

Revista Brasileira de Cartografia (2012) N^o 64/3: 301-316
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

PROPOSTA METODOLÓGICA PARA A ELABORAÇÃO DE UM ZONEAMENTO AMBIENTAL

Methodological Proposal for the Elaboration of an Environmental Zoning

**Gisele Cemin¹, Eduardo Périco², Vânia Elisabete Schneider¹
& Alexandra Rodrigues Finotti¹**

¹Universidade de Caxias do Sul – UCS

Instituto de Saneamento Ambiental

Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, CEP 95070-560 – Caxias do Sul-RS
gicemin@yahoo.com.br; veschnei@ucs.br; arfinotti@hotmail.com

²Centro Universitário UNIVATES

Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento (PPGAD)

Rua Avelino Talini, 171, CEP 95.900-000 – Lajeado-RS
perico@univates.br

Recebido em 23 Julho, 2011/ Aceito em 23 Agosto, 2011

Received on July 23, 2011/ Accepted on August 23, 2011

RESUMO

O Zoneamento Ambiental é um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal N^o 6.938), a qual estabelece normas para a preservação, proteção e melhoria da qualidade ambiental. O zoneamento consiste na segmentação de uma determinada região em zonas homogêneas, que apresentam as mesmas características ambientais, constituindo, desta forma, um mecanismo a disposição do poder público para o planejamento do território. O objetivo deste trabalho foi de elaborar um Zoneamento Ambiental para o município de Nova Alvorada/RS, a partir de dados relativos ao meio físico e biótico, constituindo uma das etapas para a elaboração de um cenário para a proposição de diretrizes e metas que visem definir, entre as alternativas possíveis, o uso sustentável dos recursos naturais. Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados dados cartográficos e imagem de satélite, os quais permitiam a elaboração de mapas temáticos referentes aos recursos hídricos, malha viária, hipsometria, clinografia, uso e cobertura do solo, risco potencial a erosão dos solos e áreas de preservação permanente, que depois de avaliados e cruzados, geraram o mapa de Zoneamento Ambiental. Foram definidas seis zonas planejamento, como seguem: zona de uso agrícola 1 e 2, zona urbana consolidada, zona de expansão urbana, zona de proteção aos remanescentes florestais e zona proteção aos recursos hídricos, encostas e topos de morro.

Palavras chave: Sistemas de Informação Geográfica, Índices de Ecologia de Paisagens, Meios Físico e Biótico

ABSTRACT

The Environmental Zoning is one of the National Environmental Policy instruments (Federal Law No. 6.938), which sets standards for the preservation, protection and improvement of environmental quality. The zoning is to divide a specific

region in homogeneous areas which have the same environmental characteristics, became a mechanism to provide the public authority the territory planning. The aim of this work was to prepare an Environmental Zoning for the Nova Alvorada / RS municipality, from data on the physical and biotic environment, to be one of the steps for developing a scenario for the proposition and goals guidelines aimed at defining, among the possible alternatives, the sustainable use of natural resources. To develop this work were used map data and satellite images, which allowed the preparation of thematic maps related to water resources, road network, hypsometric, clinographic curves, use and soil cover, potential soil erosion and permanent preservation areas, that after having assessed and crossed generated a map of the Environmental Zoning. Six planning areas were defined as follows: area of agricultural use 1 and 2, consolidated urban area, area of urban sprawl, protecting area of remaining forest and protection of water resources areas, the hill tops and slopes.

Keywords: Geographic Information Systems, of Landscape Ecology Indexes, Physical and Biotic Environment

1. INTRODUÇÃO

Dentro dos mecanismos de planejamento à disposição do Poder Público, passíveis de utilização no planejamento territorial, nos anos recentes, o Zoneamento Ambiental (ZA) tem se destacado entre as políticas públicas como um instrumento estratégico de planejamento regional, que busca a compatibilização entre o desenvolvimento econômico e a qualidade ambiental (MONTAÑO, 2002). O ZA foi criado há mais de duas décadas, constituindo um dos instrumentos de gestão ambiental da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal N° 6.938 de 31 de agosto de 1981, artigo 9º, inciso II), a qual estabelece normas para a preservação, proteção e melhoria da qualidade ambiental (BRASIL, 2009c). O Decreto 4.297 de 10 de julho de 2002 regulamentou este instrumento da PNMA, estabelecendo os critérios para Zoneamento Ambiental no Brasil, também chamado de Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE). Apesar de o decreto ter versado sobre um zoneamento de abrangência nacional, é importante ressaltar que este instrumento apresenta grande importância e aplicabilidade nas esferas locais e regionais, tanto que também foi previsto no Estatuto da Cidade (Lei N° 10.257/2001) (BRASIL, 2009d).

Segundo Santos (2004), o Zoneamento é a compartimentação de uma região em porções territoriais, obtida pela avaliação dos atributos mais relevantes e de suas dinâmicas. Cada compartimento é apresentado como uma área homogênea (zona) delimitada no espaço, com estrutura e funcionamento uniforme. Estas zonas expressam as potencialidades, vocações, fragilidades, suscetibilidades, acertos e conflitos do território, o qual o resultado pode ser apresentado na forma de mapa, matriz ou índice. Ao possibilitar

a visualização espacial da distribuição das áreas com maior ou menor aptidão (ou potencial) para a implantação de determinadas atividades, o Zoneamento Ambiental surge como um instrumento essencial para a definição das estratégias de ocupação do território levando-se em consideração as limitações impostas pelo meio ambiente (MONTAÑO, 2002). Dessa maneira, o ZA tem um caráter diferenciador, de acordo com as especificidades do território e funciona como uma ferramenta necessária para alcançar os objetivos de prevenir, controlar ou monitorar os impactos ambientais e prever os rebatimentos sobre a sociedade (SILVA, 1997).

Dentre os métodos empregados para a elaboração de um ZA, o mais usual é a sobreposição de mapas. Neste sentido, a utilização dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) auxiliam na organização e manipulação das informações levantadas, pois permitem inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes do meio físico e biótico, de dados censitários, de cadastros urbano e rural, e outras fontes de dados, como imagens de satélite, fotografias aéreas e GPS (Sistema de Posição Global). Além disso, oferecem mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar e visualizar o conteúdo da base de dados geográficos (CÂMARA, 1995).

Desta forma, este trabalho teve como objetivo elaborar um Zoneamento Ambiental para o município de Nova Alvorada/RS, a partir de dados relativos ao meio físico e biótico, constituindo uma das etapas para a elaboração de um cenário para a proposição de diretrizes e metas que visem definir, entre as alternativas possíveis, o uso sustentável dos recursos naturais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O município de Nova Alvorada está localizado na região nordeste do Rio Grande do Sul, inserido na unidade geológica conhecida como Serra Geral, entre as coordenadas 28°38'51''S – 52°15'41''W (porção superior esquerda) e 28°45'56''S – 52°4'32''W (porção inferior direita), abrangendo uma área de 149,19km². Faz divisa com os municípios de Itapuca ao Sul e sudoeste, Soledade a noroeste, Camargo e Vila Maria a Norte e Montauri e União da Serra a leste, como pode ser observado na Figura 1.

2.2 Materiais

Para a elaboração do ZA, foi necessária a utilização de uma base de informações envolvendo os seguintes materiais e equipamentos: cartas topográficas elaboradas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (BRASIL, 1979), em escala 1:50.000, com curvas de nível equidistantes 20 metros, referente as folhas SH.22 V-B-IV-4 de Arvorezinha, SH.22-V-B-IV-2 de Maria e SH.22-V-B-IV-1 (MI 2934/1) de Nicolau Vergueiro; imagem do satélite ETM+/Landsat 7,

bandas do vermelho (0,63 – 0,69µm), infravermelho próximo (0,76 – 0,90µm) e infravermelho médio (1,55 – 1,75µm), da órbita-ponto 222-080, referente a passagem de 04/02/2002; softwares de SIG Idrisi, versão 32 (EASTMAN, 1998) e Spring, versão 4.2 for Windows (CÂMARA, et al. 1996) e software de ecologia de paisagem Fragstats, versão 3.3 (MACGARIGAL et al., 2002).

2.3 Métodos

Para a manipulação das informações contidas nas cartas topográficas e na imagem de satélite, foi utilizado os softwares Idrisi e Spring. O software Fragstats foi utilizado para caracterização da composição e configuração da paisagem da área de estudo.

