

## O Método de Avaliação da Intensidade de Transformação Antrópica e as Possibilidades da sua Aplicação na Gestão Ambiental

Geog. Eugenia Karnaukhova <sup>1</sup>  
Prof. Dr. Carlos Loch <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Doutoranda - UFSC - CTC - PPGEC - LFSRG  
Fone (048) 3337901 - Fax (048) 3319770  
88036-330 Florianópolis SC  
✉ [genikar@bol.com.br](mailto:genikar@bol.com.br)

<sup>2</sup> Prof. Dr. / Orientador - Departamento de  
Engenharia Civil / UFSC - PPGEC - LFSRG  
Fone (048) 3317049 - Fax (048) 3319770  
88036-330 Florianópolis SC  
✉ [loch@ecv.ufsc.br](mailto:loch@ecv.ufsc.br)

<b>Conteúdo</b>	<p><b>1 Introdução</b></p> <p><b>2 O Grau de Transformação Antrópica da Paisagem</b></p> <p><b>3 Procedimentos Metodológicos</b></p> <p style="padding-left: 20px;"><b>3.1 Geoprocessamento e a Cartografia</b></p> <p style="padding-left: 20px;"><b>3.2 As unidades da paisagem</b></p> <p style="padding-left: 20px;"><b>3.3 O Mapa de Uso/cobertura do Solo</b></p> <p><b>4 Área de Estudo</b></p> <p><b>5 Mapa da Intensidade de Transformação Antrópica da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita.</b></p> <p><b>6 Conclusões e Recomendações</b></p> <p><b>7 Referências Bibliográficas</b></p>
-----------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Resumo:** O artigo refere-se à metodologia e análise do índice de avaliação de transformação antrópica das paisagens. Pesquisa realizada no âmbito da dissertação de mestrado desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Para o ensaio do método de avaliação do grau de transformação antrópica da paisagem foi selecionada a área da bacia hidrográfica do rio Fiorita, Município de Siderópolis, Estado de Santa Catarina, com uma superfície de 57,4 km<sup>2</sup>. É uma área que está intensamente afetada pela indústria de mineração de carvão. O trabalho enquadra a problemática de utilização e processamento das imagens fotográficas e digitais na análise ambiental, como também, uma ênfase especial é dado à problemática do uso da Cartografia Ambiental, discutida cada vez mais no âmbito dos estudos ambientais, visto a sua importância efetiva quanto a utilização dos resultados das investigações.

**Palavras chave:** Estudos Ambientais Sistêmicos, Sensoriamento Remoto, Cartografia Ambiental.

### 1 Introdução

O desenvolvimento das pesquisas ambientais geossistêmicas nas áreas de mineração representa ainda um desafio em vários aspectos, que vão desde a ausência de dados básicos do meio físico até à falta de dados sistemáticos sobre as consequências ambientais da mineração em cada fase desenvolvida no processo.

A utilização das ciências fundamentais para o monitoramento, prevenção e gestão das áreas de tensão ecológica resultantes da atividade de mineração ainda é um privilégio de poucos países desenvolvidos. Situação essa que desenvolve uma positiva, porém lenta, tendência de evolução através da inclusão de custos ambientais nos custos finais de produção do carvão.

O impacto negativo poderoso e devastador da mineração à céu aberto torna freqüentemente latentes outros processos ecologicamente desfavoráveis, resultantes das distintas atividades antrópicas locais. O processo de mineração, contudo, é um processo finito e vários dos seus impactos, se forem devidamente tratados como mostram as experiências internacionais, podem ser reversíveis. A situação real nas regiões que contemplam as atividades de mineração, e onde a Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita não faz exceção, agrava-se muito mais do que é possível de prever devido os impactos ambientais cumulativos de todo um conjunto de atividades humanas presentes durante um tempo histórico muito amplo, e onde a mineração freqüentemente mostra-se como um fator-catalizador da degradação ambiental até então paulatina e lenta.

A análise sistêmica da evolução de usos do solo e a avaliação espacial da situação ambiental na área de estudo, resultantes da aplicação do método proposto no presente trabalho, confirmam essa tese.

### 2 O Grau de Transformação Antrópica da Paisagem

A diversidade de tipos de exploração da terra, a utilização de diversas tecnologias proporcionam a formação de novas propriedades funcionais das paisagens contemporâneas. Os mesmos condicionam uma determinada intensidade ou grau de sua transformação,

que pode ser definido com o emprego da metodologia a seguir. Para cada um dos tipos de cobertura do solo identificados em cada uma das unidades da paisagem encontradas atribui-se um "**gradiente**" de transformação antrópica (Tabela 1). Com uso dos materiais cartográficos, das imagens de sensoriamento remoto, das fotografias aéreas definem-se as áreas ocupadas por determinados tipos de uso (e/ou cobertura) de solo em cada uma das unidades da paisagem. Para que a profundidade de transformação da paisagem possa ser considerada no cálculo do índice de transformação antrópica e para cada um dos tipos identificados de exploração determinou-se experimentalmente com o apoio de trabalhos de campo um "peso", atribuindo-se-lhe os valores graduais em função das características de transformação que apresentam (Tabela 1.).

