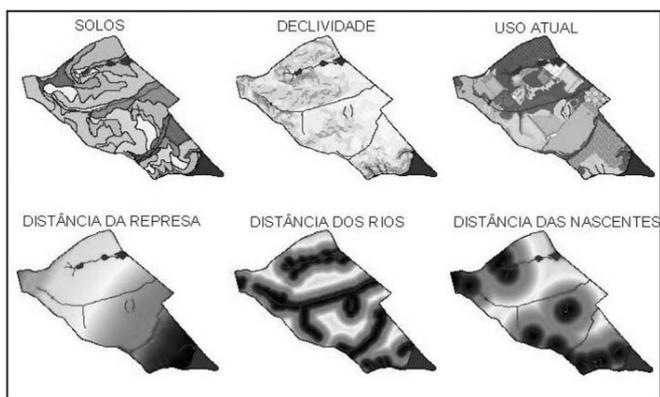


Figura 1. Fatores utilizados na análise da fragilidade ambiental da área de estudo

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. De acordo com Chen et al. (2001), 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. Para Burrough et al. (1992), a aproximação Fuzzy é claramente mais flexível que os métodos Booleanos para análise de aptidão das terras, porque a interseção Booleana aceita apenas intervalos rígidos e muitas áreas são rejeitadas. A classificação Fuzzy de uma variável contínua é claramente a melhor aproximação da realidade que a classificação Booleana rígida.

Após a padronização atribuíram-se pesos de importância a cada um dos fatores da análise, através de uma comparação pareada, como mostra a Tabela 1; esses pesos, assim como os critérios adotados na padronização Fuzzy dos fatores, foram obtidos através de entrevistas com especialistas na área de solos, conservação e meio ambiente. Optou-se pela média entre os valores atribuídos pelos avaliadores para eliminar ou reduzir valores discrepantes devido às diferentes opiniões e, ao mesmo tempo, dar um caráter interdisciplinar à avaliação.

Para a geração dos mapas de fragilidade ambiental da área em estudo, utilizou-se a metodologia de classificação por múltiplos critérios, denominada Combinação Linear Ponderada, existente no módulo de suporte à decisão do software Idrisi 32, na rotina MCE (Multi Criteria Evaluation). 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 que uma simples análise Booleana, como mostra a Figura 2. 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 (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 esses 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 ponderada 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 características da lógica Booleana.

Foram gerados mapas de fragilidade potencial e fragilidade emergente, com base na metodologia proposta por Ross (1994), com algumas adaptações, como a introdução dos fatores de distância dos recursos hídricos, onde foi utilizada Lei n. 4.771/65, que institui o novo Código Florestal. O mapa de fragilidade potencial foi resultado da integração dos mapas de solo, declividade e distância dos recursos hídricos, e, para a geração do mapa de fragilidade emergente, foi adicionado o mapa de uso atual na integração.

Tabela 1. Comparação pareada entre os fatores e os pesos calculados

Parâmetros para comparação pareada									
1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
extremamente	Muito fortemente	fortemente	moderadamente	igualmente	moderadamente	fortemente	Muito fortemente	extremamente	
Menos Importante					Mais Importante				
Fatores	Comparação Pareada						Pesos de Importância Calculados		
	Declividade	Distância da represa	Distância das nascentes	Distância dos rios	Solos	Uso atual	Potencial	Emergente	
Declividade	1	-	-	-	-	-	0,3409	0,1682	
Distância da represa	1/2	1	-	-	-	-	0,1262	0,0578	
Distância das nascentes	1/5	1	1	-	-	-	0,0806	0,0562	
Distância dos rios	1/3	1	1	1	-	-	0,1039	0,0523	
Solos	1	2	5	3	1	-	0,3485	0,1573	
Uso atual	4	7	7	7	5	1	-	0,5082	