2.3.1 Caracterização e análise ambiental da área de estudo

O mapa dos recursos hídricos foi gerado a partir da digitalização dos cursos d'água intermitentes e perenes das cartas topográficas, gerando o arquivo vetorial de hidrografia. O mesmo procedimento foi executado para a obtenção da malha viária do município. As curvas de nível digitalizadas foram interpoladas através do método de grades triangulares (Triangular Irregular

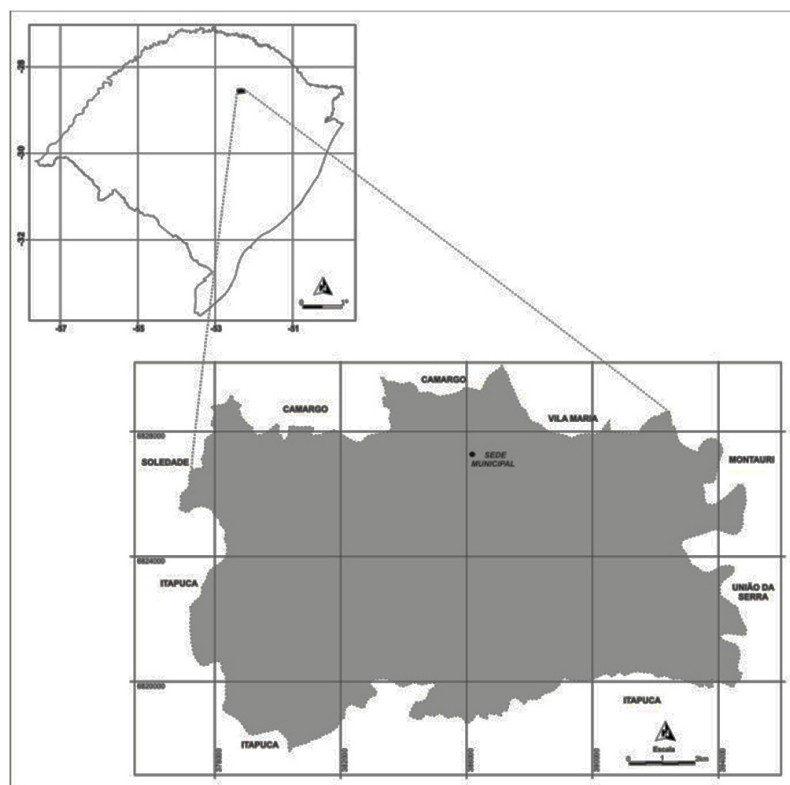


Fig. 1 – Localização da área de estudo.

Network) para a elaboração do Modelo Digital de Elevação (DEM). O DEM foi fatiado em intervalos iguais de 50 em 50 metros, gerando o mapa de hipsometria. Ainda, como base do DEM, foi elaborado o mapa de declividade, o qual foi fatiado segundo a classificação estabelecida pela EMBRAPA (1995) (Tabela 1), gerando desta forma, o mapa de clinografia.

Para a geração do mapa de uso e cobertura do solo foi realizado o georreferenciamento, seguido pela interpretação visual de forma, textura, tonalidade/cor e comportamento espectral dos elementos que compõe a imagem de satélite, sendo que nesta segunda etapa foram definidas as classes de uso e cobertura do solo. Para o georreferenciamento, foram coletados 14 pontos de controle distribuídos ao longo da imagem, o que gerou um erro médio quadrado (RMS) de 0,9 pixel. Este processo consiste na transformação geométrica

que relaciona as coordenadas de imagem (linha e coluna) com coordenadas de um sistema de referência, sendo que no presente estudo foi utilizado o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), por ser o mais usual e por fornecer valores de distância em unidades métricas, Datum SAD69 (Fuso 22S). A classificação da imagem seguiu de forma supervisionada utilizando o algoritmo de Máxima Verossimilhança (Maxver). Foram coletadas amostras de treinamento das classes de uso e cobertura do solo referente à Floresta Estacional Decidual (FED), Floresta Ombrófila Mista – Mata de Araucária (FOM), mata secundária (vegetação em estágio inicial e médio de regeneração), mata exótica, campo, área agrícola, solo exposto e água. A classe referente a área urbana foi obtida através da digitalização em tela da área compreendida por esta classe, devido

TABELA 1 - DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES CLINOGRÁFICAS.

Declividade	Classificação	Grau de limitação	Considerações
0 a 3%	Plano	Nulo	Terras não suscetíveis à erosão. Quando cultivadas por 10 a 20 anos podem apresentar erosão ligeira, que pode ser controlada com práticas simples de manejo.
3 a 8%	Suave ondulado	Ligeiro	Terras que apresentam pouca suscetibilidade à erosão. Quando utilizadas com lavouras por um período de 10 a 20 anos, mostram normalmente uma perda de 25% ou mais do horizonte superficial. Exige práticas conservacionistas simples de controle a erosão.
8 a 13%	Moderadamente ondulado	Moderado	Terras que apresentam moderada suscetibilidade à erosão. Se utilizadas fora dos princípios conservacionistas, podem apresentar sulcos e voçorocas, requerendo práticas de controle à erosão desde o início de sua utilização agrícola.
13 a 20%	Ondulado	Forte	Terras que apresentam forte suscetibilidade à erosão. Na maioria dos casos a prevenção à erosão depende de práticas intensivas de controle.
20 a 45%	Forte ondulado	Muito forte	Terras com suscetibilidade maior que o grau forte, tendo o seu uso agrícola muito restrito. Na maioria dos casos o controle à erosão é dispendioso, podendo ser antieconômico.
45 a 100%	Montanhoso	Extremamente forte	Terras que apresentam severa suscetibilidade à erosão. Não são recomendáveis para o uso agrícola, sob pena de serem totalmente erodidos em poucos anos.
Mais de 100%	Escarpado		Terras destinadas à preservação ambiental, segundo a Lei Nº 4.771/65.

Fonte: EMBRAPA (1995)

a semelhança espectral desta área com solo exposto.

Para a análise da composição e configuração da paisagem, as classes de uso e cobertura do solo referente à FED e FOM foram submetidas ao software Fragstats para a avaliação e caracterização do grau de fragmentação da paisagem através de índices de ecologia de paisagem. A seleção dos índices foi baseada no significado ecológico e na simplicidade para a interpretação.

2.3.2 Análise dos riscos ambientais ao componente solo e água

a) Risco potencial à erosão dos solos

Para a avaliação do risco potencial a erosão dos solos, foram considerados dois elementos: o Código Florestal Brasileiro (Lei N° 4.771/65) e o trabalho realizado pela Embrapa designado “Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras” (EMBRAPA, 1995). Com base nestes dois elementos, os mapas de clinografia e uso e cobertura do solo foram cruzados, o que possibilitou a criação de quatro classes de riscos: risco mínimo, risco menor, risco intermediário, risco maior, segundo Missio (2003) (Tabela 2).

b) Uso e ocupação do solo nas Áreas de Preservação Permanente (APPs)

As APPs de topos de morro, entorno de recursos hídricos, nascentes e declividade superior a 45° ou 100%, foram delimitadas com base nos critérios estabelecidos pela Lei Federal N° 4.771, de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 2009a), que institui o novo Código Florestal Brasileiro e a Resolução do CONAMA N° 303, de março de 2002. Segundo o Código Florestal, as florestas e demais formas de vegetação são de interesse comum a todos os brasileiros e, por isso, considerada como sendo áreas de preservação permanente em situações específicas e, a resolução do CONAMA, em seu artigo 3°, estabeleceu os limites referentes às APPs. Para os recursos hídricos perenes ou intermitentes, em projeção horizontal, foram consideradas as larguras mínimas de: 30 metros para os recursos hídricos com até de 10 metros de largura; 50 metros para o Rio Lajeado do Engenho Velho e parte dos Rios/Arroios Lajeado Monjolinho, Lajeado Baiano e Lajeado Mangueira, que se encontram na faixa de cursos d’água com largura variando entre 10 a 50 metros; 100 metros para o Rio Guaporé, que se encontra na faixa de cursos d’água com largura variando de 50 a 200 metros;

TABELA 2 - RISCOS POTENCIAL A EROSÃO DOS SOLOS.