O grau de transformação antrópica das paisagens é determinado pela fórmula seguinte (Shishenco, 1988: 41):

$$K_{ant} = \frac{\sum (r_i \cdot p_i \cdot q_i) \cdot n}{100} \quad (1)$$

$K_{ant}$  - coeficiente de transformação antrópica;

$r_i$  - gradiente de transformação pelo tipo  $i$  de exploração;

$q_i$  - parte da superfície (%) que este tipo de exploração ocupa em cada unidade discriminada da paisagem;

$p_i$  - indicador de profundidade de transformação das paisagens;

$n$  - quantidade de áreas com o mesmo uso de solo nos limites de cada unidade da paisagem.

A divisão por 100 é utilizada para facilitar o uso dos valores do coeficiente, que devem caracterizar a seguinte regularidade: *do que maior é a área de um tipo de exploração e quanto mais alto for o seu indicador de profundidade de transformação maior será o grau de transformação antrópica da unidade da paisagem e da região como um todo* (Shishenko, 1988).

**Tabela 1:** Tipos de Cobertura de Solo Identificados na Bacia Hidrográfica do rio Fiorita e o Gradiente da Transformação Antrópica da Paisagem.

Tipos do uso / Cobertura Do Solo	Gradiente da Transformação Antrópica	Peso da Profundidade da Transformação
<b>I. VEGETAÇÃO NATIVA SECUNDÁRIA</b>		
I.1. Capoeirão	1	1.05
I.2. Aglomerados de árvores	3	1.1
<b>II. FLORESTA PLANTADA</b>		
II.1. Eucalipto	3	1.2
II.2. Eucalipto e vegetação nativa	4	1.15
<b>III. VEGETAÇÃO EM ÁREAS DE MINERAÇÃO</b>		
III.1. Plantações de eucalipto e/ou bracatinga	6	1.4
III.2. Diversos estágios de regeneração espontânea e eucalipto jovem	10	1.4
III.3. Eucalipto sobre estéril	10	1.4
III.4. Capoeira	6	1.05
<b>IV. CLASSES TECNOGÊNICAS DA COBERTURA DO SOLO</b>		
IV.1. Agropecuária: pastagens, cultivos diversos, incluindo pomares e jardins	6	1.2
IV.2. Pastagem suja: solo abandonado com provável uso agropecuário	6	1.2
IV.3. Terreno exposto: rocha ou solo exposto, terra arada	6	1.25
IV.4. Área sobre a mineração com rejeitos e estéril	7	1.3
IV.5. Estéril aplanado	10	1.5
IV.6. Estéril com ou sem cobertura herbácea	10	1.5
IV.7. Rejeitos de carvão	10	1.5
IV.8. Áreas urbanas e de infra-estruturas	8	1.35

A diversidade dos valores do coeficiente permitiu construir uma *escala de transformação* das paisagens:

**até 5,5 - pouco transformadas;**

**5,51 -9,50 - transformadas moderadamente;**

**9,51 - 20,50 - transformadas intensamente;**

**20,51 - 35,50 - super transformadas;**

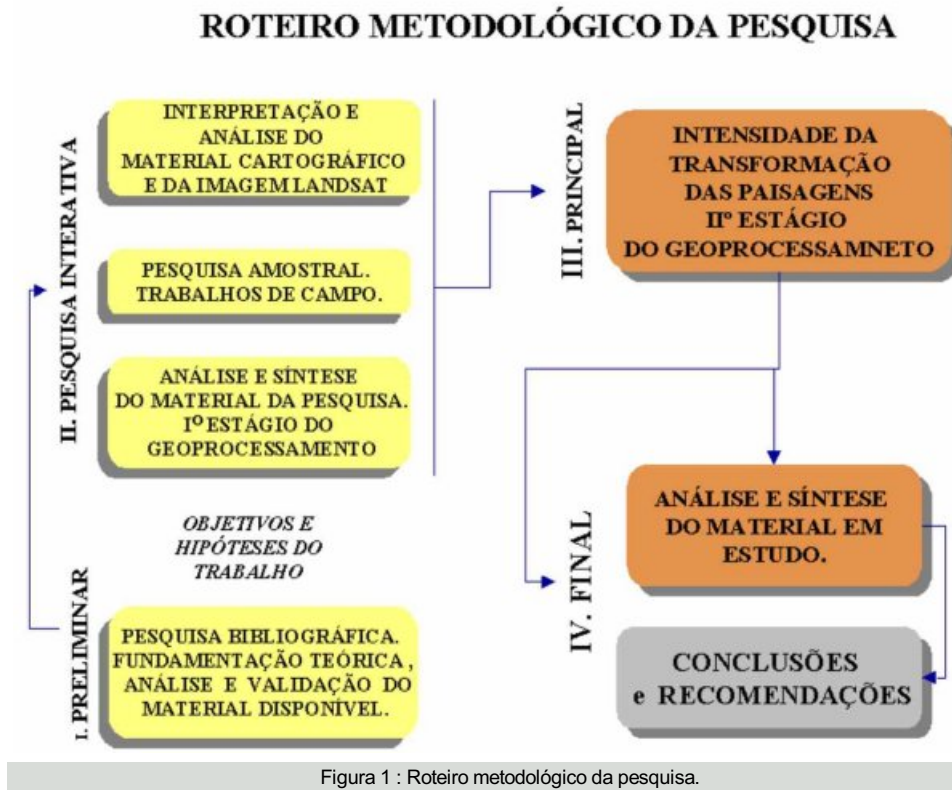
**35,51 - 80,50 - removidas e compensadas;**

**80,51 - substituídas pelas unidades tecnogênicas, destruídas, bedland.**

e fixar os resultados da pesquisa no mapa de intensidade de transformação Antrópica das paisagens.