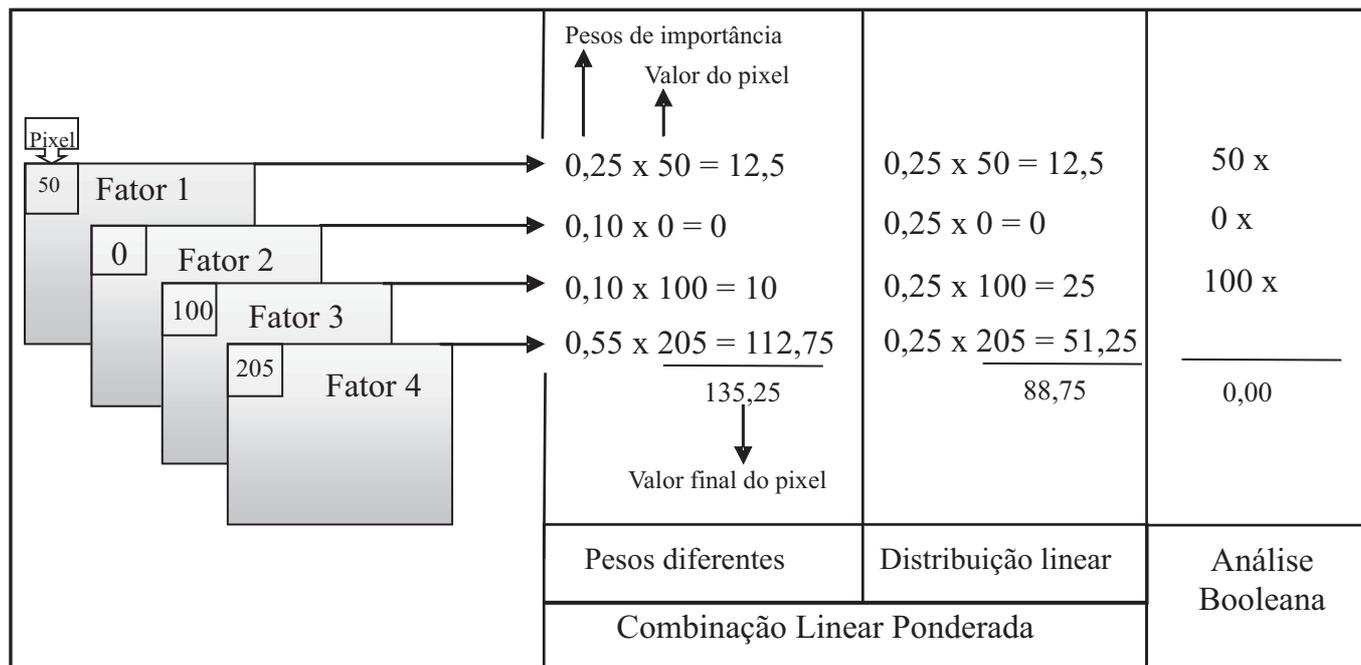


Figura 2. Exemplo do cálculo realizado pelo programa no MCE e na Análise Booleana

Os mapas gerados, com valores variando entre 0 e 255, foram classificados em 5 intervalos, cada um representando uma classe de fragilidade, sendo elas: muito alta, alta, média, baixa e muito baixa. Os valores dos intervalos utilizados para a classificação foram obtidos através da análise do histograma de cada imagem e podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2. Intervalos obtidos dos histogramas para classificação das imagens de fragilidade

Classes de Fragilidade	Valores dos Intervalos
Muito alta	0 - 50
Alta	50 - 100
Média	100 - 150
Baixa	150 - 200
Muito baixa	200 - 255

Com uma tabulação cruzada entre os mapas de fragilidade (potencial e emergente) e cada um dos fatores envolvidos na análise (solos, declividade, distância dos recursos hídricos) foi possível fazer uma análise dos resultados obtidos e avaliar a técnica de classificação por múltiplos critérios na determinação da fragilidade, podendo-se verificar quais os tipos de solo e declividade ocorreram dentro de cada classe de fragilidade potencial e quais os tipos de cobertura do solo ocorreram em cada classe de fragilidade emergente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fragilidade potencial

A Tabela 3 mostra a quantificação das áreas do mapa de fragilidade potencial (Figura 3) gerado. Nota-se que 80,28%