Grau de risco	Considerações
Mínimo	Esta classe compreende as áreas ocupadas com as classes de uso e cobertura do solo referente a mata nativa (FED, FOM e em regeneração) e campo. Nesta classe de risco, não foi considerado a declividade, pois estas representam as formas de uso natural do solo, que evoluíram em conjunto, durante o processo de formação do solo e, por isso representam a condição de proteção máxima do recurso natural solo. Qualquer outra forma de utilização dessas áreas aumentaria os riscos de degradação independente da declividade.
Menor	Compreende as áreas utilizadas com algum tipo de uso antrópico e localizadas em áreas onde a declividade está entre 0 e 20% que, segundo a EMBRAPA (1995), são terras em que a suscetibilidade à erosão varia desde terras não suscetíveis, em locais planos, à suscetibilidade forte nas áreas com relevo ondulado, onde a declividade está próxima a 20%. Entretanto, são terras em que a erosão pode ser prevenida, desde que utilizadas práticas intensivas de controle.
Intermediário	Compreende as áreas utilizadas com algum tipo de uso antrópico em relevo forte ondulado e com suscetibilidade à erosão muito forte onde a declividade varia entre 20 e 45%. O uso agrícola é muito restrito, considerando que, na maioria dos casos, o controle à erosão é dispendioso, podendo ser anti-econômico.
Maior	Compreende as áreas utilizadas com algum tipo de uso antrópico onde a declividade é igual ou superior a 45%. A suscetibilidade à erosão é extremamente forte e o uso agrícola não é recomendado, sob pena de serem totalmente erodidas. São terras que, segundo a EMBRAPA (1995) devem ser destinadas à preservação ambiental.

Fonte: Missio (2003).

50 metros para as nascentes (foi considerado como nascente um ponto digitalizado na extremidade dos tributários de primeira ordem).

As APPs de topos de morro foram delimitadas com base no critério estabelecido pela Embrapa (1979), a qual estabelece como a base dos morros áreas com inclinação superior a 20°, o que corresponde a classe de relevo fortemente ondulado. Desta forma, o mapa de declividade foi reclassificado, isolando-se os locais com declives superiores a 20°. Em seguida, foi verificado se as áreas com esta inclinação constituíam efetivamente um morro, já que a legislação considera um morro a elevação do terreno com cota do topo em relação à base entre cinquenta e trezentos metros (menor que cinquenta metros não é classificado como um morro e maior que trezentos metros é classificado como montanha). Após, foram sobrepostas às curvas de nível, o que permitiu a identificação dos valores da cota de base e dos cumes, possibilitando a delimitação da APP a partir da curva de nível correspondente aos dois terços da altura mínima, em relação à base.

A APP das áreas com declividade superior a 45° ou 100% foi obtida através da reclassificação do mapa de clinografia.

Para a obtenção das áreas de conflitos ambientais, os mapas de uso e cobertura do solo e APPs foram cruzados. As APPs foram classificadas em duas categorias, as áreas condizentes e as áreas em não condizentes com legislação. As áreas condizentes são aquelas ocupadas por FED, FOM, mata secundária e campo e as áreas não condizentes são aquelas ocupadas pelas demais classes de uso e cobertura do solo.

3. RESULTADOS

3.1 Caracterização e análise ambiental

O município de Nova Alvorada apresenta uma drenagem composta por rios, arroios e sangas/córregos, apresentando uma densidade de drenagem de aproximadamente de 2,14 km cursos d'água por km². O Rio Guaporé é o mais importante corpo hídrico, medindo em torno de 17 km. Apresenta alguns açudes, que ocupam uma área de 0,49km², o que representa 0,40% da área municipal. O município apresenta uma malha viária de 172 km, sendo composta por estradas pavimentadas e não pavimentadas. A densidade da

malha viária do município é de 1,15 km estradas por km². A estrada principal perpassa o município em direção norte/sul (vice-versa), com um comprimento de aproximadamente 18 km, ligando o município de Nova Alvorada ao município de Camargo (direção norte) e na direção sul, ligando o referido município ao município de Itapuca (Figura 2).

Em relação à altimetria, o município apresenta uma grande variação, tendo como cota mais baixa 320 metros, junto ao Rio Guaporé e, como cota altimétrica mais alta, 820 metros, localizada principalmente no setor sudoeste do município (Figura 3). Os dados referentes à área ocupada por cada classe hipsométrica estão apresentados na tabela 3.

Pode-se observar que a maior parte do município se encontra na faixa hipsométrica de 620 a 770 metros de altitude, representando aproximadamente 45% da área municipal. Essa faixa hipsométrica ocorre predominantemente no setor sudoeste e sul do município, principalmente na região de campos. A faixa de 320 | 370 metros abrange apenas 1,99% da área municipal, e está localizada junto ao Rio Guaporé. A faixa de 370 | 470 metros (19,89%) está localizada nos setores norte e nordeste do município. As classes de 470 | 520, 520 | 570 e 570 | 620 metros ocupam 28,49%

TABELA 3 - CLASSES HIPSONOMÉTRICAS

Classes hipsométricas (m)	Área (km ²)	%
320 370	2,97	1,99
370 420	9,53	6,39
420 470	20,13	13,5
470 520	13,53	9,07
520 570	16,85	11,29
570 620	12,13	8,13
620 670	21,24	14,24
670 720	19,08	12,79
720 770	26,52	17,78
770 820	7,21	4,83
TOTAL	149,19	100

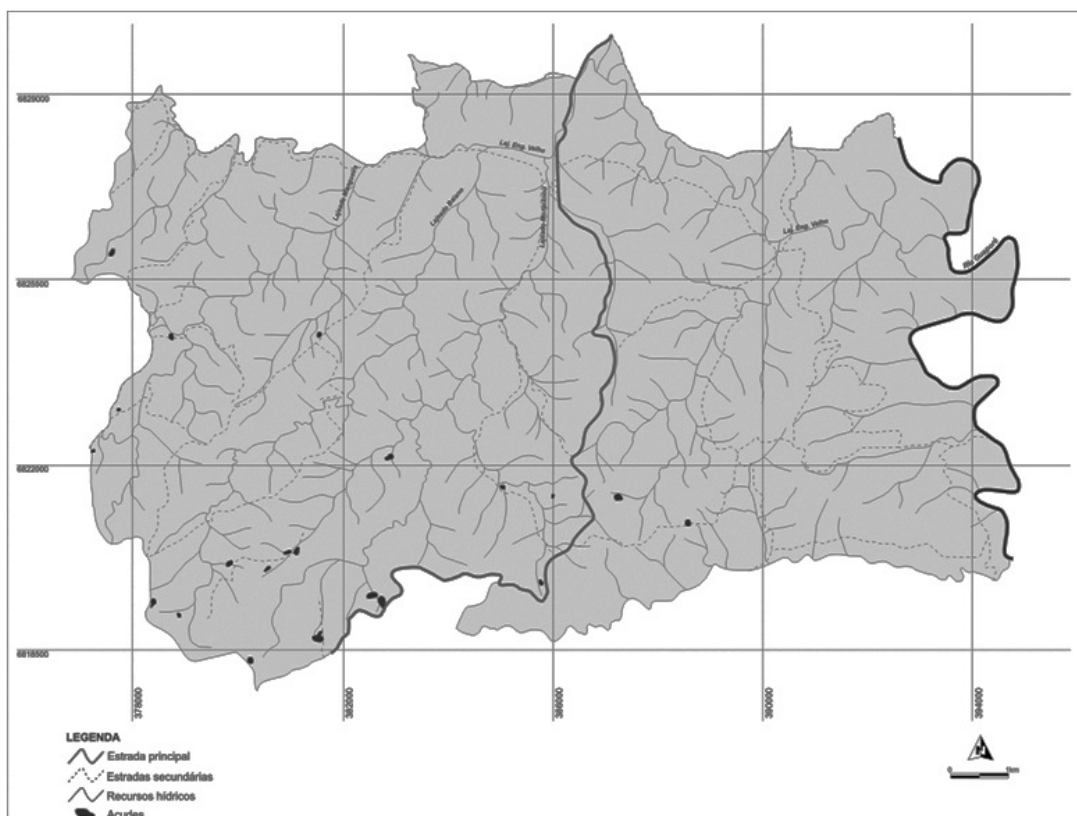


Fig. 2 – Mapa de recursos hídricos e malha viária.