### 3 Procedimentos Metodológicos

Os princípios metodológicos e os métodos da pesquisa baseiam-se nos fundamentos da análise sistêmica de fatores e componentes ambientais e da síntese de informação com principal ênfase para o método cartográfico e associados à este métodos de avaliação quantitativa e qualitativa das paisagens e as técnicas de interpretação das imagens de sensoriamento remoto.



Para a execução desta metodologia várias etapas foram percorridas, conforme o fluxograma na Figura 1.

A segunda etapa da pesquisa posterior à pesquisa bibliográfica e das fontes primárias de informação contou com o emprego de material e técnicas descritas no ponto a seguir. A distinção, classificação das unidades da paisagem constituem a base da análise geoambiental (Mateo et al., 1995). O processo de identificação das unidades deve demonstrar a regularidade da gênese e do desenvolvimento, bem como as suas diferenciações. O Mapa das Unidades da Paisagem da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita, na escala 1:20 000 é um reflexo gráfico das paisagens. A diferenciação funcional e as propriedades funcionais das paisagens diz respeito à sua carga antrópica atual que foi interpolada a partir dos dados provenientes da imagem satélite e do levantamento dos dados do campo.

A terceira etapa da pesquisa pretendeu o diagnóstico complexo da situação ambiental da área de estudo, segundo o método posteriormente descrito, resultando-se (etapa IV) em recomendações para a reorganização geoambiental e a avaliação do potencial do método utilizado no âmbito das pesquisas aplicas à gestão ambiental nas áreas de mineração.

#### 3.1 Geoprocessamento e a Cartografia

Podemos definir o geoprocessamento como um conjunto de procedimentos computacionais, que operando sobre bases de dados geocodificados executa análises, transformações e sínteses de dados geoambientais, tornando-os manipuláveis em um sistema de processamento automático (Silva et al., 1988).

A utilização da metodologia de geoprocessamento na pesquisa ambiental proporciona uma economia de tempo e trabalho exaustivo da transformação de um grande volume de dados e o maior rigor das análises. A aplicação do geoprocessamento na respectiva pesquisa consistiu:

1. na reedição em *layers* da **Base Cartográfica Digital** na escala 1: 20 000, restituída para o Projeto JICA (1996) da área da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita e geração do **Mapa Topográfico da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita 1:20 000**; a área da bacia entre as coordenadas de 6834 e 6832 km N e 649 e 653 km E (UTM – FS 22) foi digitalizada em mesa a partir da Folha Criciúma, Mapeamento Sistemático 1:50 000 (1978) (*Software MicroStation SE*);
2. no processamento e reedição dos arquivos vetoriais, resultantes da classificação automática das imagens landsat 5 TM/1996 com posterior geração do **Mapa de Uso/Cobertura do Solo 1:50 000** (*Programa MicroStation SE*);
3. digitalização e edição do **Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita 1:50 000** (*Programa MicroStation SE*);
4. na geração dos arquivos vetoriais de **Hidrografia**, de distribuição espacial de **Declividades** e faixas das **Hipsométricas** da BHF (todos na Escala de 1:20 000), como também no cruzamento de ambos com o **Mapa Geológico** obtendo-se o **Mapa de**

**Unidades Físico-Geográficas da Paisagem da BHF** (ao nível de sub-localidades) (1:50 000). Programas *MicroStation SE*, *Geopak* e *MicroStation GeoGraphics*, ferramenta *Topology Analysis*.

5. na sobreposição dos **Mapas** gerados do **Uso/cobertura do Solo** e das **Unidades Físico-Geográficas da Paisagem** e no cálculo do índice de transformação antrópica das mesmas (Programas *MicroStation SE* e *MicroStation GeoGraphics*).
6. na extrapolação da distribuição espacial do índice de transformação da paisagem e criação e edição do **Mapa do Grau de Transformação Antrópica** Escala: 1:50 000. Programa *MicroStation GeoGraphics*.

Como material auxiliar foram utilizadas as fotografias aéreas Projeto JICA (1996) na escala nominal 1:30 000; trabalhos de campo; geração do modelo digital do terreno (programa *Surfer*).

### 3.2 As unidades da paisagem

A distinção, classificação e o mapeamento das unidades das paisagens constituem base da análise ambiental geossistêmica. O processo de identificação das unidades deve demonstrar a regularidade de gênese e desenvolvimento bem como as suas diferenciações (Kirkbly, 1996; Petrov, 1992; Rodrigues, 1995; Passos, 1991; Silva, 1988).

O mapa das unidades da paisagem na escala 1:50 000 (1:20 000) representa um reflexo gráfico das paisagens predominantes na BHF, tendo em conta que o inventário completo das paisagens não representam os objetivos desta pesquisa e que a escala reduzida da cartografia não dá possibilidade de diferenciação mais ampla das unidades, sobretudo das regularidades dessas diferenciações. O sistema selecionado de unidades taxonômicas representa-se por cinco unidades principais (Tabela 2):

**Tabela 2:** Identificação das unidades taxonômicas das paisagens.

UNIDADE	ÍNDICE DE IDENTIFICAÇÃO	EXEMPLO
<b>LOCALIDADE Land system</b>	Formação geológica	Formação Serra Geral
<b>Sub-localidade Land Sub-System</b>	Complexo de mesoformas de relevo; regime hidro-climático	Cuesta
<b>comarca (agrupamento de comarcas) Land Unit</b>	Parte do complexo de mesoformas do relevo; tipo e intensidade de processos geocológicos	Cuesta topo