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

Tabela 3. Quantificação do mapa de fragilidade potencial

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

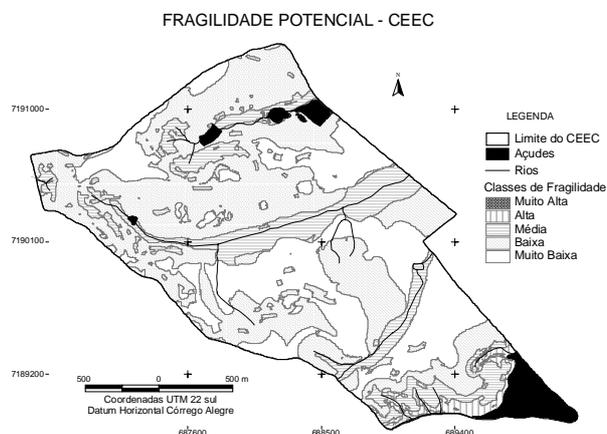


Figura 3. Mapa de fragilidade potencial para a área de estudo

Analisando-se os resultados obtidos com o cruzamento deste mapa com cada um dos fatores, como mostra a Tabela 4, percebe-se que na classe de fragilidade potencial muito alta as declividades mais expressivas são de 20 a 30%, ocupando 58,55% da área desta classe e a de 30 a 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 desta classe ocorre o organossolo méxico em relevo ondulado que, de acordo com Ross (1994) se enquadra na classe de fragilidade ou erodibilidade muito forte. Em relação à distância das nascentes, percebe-se que a porcentagem de área dentro de APP (Área de Proteção Permanente), 10,52%, é maior que nas outras classes de fragilidade. Para a distância da represa 93,41% da área desta classe se encontram localizados a menos de 200 m da represa, e, em relação à distância dos rios, 100% da área estão a menos de 130 m dos rios, evidenciando, portanto, a maior fragilidade das áreas próximo aos recursos hídricos.

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. Essas declividades ocorrem associadas ao organossolo méxico 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. Esses solos são considerados por Ross (1994) como de fragilidade ou erodibilidade forte e muito forte, respectivamente. Em relação à distância das nascentes, nota-se que 6,67% da área se encontram dentro da APP das nascentes; em relação à distância da represa, 45,50% da área desta classe estão dentro da APP de 100 m a partir da represa; e referente à distância dos rios, a maior parte da área, 91,63%, se encontra a menos de 130 m 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 classes 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, de acordo com os valores propostos por Ross (1994) o grau de influência nos processos erosivos para estas classes de declividade variam de muito fraco a médio. As declividades com grau de influência muito fraco (0 a 6%) que ocorrem nesta classe de fragilidade encontram-se associadas a solos de fragilidade muito alta, 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. Referente à distância das nascentes, a porcentagem de áreas dentro da APP das nascentes é um pouco maior que na classe de fragilidade alta, indicando que outros fatores tiveram influência maior na determinação dessas áreas. Em relação à distância das nascentes, a maior parte da área (92,02%) se encontra em distâncias superiores a 200 m da represa e, no que diz respeito à distância dos rios, a maior parte da área (56,74%) se encontra na área adjacente à APP dos rios e 37,54% da área desta classe estão em 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 à distância das nascentes, nota-se que a porcentagem de ocorrência de áreas dentro da APP é bem menor que nas classes de fragilidade anteriores, sendo de apenas 1,97%. No que se refere à distância da represa, 99,02% da área estão a mais de 200 m da represa; e em relação à distância dos rios a maior parte da área, 92,48%, está fora da APP dos rios, sendo que 51,98% se encontra além dos 100 m adjacentes a APP.

Tabela 4. Ocorrência dos fatores em cada classe de fragilidade potencial

Classes de Fragilidade	Declividade		Distância das Nascentes		Distância da Represa			Distância dos 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 baixa as declividades mais expressivas são a praticamente plana (0 a 3%), ocorrendo em 24,95% da área, a suave ondulada (3 a 6%), verificada 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 mais distantes dos recursos hídricos. Em relação a distância das nascentes 100% da área encontra-se fora dos 50 m de APP. No que diz respeito à distância da represa, não ocorrem áreas dentro dos 100 m de APP nem nos 100 m adjacentes a estes, estando 100% da área em distâncias superiores a 200 m; tem-se, finalmente, em relação à distância dos rios, que a maior parte da área, representada por 76,68%, está a mais de 130 m dos rios.

Fragilidade emergente

Os dados da Tabela 5 mostram a quantificação das áreas do mapa de fragilidade emergente (Figura 4) gerado. Nota-se que 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 6; tem-se em seguida a classe de fragilidade média, com 61,86 ha ou 14,48%, e a classe alta, com 12,56 ha ou 2,94%.

Analisando-se os resultados obtidos com o cruzamento deste mapa com o mapa de uso atual, como mostra a Tabela 6, percebe-se que 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. Em relação às classes de uso do solo do CEEC, as que aparecem nesta classe de fragilidade emergente, são realmente as que causam maior impacto ambiental.