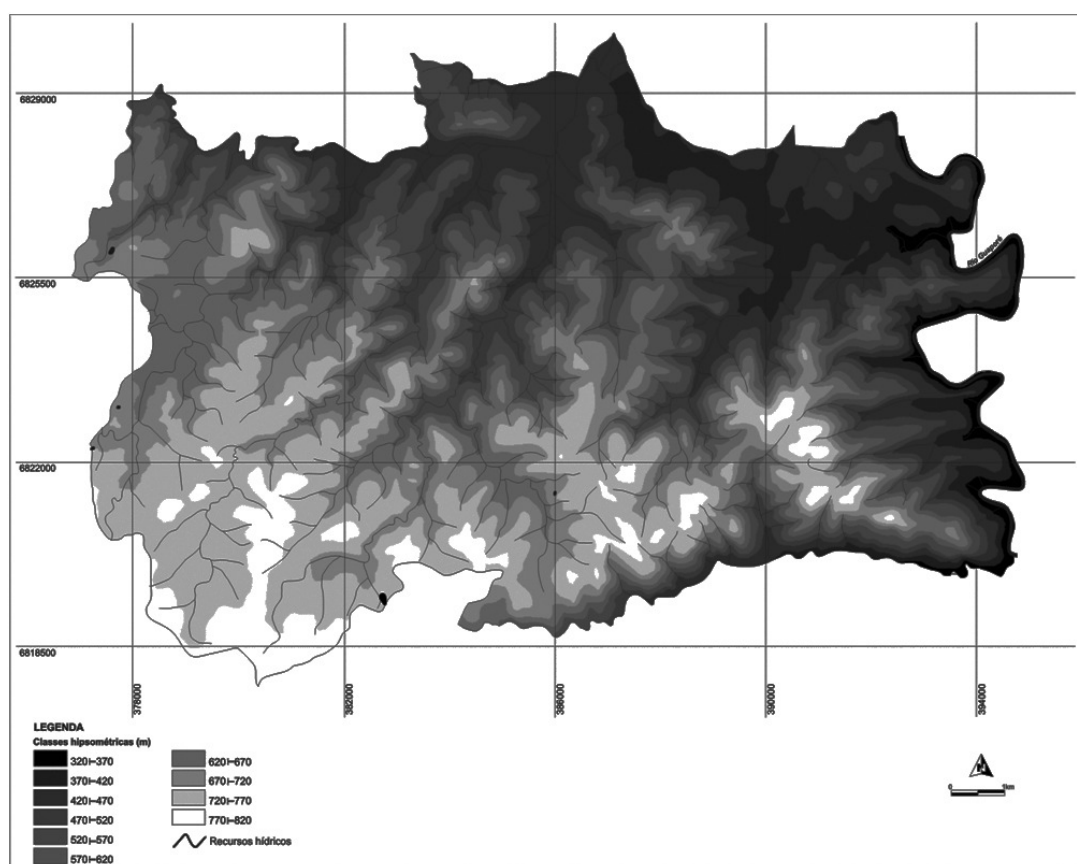


Fig. 3 - Mapa de hipsometria.

da área municipal, estando distribuídas em uma faixa que vai do setor sul a norte/noroeste, passando pela região central do município. A faixa de 770 |– 820 ocupa 4,83% da área municipal estando localizada principalmente no setor sudoeste.

A figura 4 e a tabela 4 ilustram os dados relativos as classes clinográficas da área de estudo.

A maior parte do município de Nova Alvorada se encontra em terras com relevo forte ondulado com declividade entre 20 |– 45%, o que corresponde a pouco mais de 33% da área municipal. Constitui terras que o uso agrícola é restrito, devido a alta suscetibilidade a erosão dos solos. Além disso, a inclinação de 30%, de acordo com o artigo 3º da Lei Federal nº 6.766/79 (BRASIL, 2009b) é o limite máximo para urbanização sem restrições, a partir desta, toda e qualquer forma de parcelamento do solo deve atender a exigências específicas. Além disso, estas terras são íngremes para o cultivo, necessitando cuidados especiais, sendo suscetíveis a instalações urbanas, exigindo infra-estrutura de alto custo (ROCHA, 1997).

Cerca de 15% da área de estudo encontra-se inserida em relevo montanhoso a escarpado (45% |– 100% e mais que 100%) não sendo indicadas para o uso agrícola. Além disso, as terras com declividade maior que 100% são destinadas a preservação, segundo o Código Florestal Brasileiro.

TABELA 4 - CLASSES CLINOGRÁFICAS.

Classes de clinográficas (%)	Área (km ²)	%
0 – 3	25,79	17,29
3 – 8	9,48	6,36
8 – 13	16,75	11,23
13 – 20	24,51	16,43
20 – 45	49,78	33,37
45 – 100	21,57	14,46
Mais que 100	1,3	0,87
TOTAL	149,19	100

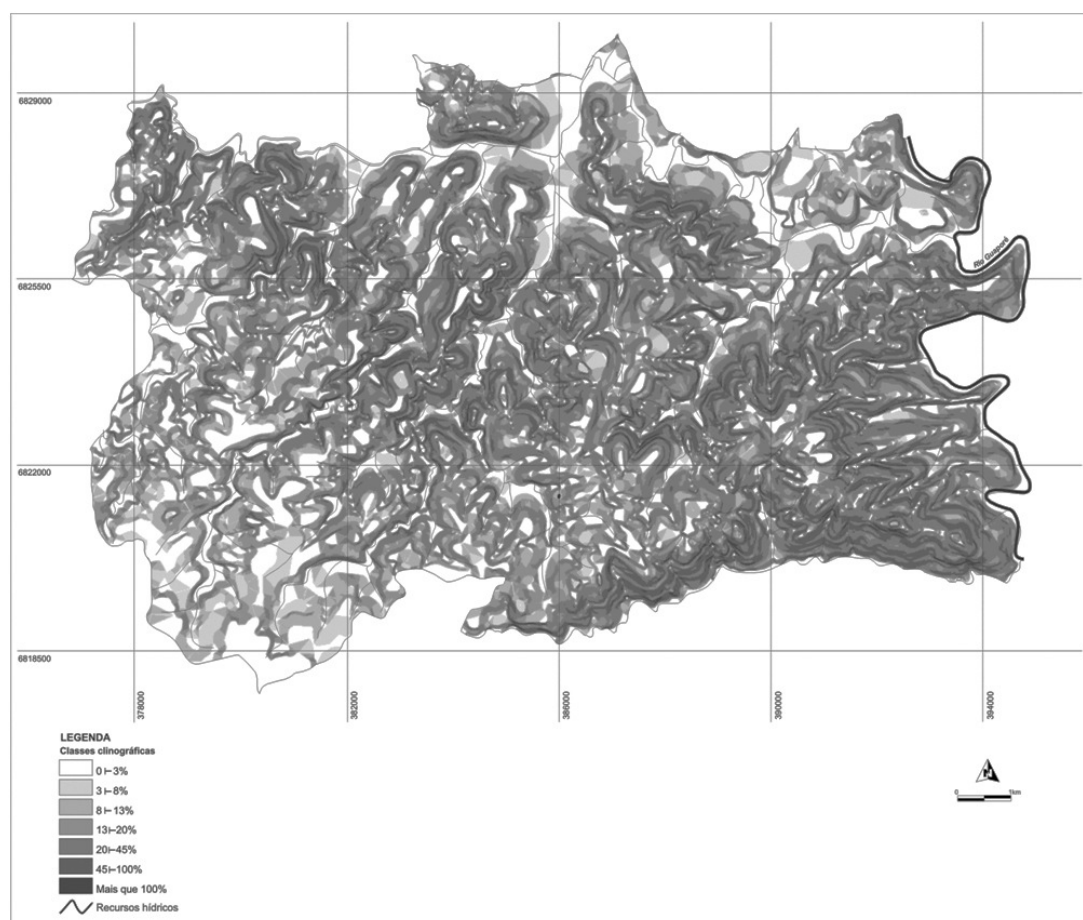


Fig. 4 - Mapa de clinografia do município.

As terras mais indicadas para o uso agrícola somam em torno de 23% (0 – 8%), com relevo plano/praticamente plano a suave ondulado, apresentando baixa suscetibilidade a erosão dos solos, exigindo práticas conservacionistas simples para prevenir a erosão. Em torno de 16% das terras encontra-se inseridas em relevo ondulado (13 – 20%), com forte grau de limitação, sendo necessárias práticas intensivas de controle a erosão. As terras inseridas em relevo moderadamente ondulado somam 11,23% da área municipal (8 – 13%), apresentando grau de limitação de uso moderado. São terras que podem apresentar sulcos e voçorocas, se utilizadas fora dos princípios conservacionistas (EMBRAPA, 1995). Além disso, estas áreas correspondem à faixa que define o limite máximo do emprego da mecanização na agricultura.

A tabela 5 apresenta os dados de uso e cobertura do solo e a figura 5 ilustra os dados relativos a tabela 5. Pode-se observar que aproximadamente 46% da paisagem do município está coberta por mata nativa, representada pelas classes FED, FOM e mata secundária. A FED está distribuída ao longo de toda a área municipal,

enquanto que a FOM, em quase sua totalidade, está localizada no setor sudoeste do município. As áreas de mata secundária se inserem no entorno ou próximo aos fragmentos florestais e em áreas onde as práticas agrícolas foram abandonadas,

TABELA 5 - DADOS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.