A geração do Mapa de Unidades da Paisagem passou por quatro etapas essenciais:

1. Trabalhos de escritório preliminares, análise do material cartográfico disponível e sua reedição em arquivos digitais, resultando os Mapas Topográfico, Hipsométrico, Declividades e Geológico. Formulação da hipótese sobre as unidades da paisagem presentes na Bacia Hidrográfica do rio Fiorita (BHF);
2. Trabalhos de campo com descrição de pontos amostrais e recolha de material fotográfico e formulação da proposta da diferenciação das unidades da paisagem da BHF ao nível de associações de comarcas;
3. Cruzamento em SIG dos Mapas Hipsométrico e Geológico com definição das unidades morfoestruturais, e posterior cruzamento das unidades morfoestruturais com o Mapa de Declividades, resultando no Mapa final das Unidades da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita.

### 3.3 O Mapa de Uso/cobertura do Solo

O mapa de Uso/Cobertura do Solo elaborado na escala 1:50 000 (Classificação da Imagem Landsat/1996 - Loch N. (2000)), apresenta a delimitação e caracterização das unidades de uso e cobertura do solo ocorrentes na BHF, considerando-se os parâmetros que interferem de forma diferenciada na situação ambiental da bacia.

A confecção do Mapa realizou-se através das seguintes etapas:

1. reedição em tela de arquivos temáticos (formato *.dgn* reconvertido para *.dgn*) resultantes da classificação automática da Imagem Landsat;
2. compatibilização e junção dos referidos temas definidos no arquivo *.dgn* comum - geração do mapa base da cobertura do solo;
3. sobreposição ao arquivo-base de dados digitais referentes às infra-estruturas e áreas urbanas e de mineração, selecionados a partir dos arquivos JICA (1996) 1:20 000 e "Áreas de Mineração –1996" 1:10 000 (Kelm,1999). Observa-se que a sobreposição de dados complementares permite maior reflexão da estrutura funcional do território e é possível, com maior valorização e realce através da exploração simultânea de preenchimento com cores e hachuras.
4. Edição final do Mapa

## 4 Área de Estudo

A área de estudo selecionada corresponde à uma área definida pelos limites naturais da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita, município de Siderópolis, Estado de Santa Catarina (Figura 2).



<b>Rio Bonito</b>										
<b>Vale Baixo</b>										
<b>Vale Médio</b>										
Vertente em patamar baixo	5,95	3,5	-	13,6	1,4	7,9	58,0	1,6	14,0	159,8
Vertente em patamar médio	12,23	2,78	12,18	1,55	3,27	7,9	59,03*	16,21	-	20,05
Vertente em patamar alto	6,89	7,4	23,1	1,88	7,98	9,7	0,0	31,78	0,0	24,10
Interflúvio em patamar baixo	1,22	18,69	34,95	1,63	16,3	28,5	0,0	0,0	0,0	22,73
Interflúvio em patamar alto	0,19	4,38	56,9	13,98	0,0	24,87	0,0	0,0	0,0	16,45
<b>Palermo</b>										
<b>Vale Baixo</b>										
<b>Vale Médio</b>										
Vertente em patamar baixo	1,0	14,95	56,3	19,9	3,26	1,7	0,0	0,0	3,86	12,8
Vertente em patamar médio	1,08	1,38	10,19	6,4	0,31	0,0	81,76	0,0	0,0	103,8
Vertente em patamar alto	5,16	66,86	3,87	12,4	5,2	4,07	0,0	5,6	2,5	19,5
Interflúvio em patamar baixo	4,41	21,7	42,8	6,56	11,31	16,28	0,0	0,45	0,90	48,83
Interflúvio em patamar médio	0,35	31,4	45,7	0,0	16,86	0,2	0,0	0,0	5,8	6,76
Interflúvio em patamar alto	2,59	28,6	48,65	5,02	3,05	5,9	0,0	1,24	7,57	20,02
Interflúvio em patamar alto	0,088	9,27	78,3	0,0	4,09	7,83	0,0	0,0	0,48	12,04
<b>Irati</b>										
<b>Vertente em patamar baixo</b>										
Vertente em patamar médio	0,2	39,4	54,2	1,97	0,19	0,197	0,0	0,0	4,04	7,89
Vertente em patamar alto	1,22	26,0	60,2	2,2	9,76	1,87	0,0	0,0	0,0	11,29
Interflúvio em patamar baixo	1,52	41,45	33,55	1,12	21,64	1,74	0,0	0,0	0,5	30,28
Interflúvio em patamar médio	2,40	21,2	45,6	27,3	1,22	7,47	0,0	0,0	3,8	13,38
Interflúvio em patamar alto	1,06	26,89	44,15	3,53	7,98	15,47	0,0	0,0	1,98	10,82
<b>Serra geral</b>										
<b>Vertente em patamar baixo</b>										
Interflúvio em patamar baixo	0,032	83,3	22,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,09
Interflúvio em patamar médio	2,55	26,5	56,9	10,98	2,29	3,73	0,0	0,0	1,69	26,47
Interflúvio em patamar alto	0,5	24,5	51,96	5,57	11,65	11,65	6,27	0,0	0,0	12,07
Cuesta front	5,88	12,82	61,29	14,82	2,82	7,3	0,0	0,0	9,34	7,30
Cuesta topo										
<b>Serra alta</b>										
Interflúvio em patamar baixo	0,5	28,6	52,0	19,16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,33
Interflúvio em patamar alto	0,29	19,93	41,55	20,61	0,0	1,52	0,0	0,0	17,75	11,14