Na classe de fragilidade média ocorrem principalmente áreas de agricultura convencional, pesquisa, plantas ornamentais e edificações e circulação. Aparecem ainda 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

Tabela 5. Quantificação das classes do mapa de fragilidade emergente

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

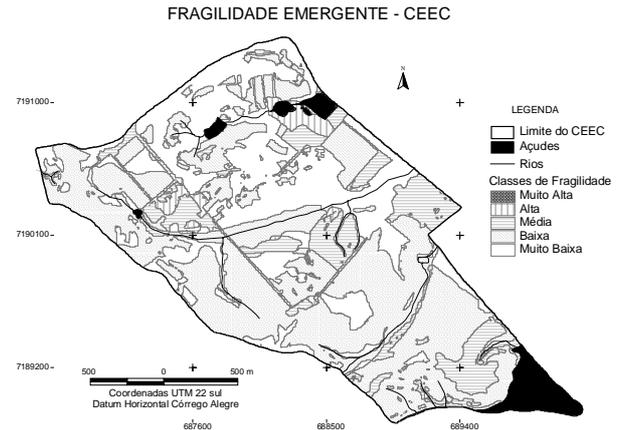


Figura 4. Mapa de fragilidade emergente da área de estudo

Tabela 6. Quantificação das classes de uso do solo em cada classe de fragilidade emergente

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
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	

capoeira com 10,56% e, em menor proporção, áreas de campo, reflorestamento, pousio, fruticultura, mata secundária, forrageiras, erva-mate e capoeirinha. Essas classes de uso do solo são menos impactantes que as que aparecem nas classes de fragilidade emergente média e alta e, portanto, a contribuição para o aumento da fragilidade é pequena.

Na classe de fragilidade muito baixa ocorrem apenas as classes de uso do solo pouco impactantes, fazendo com que áreas de fragilidade potencial média e baixa sejam enquadradas nesta classe de fragilidade emergente, pois o uso atual está protegendo a área. Assim, aparecem áreas de mata secundária, representando 53,54% da área da classe, seguida de capoeira e pastagem, que somam 27,47% e, em menor proporção, surgem reflorestamento, campo, capoeirinha, erva-mate, pousio e fruticultura.

CONCLUSÕES

1. Em relação à análise da fragilidade da área em estudo, pode-se concluir que a maior parte da área do Centro de Estações Experimentais do Canguiri (C.E.E.C.) foi enquadrada na classe de fragilidade potencial baixa e fragilidade emergente baixa.

2. Observou-se ocorrência dos solos de maior fragilidade, declividades com maior grau de influência nos processos erosivos e maior proximidade dos recursos hídricos nas classes de fragilidade mais altas, e solos de menor fragilidade, menores declividade e a proximidade menor dos recursos hídricos nas classes de fragilidade mais baixa.

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

4. A técnica de análise por múltiplos critérios presente no módulo de suporte à decisão do programa Idrisi 32 mostrou-se eficiente na análise e geração das imagens de fragilidade, através da metodologia proposta por Ross (1994).

5. O uso desta tecnologia não elimina a necessidade de profissionais qualificados mas simplifica a manipulação dos dados, reduzindo o tempo necessário para a conclusão do

trabalho possibilitando, no futuro, uma rápida atualização desses dados.

LITERATURA CITADA

- Burrough, P. A.; MacMillan P. A.; van Deursen W. Fuzzy classification methods for determining land suitability from soil profile observation and topography. *Journal of Soil Science*, Reading, v.43, n.2, p.193-210, 1992.
- Chen K.; Blong R.; Jacobson C. MCE-RISK: integrating multicriteria evaluating in natural hazards. *Environmental Modelling & Software*, v.16, n.4, p.387-397, 2001.
- Brasil. Lei 4.771/65. O Código Florestal Brasileiro. Brasília: 1965.
- Eastman, J. R. Idrisi for Windows: Manual do usuário. Porto Alegre: UFRS, 1998.
- Maximiniano, G. A. Bacia do Rio Pato Branco: ensaio cartográfico para análise da fragilidade do meio físico com uso de geoprocessamento. São Paulo: USP, 1996. Dissertação Mestrado
- Meirelles S. Análise integrada do ambiente através de geoprocessamento – uma proposta metodológica para elaboração de zoneamentos. Rio de Janeiro: IGEO/UFRJ, 1997. 192p. Tese Doutorado
- Paraná. Decreto Lei n. 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. 690p.
- Pivello, V. R.; Bitencourt, M. D.; Mantovani, W.; Mesquita Jr., H. N.; Batalha, M. A. 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.
- Ross, J. L. S. Geomorfologia, ambiente e planejamento. São Paulo: Contexto, 1990. 88p.
- Ross, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. In: *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, n.8, p.3-74, 1994.