Classe	Área (km ²)	%
FED	45,59	30,55
FOM	5,65	3,79
Mata exótica	4,55	3,05
Mata secundária	18,06	12,11
Campo	5,28	3,54
Áreas agrícolas	37,32	25,02
Solo exposto	31,65	21,22
Área urbanizada	0,5	0,34
Água	0,59	0,4
TOTAL	149,19	100

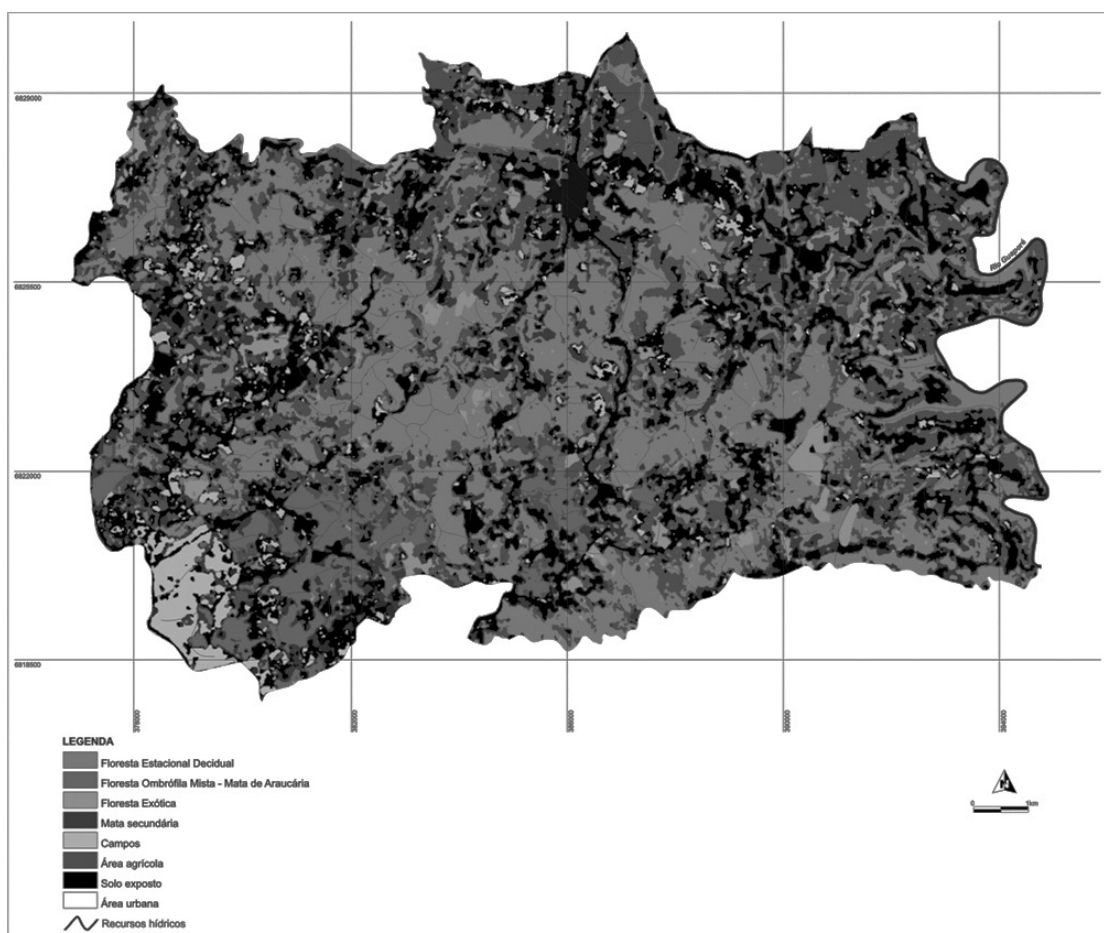


Fig. 5 - Mapa de uso e cobertura do solo (Fonte: os autores).

provavelmente provocadas pelo êxodo rural, infertilidade das terras ou prática de cultivos em sistemas agroflorestais. A mata exótica é representada principalmente por eucalipto e pinus, ocupando aproximadamente 3% da paisagem. As áreas de campo ocupam 3,54%, estando localizadas, predominantemente, no setor sudoeste municipal. As áreas de solo exposto representam 21,22%, sendo provavelmente áreas de cultivo que momentaneamente não estão sendo utilizadas ou estão sendo preparadas para o plantio. Aproximadamente 25% da paisagem é ocupada por área agrícola, sendo mais expressiva nas proximidades do Rio Lajeado Engenho Velho, onde as terras são mais planas, e em outros setores do município que apresentam baixa declividade. A área urbanizada ocupa 0,34% da área municipal e a classe água está presente na forma de reservatórios (açudes) e alguns recursos hídricos que eram possíveis de serem reconhecidos na imagem de satélite 0,40%.

A vegetação é considerada como um importante indicador das condições ambientais de uma região, porque protege o solo, reduz o transporte de sedimentos e o assoreamento dos recursos hídricos, além de servir de habitat para animais silvestres, contribuindo com a manutenção da biodiversidade. Entretanto, nos últimos anos, a redução das áreas naturais tem influenciado na fragmentação da paisagem, isto é, a vegetação natural é interrompida por barreiras antrópicas (estradas, áreas agrícolas, urbanização, etc.) capazes de diminuir significativamente o fluxo de animais, pólen ou sementes entre áreas naturais próximas, comprometendo as funções ecológicas básicas dos ecossistemas e, conseqüentemente, reduzindo as populações de espécies na paisagem (SILVA et al, 2000).

Um fragmento de vegetação natural, ou simplesmente fragmento, foi definido neste trabalho com sendo uma superfície de área contendo vegetação natural de tamanho e forma variada, que diferem da área de entorno e estão sob constante pressão impactante da mesma. Estes fragmentos são de grande importância ecológica, podendo ser considerados remanescentes de biodiversidade e “focos” de irradiação e colonização das áreas adjacentes. São também importantes por aumentar a biodiversidade da paisagem e contribuir para a saúde ambiental (equilíbrio-estabilidade) de uma

dada região (PIRES, 1995). As áreas de vegetação nativa do município são constituídas por fragmentos remanescentes de vegetação que se encontram em diferentes estádios de sucessão ecológica.

As tabelas 6 e 7 apresentam os dados referentes a análise ecológica da paisagem, especificamente da classe de uso e cobertura do solo referente a mata nativa (FED e FOM).

Na paisagem do município de Nova Alvorada existem 1.203 fragmentos de mata nativa, sendo que destes, 1.177 são referentes a FED e 26 referentes a FOM. Cerca de 83% dos fragmentos de FED são menores que 1ha e apenas 5,35% dos fragmentos desta classe são maiores que 5ha, sendo estes últimos, os que podem sustentar uma diversidade maior. Em relação a FOM, observa-se um processo contrário, já que 50% dos fragmentos desta classe são maiores, apresentando área superior a 5ha.

Os índices PD e AREA-MN corroboram com os valores encontrados na tabela 6, para a classe de FED, indicando que paisagem encontra-se fragmentada. Existem cerca de 22 fragmentos de mata a cada 100ha de área (PD) e o tamanho médio dos fragmentos é de aproximadamente 3,87ha. Entretanto, o índice LPI indica que existe um grande fragmento de mata na paisagem, que ocupa 26%

TABELA 6 - VALORES RELATIVOS À ÁREA DOS FRAGMENTOS DE MATA NATIVA.