A maior área (43 %) ocupam as unidades (localidades e sub-localidades e em alguns casos as comarcas) com características naturais completamente removidas ou substituídas e/ou ainda os **badlands** (paisagens lunares em áreas da mineração à céu aberto ou as terras abandonadas nas áreas agrícolas) (Figura 3). É característica uma pequena parcela das unidades pouco transformadas (somente 1%), que têm distribuição fragmentar em pequenas áreas normalmente associadas aos geossistemas em condições de morfodinâmica complexa e/ou desfavoráveis para exploração, assim como as vertentes íngremes em patamar alto e os fragmentos de interflúvios em patamar alto (Tabela 3). Deste modo, predominam nos limites da área as unidades com  $K_{ant}$  de 20,50 e, que confirma a idéia sobre a significativa tensão geocológica na área de estudo e a necessidade da coordenação racional das funções socioeconômicas das unidades da paisagem.

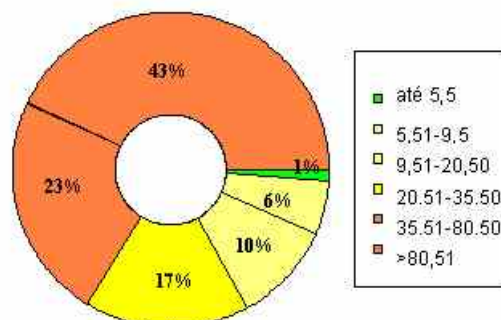


Figura 3: A Intensidade de Transformação Antrópica da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita.

O Mapa da Intensidade de Transformação revela a existência de unidades com a situação ecológica crítica ( $K_{ant} > 35,51$ ) e potencialmente crítica ( $K_{ant} > 20,50$ ) em áreas com uso agro-florestal, o que mais uma vez confirma a tese sobre a presença, para além da mineração, de outros processos de degradação ambiental e da importância da avaliação dos impactos ambientais cumulativos.

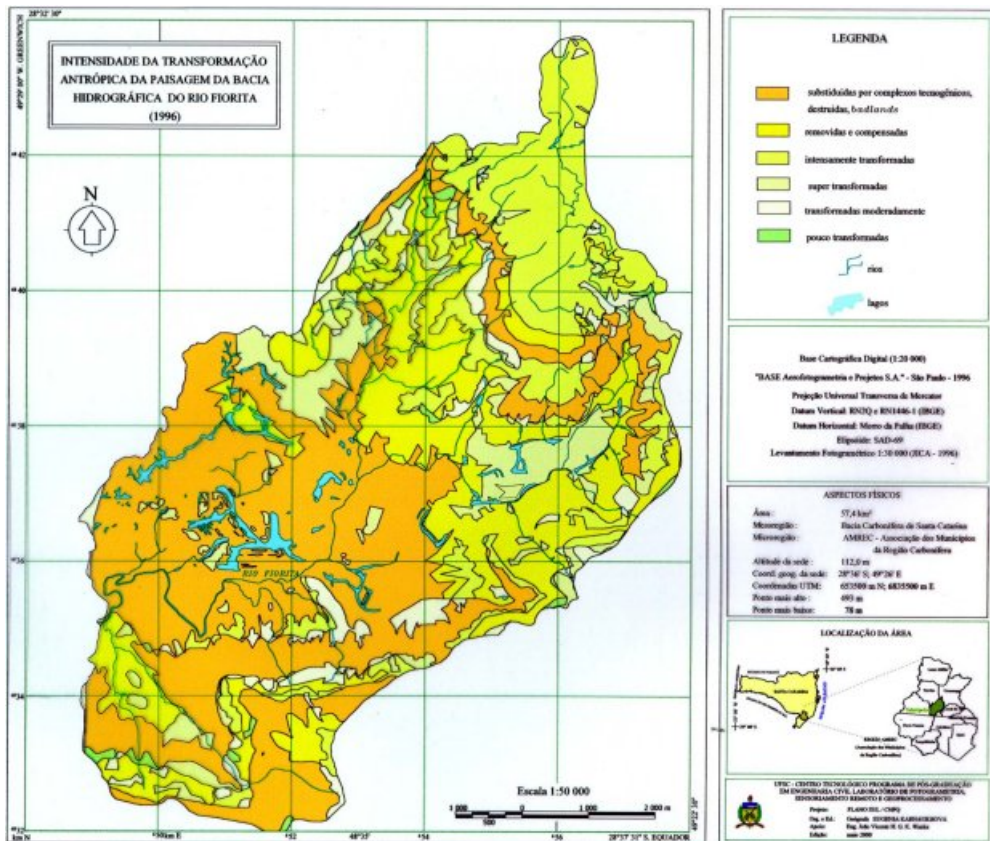


Figura 4: O Mapa da Intensidade de Transformação Antrópica da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita.

A Tabela 4 e o Mapa da Estrutura de Exploração da Paisagem revelam a especificidade da estrutura espacial de exploração das unidades diferenciadas na paisagem da BHF e refletem suficientemente bem a influência predominante no processo de transformação das atividades de mineração e da agricultura. O Mapa em questão identifica a situação funcional atual das principais unidades morfoestruturais da paisagem da BHF em função da distribuição dos principais usos do solo. A sua possível futura comparação com a adequação de uso e a compatibilidade morfodinâmica com as características do geossistema deve constituir a base para a otimização funcional da paisagem.