Índice	Descrição da métrica	Área (ha)	Classe			
			FED		FOM	
			Nº frag.	%	Nº frag.	%
AREA	Tamanho dos fragmentos	< 1	977	83,01	8	30,77
		1 a 5	137	11,64	5	19,23
		> 5	63	5,35	13	50
TOTAL			1.177	100	26	100

TABELA 7 - VALORES DOS ÍNDICES ECOLÓGICOS

Índice	Descrição das métricas	FED	FOM
PD	Número de fragmentos em 100ha da paisagem	22,96	0,5
LPI	Porcentagem da paisagem ocupada pelo maior fragmento (%)	26,59	3,36
AREA-MN	Tamanho médio dos fragmentos (ha)	3,87	21,75
CORE-MN	Área média interior (ha)	1,4	8,65
SHAPE-MN	Índice de forma médio (≥ 1 , sem limite)	1,33	2,18
ENN-MN	Distância média do fragmento mais próximo (m)	75,51	375,86

da área total das classes (FED e FOM). Analisando o mapa de uso e cobertura do solo (figura 5) este fragmento está localizado no setor centro-oeste do município. Em relação a FOM, verifica-se que esta classe não está com um grau de comprometimento da qualidade ambiental elevada, já que apresenta uma baixa densidade de fragmentos em 100ha de área (PD=0,50) e o tamanho médio dos fragmentos é elevado (AREA-MN=21,75ha). A percentagem da paisagem ocupada pelo maior fragmento de FOM (LPI) é de aproximadamente 3,36%. O valor de LPI ficou mais baixo em virtude deste índice utilizar toda a paisagem para o cálculo (soma de FED e FOM). Estes dados indicam que a classe de uso e cobertura do solo referente a FED apresenta-se fragmentada, como um grande número de pequenos fragmentos (menores de 1ha), não sendo um bom indicativo para a sustentação e manutenção de espécies de fauna.

Para analisar a área média interior (CORE-MN), foi necessária a definição uma faixa de borda, que no presente estudo foi de 50 metros, por considerar a paisagem da área de estudo sob forte ação antrópica. Esta faixa de borda está localizada no entorno dos fragmentos, sendo que pode influenciar em alguns processos, como a redução gradual da biodiversidade local, provocada pela caça ilegal, destruição das bordas pela ação do fogo, colonizações, ressecamento pelo vento, invasão de gado doméstico, propagação de plantas invasoras e pesticidas (CULLEN, 1997). Em longo prazo, estes processos serão responsáveis pela modificação da estrutura da floresta, afetando negativamente os processos ecológicos e causando a perda de algumas espécies da fauna e flora.

Os fragmentos de FOM apresentam uma área de interior elevada (8,65ha) quando comparados ao fragmento de FED (1,40ha), sendo um bom indicativo de qualidade ambiental. É importante ressaltar a relação existente entre o tamanho do fragmento e sua proporção entre borda e interior, pois quanto menor for o fragmento, maior o efeito de borda observado e também a proporção de número de espécies, pois, quanto maior o fragmento maior o número de espécies esperado (ODUM, 1988).

O valor do índice de forma (SHAPE-MN) foi de 1,33 e 2,18 para os fragmentos de FED e FOM, respectivamente. O valor do índice encontrado para os fragmentos de FED, indica a

presença de fragmentos mais alongados. Os fragmentos com formas mais alongadas tendem a servir como corredores para a fauna e os fragmentos com forma mais circular tendem a apresentar uma diversidade de espécies e forrageamento no interior maior (FORMAN & GODRON, 1986). Os fragmentos de FOM apresentam-se mais recortados, o que pode vir a inviabilizar a sustentação e manutenção de espécies que necessitam de áreas maiores. É importante ressaltar que para mapas no formato matricial, este índice indica que a forma do padrão do fragmento é um quadrado (SHAPE=1). Quanto mais distante o fragmento estiver desta forma padrão, mais irregular se torna e, portanto, mais suscetível ao efeito de borda, principalmente os que apresentam uma área menor.

O índice ENN-MN para esta paisagem foi de aproximadamente 75 metros para os fragmentos de FED e de 375 metros para os fragmentos de FOM. O alto valor encontrado de ENN-MN para FOM foi devido a presença de alguns fragmentos desta classe isolados na paisagem. Observando o mapa de uso e cobertura do solo, verifica a presença de dois fragmentos na porção nordeste do município, enquanto que a maioria dos fragmentos desta classe está no setor sudoeste do município. Hargis et al. (1998) coloca que este índice apresenta valores baixos quando os fragmentos de mata estão mais agregados e, em paisagem com ação antrópica, o valor tende a ser mais elevado, diminuindo a medida que os distúrbios são controlados. O grau de isolamento afeta diretamente a qualidade de um fragmento de mata, por afetar a movimentação de organismos e a dispersão das espécies. Quanto maior for o grau de isolamento de um fragmento, maior será a taxa de crescimento de espécies de borda, que podem chegar a ocupar todo o remanescente (JARVINEN, 1982).

3.2 Riscos ambientais ao componente solo e água

3.2.1 Risco potencial à erosão dos solos

Estão apresentados na **tabela 8** os valores das áreas com risco potencial a erosão dos solos, em km² e porcentagem. É importante ressaltar que os riscos à degradação ambiental por erosão, foram estabelecidos com base na cobertura vegetal nativa (FED, FOM, regeneração e campo).

a 45°, com 3,5km² (14,62%), 7,61km² (1,82%) e 5,38% (1,29%), respectivamente.

É importante ressaltar que a mata ciliar desempenha importante papel como controlador hidrológico de uma bacia. As áreas ripárias são reguladoras de fluxo de água (superficiais e subsuperficiais) e de sedimentos (que levam consigo nutrientes) entre as áreas mais altas da bacia hidrográfica e o sistema aquático (REICHARDT, 1989). Atuam como filtros e por isso são também

TABELA 8 - DADOS DE RISCO POTENCIAL À EROÇÃO DOS SOLOS

Classe de risco	Área (km ²)	%
Mínimo	74,58	49,99
Menor	43,26	29
Intermediário	23,18	15,54
Maior	8,17	5,48
TOTAL	149,19	100

A figura 6 mostra as áreas de riscos potenciais à erosão dos solos do município de Nova Alvorada.

Analisando os dados apresentados na tabela 8, pode-se observar que metade da área do município encontra-se na classe de risco mínimo, ocupadas por vegetação natural, independente da declividade. As áreas de risco menor ocupam aproximadamente 29% da área municipal, estando com algum tipo de uso antrópico, assim como as áreas de risco intermediário (15,54%) e risco maior (5,48%).

3.2.2 Uso e cobertura do solo nas APPs

A área mapeada como APP corresponde a 23,94km², o que representa 15,77% da área total do município. A tabela 9 e a figura 7 apresentam as áreas condizentes e não condizentes com a legislação ambiental vigente.

Analisando a tabela 9, pode-se observar que a APP pertencente a entorno de recursos hídricos ocupa a maior área, com 17,33km² (72,39%), seguido pela APP de topos de morro, APP de nascentes e por último, APP de declividade superior

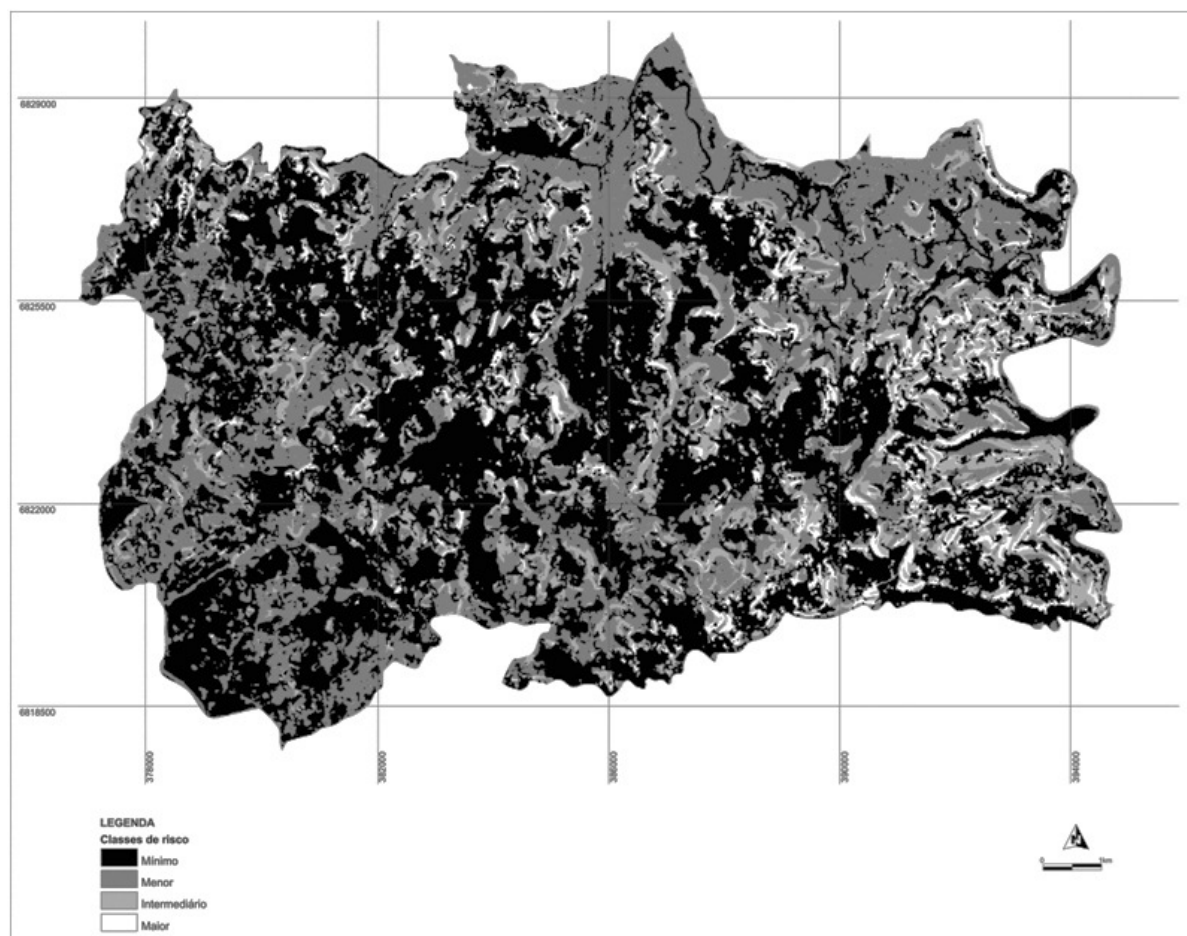


Fig. 6 - Mapa de risco potencial a erosão dos solos.

designadas como “sistema tampão” (CORBETT & LYNCH, 1985). Conseqüentemente, todas estas funções conduzem à melhoria da qualidade da água, fornecendo numerosos benefícios ambientais e sócio-econômicos. Neste sentido, como a maior parte das APPs do município são de margens de recursos hídricos, recomenda-se a recomposição florestal, com espécies nativas, das áreas que são ocupadas por algum tipo de uso antrópico.

TABELA 9 - DADOS DAS APPs.

Uso	APP				TOTAL	
		1	2	3		4
Condizente	km ²	0,88	0,97	2,13	9,77	13,75
	%	3,68	4,05	8,89	40,81	57,47
Não condizente	km ²	0,94	0,32	1,37	7,56	10,19
	%	3,93	1,33	5,73	31,58	42,57
TOTAL	km ²	1,82	1,29	3,5	17,33	23,94
	%	7,61	5,38	14,62	72,39	100

¹Nascente

²Declividade superior a 45° ou 100%

³Topos de morro

⁴Margens de recursos hídricos

3.3 Zoneamento Ambiental

A elaboração do mapa temático referente Zoneamento Ambiental foi baseado na análise e o cruzamento dos dados das etapas anteriores, objetivando determinar as melhores formas de aproveitamento do solo, visando o uso sustentável do território. Neste trabalho foram elencadas 6 zonas, como seguem: zona de proteção aos remanescentes florestais (ZPRF), zona de proteção aos recursos hídricos, encostas e topos de morro (ZPAPP), zona de uso agrícola 1 e 2 (ZUA 1 e 2), zona urbana consolidada (ZUC) e zona de expansão urbana (ZEU). A tabela 10 mostra a área ocupada por cada uma das zonas e a figura 8 mostra o mapa de Zoneamento Ambiental.

As áreas destinadas ao uso agrícola foram separadas em duas classes, como pode ser observado na figura 8 e na tabela 10. A ZA 1 ocupa aproximadamente 24% da área municipal, sendo caracterizada por ser mais plana, com risco de erosão dos solos que vai desde terras não suscetíveis a terras com moderada suscetibilidade a erosão. A ZA 2 compreende terras que apresentam uma suscetibilidade a erosão dos solos maior, necessitando práticas de manejo mais intensivas,

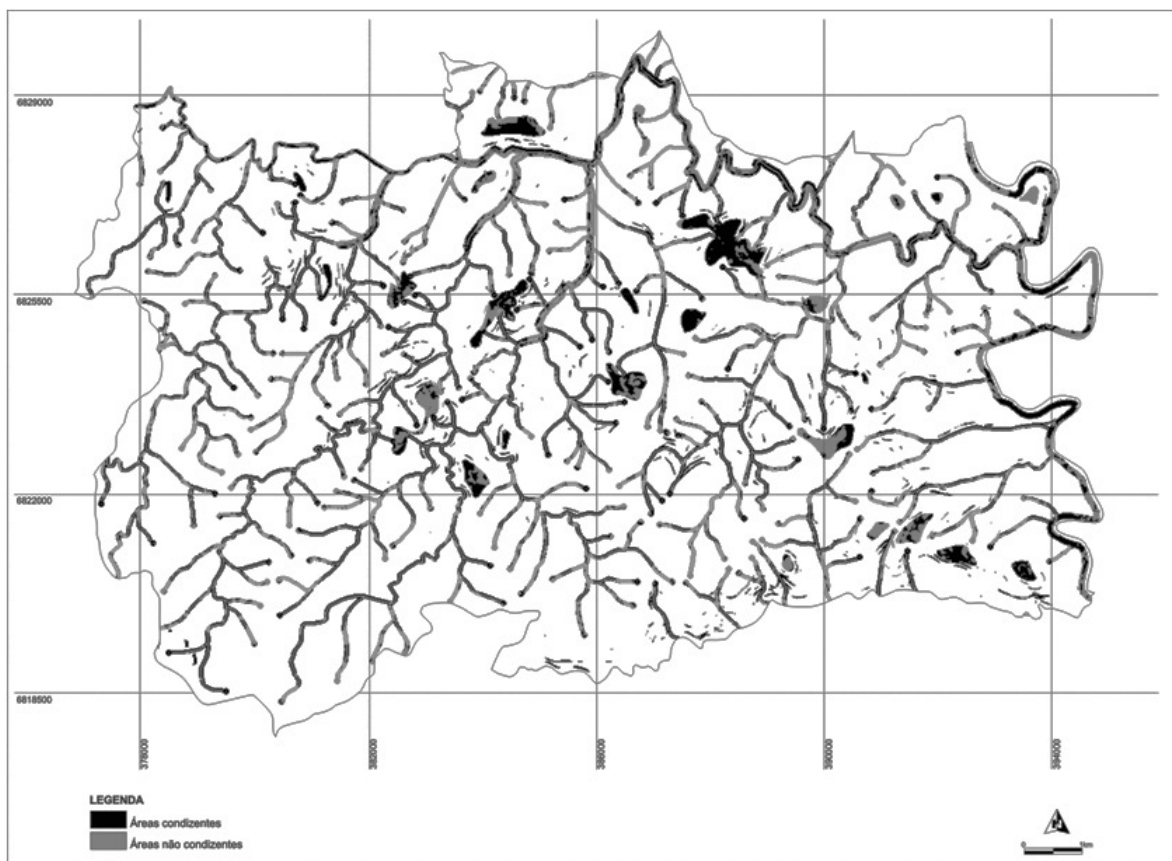


Fig. 7 - Mapa das APPs condizentes e não condizentes com a legislação ambiental.

representando cerca de 26% da paisagem. A ZPRF compreende 30,06% da área municipal, sendo constituída por fragmentos de mata com área maior que 10ha. A ZPAPP (18,57%) abrangem as áreas protegidas por lei (Código Florestal Brasileiro). A área representada pela ZEU (0,81%) foi definida analisando as características do relevo e a proximidade do núcleo urbano consolidado (ZUC).

TABELA 10 – ÁREA OCUPADA POR CADA UMA DAS ZONAS DE PLANEJAMENTO.

Zonas	Área (km ²)	%
ZPRF	44,85	30,06
ZPAPP	27,7	18,57
ZA 1	35,95	24,1
ZA 2	38,98	26,13
ZUC	0,5	0,34
ZEU	1,21	0,81
TOTAL	149,19	100

Assim, as áreas mais próximas ao ZUC e mais planas, constituem as áreas mais aptas.

4. CONCLUSÕES

A utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) permitiu obter um conjunto de informações ambientais, o que possibilitou a caracterização do município de Nova Alvorada, facilitando a análise e compreensão dos elementos que compõem a paisagem. Estes elementos possibilitaram a elaboração do Zoneamento Ambiental, o qual abrange seis zonas de planejamento. Os métodos utilizados se mostraram eficientes, descrevendo fidedignamente a paisagem.

Este tipo de trabalho subsidia o planejamento e gestão do território fornecendo diretrizes para a política ambiental, pois possibilita organizar e analisar dados de várias origens em função do tempo e do espaço resultando em uma maior eficiência na alocação de recursos públicos e um aproveitamento mais racional dos recursos naturais. Neste sentido, os dados levantados podem servir de subsídio para a tomada de decisão pelos planejadores municipais.