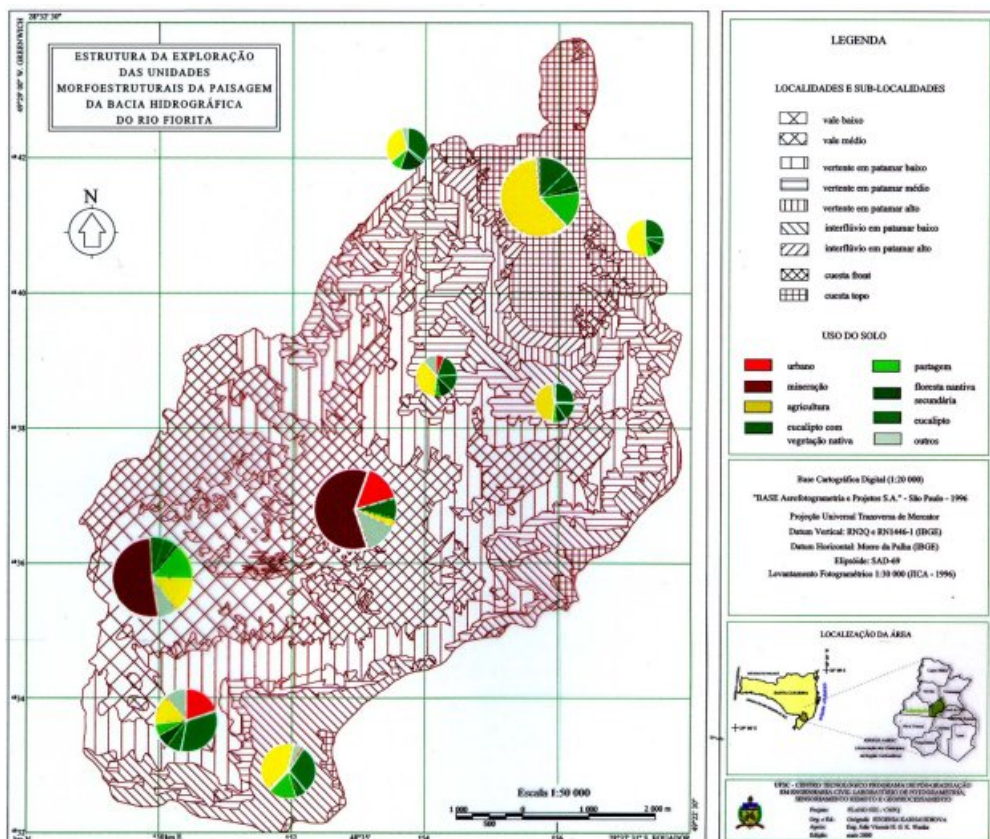


Figura 5: A Estrutura de Exploração das Unidades da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita.

**Tabela 4:** Grau de Transformação Antrópica das Unidades da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita.

UNIDADE DA PAISAGEM	ÁREA TOTAL (km <sup>2</sup> )	GRAU DE TRANSFORMAÇÃO ANTRÓPICA (% da área total da unidade)					
		até 5,5	5,5 - 9,5	9,51 - 20,5	20,51 - 35,5	35,51 - 80,5	>80,51
<b>FORMAÇÃO RIO BONITO</b>							
Vale Baixo	5,95	-	-	-	-	-	100
Vale Médio	12,23	0,3	0,9	17,7	4,5	1,3	75,3
Vertente em patamar baixo	6,89	-	-	20,8	-	79,2	-
Vertente em patamar médio	1,22	4,1	1,4	19,9	3,4	31,4	39,8
Interflúvio em patamar baixo	0,19	-	-	70,9	29,1	-	-
<b>Formação Palermo</b>							
Vale Baixo	1,0	-	5,5	-	-	94,5	-
Vale Médio	1,08	-	50,0	50,0	-	-	-
Vertente em patamar baixo	5,16	-	4,15	4,15	0,4	7,4	83,9
Vertente em patamar médio	4,41	-	1,3	3,1	16,8	59,4	19,4
Vertente em patamar alto	0,35	16,9	24,1	58,9	-	-	-
Interflúvio em patamar baixo	2,59	63,5	10,4	17,5	6,1	2,5	-
Interflúvio em patamar alto	0,088	-	-	100	-	-	-
<b>Formação Frati</b>							
Vertente em patamar baixo	0,2	-	-	22,82	77,2	-	-
Vertente em patamar médio	1,22	3,2	32,6	27,0	8,2	28,5	-
Vertente em patamar alto	1,52	6,6	3,7	-	-	10,5	48,8
Interflúvio em patamar baixo	2,40	1,96	19,6	1,58	23,3	53,75	-
Interflúvio em patamar alto	1,06	4,8	0,18	-	38,67	37,7	-
<b>Formação Serra Geral</b>							
Vertente em patamar baixo	0,032	-	100	-	-	-	-
Interflúvio em patamar baixo	2,55	0,0006	0,78	-	7,8	-	90,98
Cuesta front	0,5	5,8	52,0	17,2	-	26,0	-
Cuesta topo	5,88	1,6	4,5	3,23	90,65	-	-
<b>formação serra alta</b>							
Interflúvio em patamar baixo	0,5	-	8,0	-	-	92,0	-
Cuesta topo	0,29	-	48,27	-	51,72	-	-

Contudo, algumas observações importantes, no nosso ver, e que realcem as potencialidades de avaliações no âmbito do método proposto podem ser feitas:

1. Várias unidades apresentam a distribuição de áreas agrícolas, de pastagem e florestais em mosaico bastante fragmentado o que significa na maioria dos casos o aumento do contraste dos indicadores hidrotérmicos dos solos. Com a expansão das áreas agrícolas aumentam as diferenciações entre as áreas em patamares e baixas, onde as primeiras sofrem um super umedecimento e as segundas tornam-se áridas como consequência da intensificação do regime de drenagem. Como resultado da degradação generalizada aumentam as áreas de solos ácidos. Por isso, um dos fatores mais importantes de otimização ecológica é a regularização do regime hidrotérmico e a otimização mecânica dos solos, e por fins a regularização da situação florestal.
2. As tendências de ampliação da área urbana ( $K_{ant} > 40,00$ ) para as unidades de vertentes e interflúvios em patamar alto com  $K_{ant}$  até 8,5 (em áreas florestais e agro-florestais) sublinha as diferenciações na transformação das unidades e confirma as possibilidades de sua intensificação. Isto leva a pensar que para além dos já existentes tipos de exploração irá aumentar rapidamente a importância da função recreativa das paisagens, o que exigirá a preservação e/ou otimização da cobertura florestal e o aumento de áreas de sistemas de proteção ambiental.
3. Os interflúvios compreendem cerca de 50 % de todas as atividades agrícolas e pastoris e representam as unidades super transformadas ( $K_{ant} > 20,00$ ) em alta tensão ecológica. São áreas historicamente de intensa exploração agrícola devido as condições das propriedades rurais e as condições morfométricas que apresentam. E apesar de serem reconhecidos pelo Código Florestal como áreas de preservação permanente somente 25 % do seu espaço corresponde às florestas nativas secundárias e plantações de eucalipto. Deste modo, é óbvia a necessidade da reorganização funcional desses elementos do geossistema, que imprescindivelmente passa pela consideração da propriedade rural como a unidade de gestão ambiental e impõe o uso do CTMU para tal fim.
4. A otimização da tensão ambiental nas áreas de mineração ( $K_{ant} > 80,00$ ) passa necessariamente pela reconversão de uso, o que exige um alto investimento econômico e o monitoramento adequado da evolução dos processos ambientais. Considerando a gravidade e a profundidade das transformações em questão o zoneamento funcional das áreas em reconversão é indispensável.

## 6 Conclusões e Recomendações

Esta pesquisa buscou não apenas desenvolver uma proposta metodológica para um diagnóstico do estado do meio físico em áreas de atividades antrópicas intensas com fins de diferenciação das unidades da paisagem com características ecológicas críticas e/ou potencialmente críticas, mas também testou a eficácia do mesmo numa Bacia Hidrográfica pertencente à 14ª área crítica nacional.

Avaliando os resultados da presente pesquisa chegou-se às seguintes **conclusões gerais**:

1. O método mostrou-se eficaz nas áreas com elevado grau de comprometimento ecológico, diferenciando como eficiência as áreas com distinto coeficiente de transformação em função dos fatores de heterogeneidade de tipos de uso, da abrangência espacial e da profundidade de transformação.

É importante observar que se distinguem com bastante eficiência as áreas de tensão ambiental potencial dentro das áreas de uso agro-florestal e até nas áreas de preservação permanente ( $K_{ant} > 35,51$ ), o que mais uma vez confirma a tese sobre a importância da avaliação dos impactos cumulativos e de que as prioridades de reabilitação ambiental não podem se restringir somente às áreas de mineração.

2. A análise e avaliação da distribuição espacial das unidades da paisagem com distintos coeficientes de transformação permitiram chegar à conclusões importantes sobre a distribuição da "tensão" ambiental na área de estudo e sobre as áreas (diferenciadas como unidades da paisagem), que exigem uma intervenção imediata numa gestão adequada e racional das funções das paisagens.

A observação da distribuição espacial das unidades da paisagem com altos  $K_{ant}$  permite discrimina-las como objetos da intervenção imediata, seguintes:

- a. nas áreas de mineração: Vale Baixo e Vale Médio da Formação Rio Bonito ( $K_{ant} > 100$ );
- b. nas áreas abrangidas pela expansão urbana: as unidades sudeste das Vertentes e Interflúvios em patamar baixo da Formação Palermo e Rio Bonito ( $K_{ant} > 40$ ) e Vertente em patamar médio da Formação Palermo ( $K_{ant} > 100$ );
- c. nas áreas agro-florestais: os Interflúvios em patamar alto da Formação Irati ( $K_{ant} > 37$ ), as Vertentes em patamar médio e os Interflúvios em patamar baixo da Formação Palermo (em alguns casos  $K_{ant} > 78$ )

Em todos os casos citados a reconversão de usos e adequação funcional das paisagens é imprescindível.