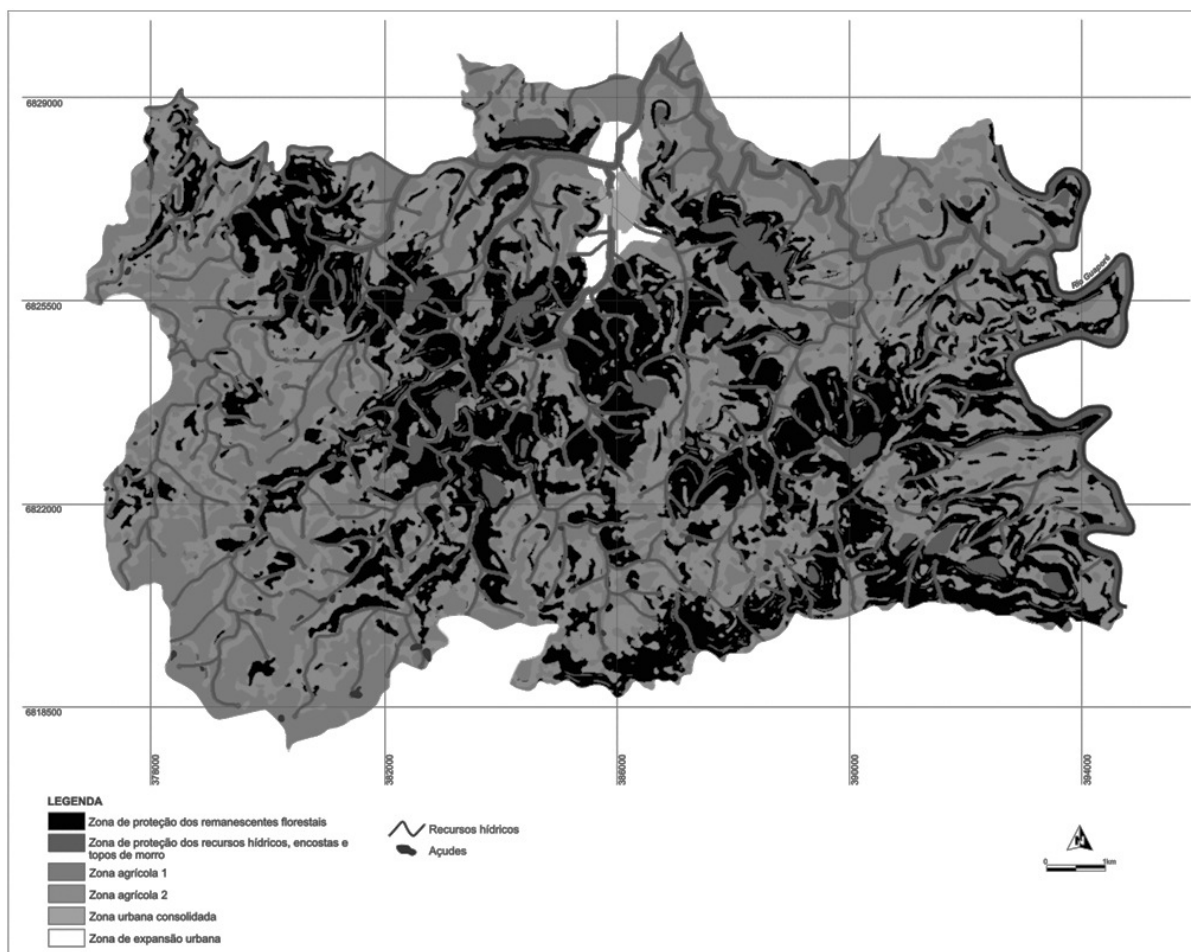


Fig. 8 – Zoneamento Ambiental (Fonte: os autores).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Lei Federal Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Novo Código Florestal Brasileiro**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm> Acesso em: 07 fev.2009a.
- BRASIL. Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. **Estipula as normas para o parcelamento do solo urbano e das outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6766.htm>. Acesso em: 06 mar. 2009b.
- BRASIL. Lei Federal n. 6.938, de 31 de agosto de 1981: Dispõe sobre a **Política Nacional do Meio Ambiente**, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/Leis/L6938.htm>> Acesso em: 10 mar. 2009c.
- BRASIL. Lei Federal Nº 10.257, de 10 de julho de 2001. **Estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/Leis/LEIS_2001/L10257.htm> Acesso em: 10 mar. 2009d.
- BRASIL. **Ministério do Exército - Departamento de Engenharia e Comunicações. Diretoria do Serviço Geográfico do Exército - DSG**. Folhas: SH.22 V-B-IV-4 (MI 2934/4) de Arvorezinha, SH.22-V-B-IV-2 (MI 2934/2) de Maria e SH.22-V-B-IV-1 (MI 2934/1) de Nicolau Vergueiro: cartas topográficas. Porto Alegre, 1979. Escala 1:50.000.
- CÂMARA G; SOUZA R. C. M.; FREITAS U. M.; GARRIDO J. SPRING: **Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**. Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, 1996.
- CÂMARA, G. Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Banco de Dados Geográficos. **Tese de Doutorado em Computação Aplicada**. 1995. 264p. Tese (Doutorado em Computação Aplicada). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE. São José dos Campos. 1995. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/teses/gilberto>. Acesso em 20. nov.2006
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Dispõe sobre **parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente**. Resolução nº 303 de 20 de março de 2002.
- CORBETT, E.S., LYNCH, J.A. Management of streamside zones on municipal watersheds. In: Riparian ecosystems and their management . USDA **Forest Service general Technical Report RM-120**, p.187- 190, 1985.
- CULLEN, L. **Hunting and biodiversity in Atlantic Forest fragments, São Paulo, Brazil**. 1997. 144p. Tese (Mestrado) – College of Forestry, University of Florida, Gainesville, 1997.
- EASTMAN, J.R. **Idrisi for Windows: introdução e exercícios tutoriais**. Editores da versão em português: Henrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre: UFRGS. Centro de Recursos IDRISI. 224 p. 1998.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solos. **Súmula da x Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro . 83 p. 1979. (SNLCS. Série Miscelânea, 1).
- EMBRAPA. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. RAMALHO FILHO, A. & BEEK, K.J. 3 ed. rev. – Rio de Janeiro. EMBRAPA/CNPS. 1995. 65p.
- FORMAN, R.T.T; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York, John Wilwy & Sons, 1986, 619p.
- HARGIS, C.D.; BISSONETTE, J.A.; DAVID, J.L. **The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation**. Landscape Ecology, v. 13, p. 167-186, 1998.
- JARVINEN, O. **Conservation of endangered plant populations: single large or several small reserves?** Oikos, v. 38, p. 301-307, 1982
- MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S. A.; NEEL, M. C.; ENE, E. Fragstats: **Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps**. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. 2002. Disponível em: <www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>. Acesso em: 5 fev. 2009.
- MONTAÑO, Marcelo. Os recursos hídricos e o zoneamento ambiental: o caso do município de São

Carlos (SP). 2002. 129p. **Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento)** – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2002.

MISSIO, E. Proposta conceitual de zoneamento ecológico-econômico para o município de Frederico Westphalen/RS. 2003. 181 p. **Tese (Doutorado em Ciências)** – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

ODUM. **Ecologia**. Rio de Janeiro, RJ: Ed. Guanabara. 434p. 1988.

PIRES, J.S.R. Análise ambiental voltada ao planejamento e gerenciamento do ambiente rural: abordagem metodológica aplicada ao município de Luiz Antonio, SP. 1995. 232p. **Tese (Doutorado em Ciências)** - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1995.

REICHARDT, K. Relações água-solo-plantas em mata ciliar. In: **SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR**, 1989, Campinas. Anais...Campinas: Fundação Cargill, 1989. p. 20-4.

ROCHA, J.S.M. **Manual de Projetos Ambientais**. Santa Maria/RS: Imprensa Universitária, 1997. 446p.

SANTOS, R.F. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática**. São Paulo: Oficina de Textos. 2004.184p.

SILVA, J.dos S.; ABDON, M. de M.; PARANAGUA, P.A. Remanescentes de vegetação. In: ESPINDOLA, E.L.G et. al. **A Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho: uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar**. 2000. São Carlos – SP. Rima. 2000. p. 77-87.

SILVA, T. C. **Zoneamento Ambiental**. Brasília: Ibama, 1997. 33 p. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/ambtec/documentos.php?cdp240&cds=201>>. Acesso em: 3 mar. 2008.