3. O método revela suficientemente bem a influência predominante na transformação da paisagem do uso agrícola ( $K_{ant}$  de 5,5 até 20) e da mineração ( $K_{ant} > 50$ ) e reflete a adaptabilidade (ou não) da exploração econômica regional com relação às condições e os recursos naturais.
4. Os coeficientes de transformação antrópica da paisagem podem ser utilizados como um indicador quantitativo de diferenciação regional das unidades das paisagens e para fundamentação dos esquemas ou projetos de zoneamento geocológico com fins da gestão ambiental e do planejamento territorial, considerando a análise dos dados cadastrais.
5. O método permite produzir com poucos recursos disponíveis um indicador confiável da tensão geocológica de diversos graus, que pode auxiliar a tomada de decisões quanto a prioridade de implantação de projetos cadastrais e de gestão ambiental. Os coeficientes de transformação antrópica das paisagens permitem focalizar e identificar as prioridades de intervenção construtiva nas áreas degradadas, como também identificar as áreas prioritárias para a implantação do Cadastro Técnico Multifinalitário. A análise dos coeficientes de transformação antrópica das paisagens regionais calculados para uma estrutura ótima de uso do solo, poderão ser vistos como os coeficientes normativos de uso e ocupação do solo após a adequação das funções das paisagens, e representar um indicador quantitativo da diferenciação das unidades de planejamento e fundamentação da regionalização funcional.
6. O desenvolvimento da pesquisa no âmbito do método aplicado permite criar as bases teórico-informativas e as estruturas em SIG para o Cadastro Geoambiental da área nas fases posteriores da pesquisa, como também permite a formação de pressupostos de monitoramento ambiental à longo prazo.
7. Os produtos gerados mostram-se adequados para o poder público por permitir a utilização de dados na definição de ações de planejamento e/ou intervenções, fundamentadas tecnicamente.

De acordo com o grau de transformação antrópica determinado nas diversas unidades da paisagem ao nível de *associações de comarcas físico-geográficas* consideramos as seguintes **recomendações gerais**:

- a. as áreas com altíssimo grau de transformação antrópica, classificadas como áreas com paisagens removidas e destruídas ( $K_{ant} > 35,51$ ), devem ser consideradas com áreas onde ocorrem situações de riscos e calamidades ambientais. Nesse caso recomenda-se o maior detalhamento das áreas de risco, chegando à classificação e identificação dos riscos individuais. As intervenções neste plano devem-se referir às obras de engenharia e de eliminação dos fatores de risco, passando pela reconversão de uso e/ou adaptação funcional da exploração da referida unidade da paisagem;
- b. as áreas com grau de transformação intensa e as super transformadas ( $K_{ant}$  entre 9,51 e 30,50) são áreas com alta probabilidade de riscos ambientais e com processos de desestabilização ecológica em estágio inicial e moderado. Nesse caso recomenda-se a promoção de ações de mitigação dos impactos negativos e da adaptação funcional das áreas diferenciadas como de situações com maior grau de comprometimento;
- c. as áreas transformadas moderadamente ( $K_{ant}$  entre 5,51 e 9,50) são as áreas com processos de instabilidade ecológica em estágio inicial ou com parcial desenvolvimento, existindo, neste caso, a necessidade de ações preventivas e de caráter profilático.
- d. as áreas pouco transformadas ( $K_{ant}$  até 5,5) são as de relativa estabilidade ecológica e/ou são áreas ecologicamente recompensadas, que devem ter um monitoramento contínuo por serem extremamente raras e dispersas. Sendo indispensáveis neste caso medidas conservacionistas e de expansão das referidas áreas. Recomenda-se, assim a realização de estudos especializados sobre o desenvolvimento do potencial recreativo e da viabilidade de conservação das referidas áreas.

Os documentos cartográficos em formato digital do trabalho desenvolvido apresentam uma estruturação de dados geoambientais para um sistema de informações geográficas e poderão fazer parte do Banco de Dados Geoambientais, servindo assim de base para o projeto de monitoramento ecológico na área da BHF. Os mesmos resumem-se em : Mapas (arquivos digitais na escala 1:20 000): unidades da paisagem; intensidade da transformação antrópica da paisagem; Estrutura de Exploração; Uso/Cobertura do Solo (1996); Recursos Florestais; Declividades; Hidrográfico; Hipsométrico; Topográfico (reedição); registro geoambiental das áreas amostrais; documentação fotográfica.

## 7 Referências Bibliográficas

**D. F. P.** *Estruturação de um Cadastro Técnico Histórico para análise física e ambiental de áreas de mineração de carvão.* Florianópolis, 1999. 130 p. Dissertação de Mestrado - UFSC.

**Kirkbly, S. D., Bandford, E.; Longmore, M. E.** Land classification: providing an explanation for the decision making process. *Australian Geographic Studies*. v. 34 (1): p. 106-120, April 1996.

**R.E.N.** *Estruturação de dados geográficos para a gestão de áreas degradadas pela mineração.* Tese de Doutorado. Curitiba, jan. 2000. UFP. 202 p.

**R. J. , Mauro, C. A., Russo, Y. L. , Silva, C. M. L., Bovo, R., Arcuri, M. E. P., Marinho, V. L. F.** Análise da paisagem como base para uma estratégia de organização geoambiental: Corumbataí (SP) *Geografia*, Rio Claro : v. 20 (1); p. 81-129, abril 1995.

**Passos, M. M.** Unidades Básicas e Dinâmica Atual da Paisagem no Pontal do Paranapanema., *Revista Geográfica*. São Paulo : nº 10, p. 51-73, 1991.

**Petrov, D.** *Geoecologia*, Sanct-Pitersburg: Prosveshenie 1994. (em russo).

Secretária de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina. *Plano Básico de Desenvolvimento Ecológico-Econômico*. AMREC, maio de 1997.

**Shishenko, P. G.** *Priladnaia Fizichiskaia Geografia*. Vysha Shkola, Kiev : p. 41-43, 1988. (em russo)

**Silva, J. V.** Análise Ambiental da APA de Caiuru. *Revista Brasileira de Geografia*. Rio de Janeiro : ano 50, nº 3, p. 41-83, jul./set. 1988.