

**ZONEAMENTO AMBIENTAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO
ARROIO CADENA, SANTA MARIA (RS) – (ESTUDO DE CASO)**

Fabrina Bolzan Martins¹, José Sales Mariano da Rocha², Adroaldo Dias Robaina¹,
Silvia Margareti de Juli Morais Kurtz², Fabio Charão Kurtz³, Sandra Maria Garcia⁶,
Alessandro Herbert de Oliveira Santos⁶, Paulo Roberto Jaques Dill⁷, Tatiana Nardon Noal⁸

(recebido: 17 de setembro de 2003; aceito: 14 de julho de 2005)

RESUMO: O município de Santa Maria apresenta uma série de conflitos ambientais causados, principalmente, pelo uso inadequado do solo e pela má utilização do espaço físico territorial, gerando deteriorações na ambiência. O Zoneamento Ambiental da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Cadena permitiu avaliar a deterioração ambiental existente na referida sub-bacia, por meio de uma análise de seis parâmetros ambientais: declividade, densidade de drenagem, coeficiente de rugosidade, vegetação, ocupação humana e uso da terra. A sub-bacia foi dividida em quatro classes de zoneamento: Área de Recuperação (AR), Área de Uso Antrópico (AUA), Área de Preservação Permanente (APP) e Área de Conservação Permanente (ACP), onde foram observados 2.986,13 ha (50,35%) para a classe AR, ocupando a maior área da sub-bacia, seguido de 2.741,61 ha (39,65%) para AUA, 230,84 ha (5,15%) para APP e 252,13 ha (4,85%) para ACP. A deterioração ambiental média para a sub-bacia foi 61,3%. Em termos conclusivos, recomenda-se que o zoneamento ambiental seja uma ferramenta a ser aplicada pelos órgãos governamentais, pois otimiza a organização do espaço territorial, bem como a preservação dos recursos naturais.

Palavras-chave: Zoneamento ambiental, Arroio Cadena, Deterioração Ambiental.

**ENVIRONMENTAL ZONING OF ARROIO CADENA'S HIDROGRAFIC
SUB-BASIN, SANTA MARIA (RS)**

ABSTRACT: The county of Santa Maria presents a series of environmental conflicts, being caused mainly by the inadequate use of the soil and by the bad use of the territorial physical space, generating environmental deterioration. The Environmental Zoning of Arroio Cadena's inaprocess of watershed management allowed evaluate the environmental deterioration in the referred sub-basin, where were it analyzed six environmental parameters: slope, drainage density, ruggdeness number, vegetation, human occupation and soil's use. The sub-basin was divided in four classes: Area of Recovery (AR), Area of Human Use (AUA), Area of Permanent Preservation (APP) and Area of Permanent Conservation (ACP), where was observed 2.986,13 ha (50,35%) for the class AR, occupying the largest area of the sub-basin, followed by 2.741,61 ha (39,65%) for AUA, 230,84 ha (5,15%) for APP and 252,13 ha (4,85%) for ACP. The environmental deterioration average for the sub-basin was 61, 3%. Summarizing, it is recommended that the environmental zoning be a tool to be applied by the government agences, because it optimizes the organization of the territorial space as well as the preservation of the natural resources.

Key words: Environmental zoning, Arroio Cadena, environmental deterioration.

¹ Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola – Departamento de Fitotecnia – Universidade Federal de Santa Maria – 97105-900 – Santa Maria, RS – fabrina@mail.ufsm.br, Bolsista CNPq – Brasil.

² Engenheiro Florestal, Doutor, Professor Titular do Departamento de Engenharia Rural – UFSM – Santa Maria, RS – 97105-900 – jsmrocha@terra.com.br

³ Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Rural – UFSM, Santa Maria, RS, – 97105-900 – arobaina@ccr.ufsm.br

⁴ Engenheira Florestal, Doutora, Professora Adjunto do Departamento de Engenharia Agrícola – UFCG, Campina Grande, PB – sjmkurtz@deag.ufcg.edu.br

⁵ Engenheiro Florestal, Doutor, Pós-Doutorando do Departamento de Engenharia Agrícola – UFCG, Campina Grande, PB – charao71@yahoo.com.br

⁶ Engenheiros Florestais, Doutores: sandramgarcia@mail.ufsm.br, aleh75@yahoo.com.br

⁷ Engenheiro Florestal, MSc. Doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola – UFSM, Santa Maria (RS) – 97105-900 prjd@bol.com.br

⁸ Engenheira Florestal, Universidade Federal de Santa Maria – 97105-900 – Santa Maria (RS).

1 INTRODUÇÃO

Os recursos naturais solo, água, fauna, flora, ar, microorganismos e o homem, constituem o meio ambiente. Cada um desses recursos tem um padrão de qualidade. O rompimento de um padrão de qualquer recurso natural, dá origem à deterioração ambiental. Essa deterioração para Kurtz (2000), alarma tanto aos países de primeiro mundo, quanto de terceiro mundo. Cairncross (1992) considera que os danos são mais evidentes nos países do terceiro mundo, onde o sustento da população é obtido, principalmente, a partir da exploração dos recursos naturais renováveis. Estes aspectos associados acarretam graves problemas no desenvolvimento econômico e social dos países (ATAIDES, 2001).

Para minimizar a deterioração ambiental é necessário um planejamento, que para Mello Filho (1994) visa o uso racional dos recursos, proporcionando uma ocupação ordenada e melhor aproveitamento do espaço físico, minimizando prejuízos ao meio, tanto na administração pública, como da população inserida na área.

Nesse sentido a Constituição Federal de 1988 prevê, no inciso IX do artigo 21, competência à união para elaborar e executar planos de ordenamento do território e de desenvolvimento econômico e social, utilizando metodologias de zoneamento (SENA, 1999).

Para Rocha (1995), elaborar um zoneamento consiste em dividir uma área em parcelas homogêneas, com características fisiográficas e ecológicas semelhantes, nas quais se autorizam determinados usos e atividades e se interdita outros. Existem tipos diversos de zoneamento, os quais são implantados de acordo com o uso e a finalidade que se destinam, dentre eles: zoneamento florestal, zoneamento agroecológico, zoneamento em unidades de conservação, zoneamento climático, zoneamento ambiental (MELO, 1997).

Segundo Rocha (1997), o zoneamento ambiental faz parte de um conjunto de projetos ambientais desenvolvidos no sentido de fornecer uma orientação para o desenvolvimento sustentável dos recursos naturais. Atende as unidades políticas (municípios e propriedades rurais), as unidades naturais (ecossistemas e bacias hidrográficas) e as unidades pontuais e lineares (indústrias, estradas, linhas de transporte e energia). Mata (1981) considera que o zoneamento ambiental procura ordenar o território segundo suas características

bióticas e abióticas, com diferentes níveis de usos e atividades. Sua utilização é necessária para evidenciar os problemas ambientais e sem dúvida, é uma ferramenta importante no planejamento ambiental. Sua implementação está relacionada ao desenvolvimento econômico e social de uma região.

Para Milano (1993), o uso do zoneamento ambiental apresenta as seguintes vantagens: a) permite que se determine limite de possíveis irreversibilidades, devido a conflitos ambientais e pontos de fragilidade biológica, antes que se tomem decisões sobre o uso de cada área, que de outra forma poderiam causar danos irreversíveis; tendo portanto, caráter preventivo; b) permite a identificação de atividades antrópicas para cada setor da unidade ambiental e seu respectivo manejo, possibilitando a descentralização de comando e decisão; c) pelo fato da metodologia do zoneamento ambiental ser flexível, permite que se adapte a definição e manejo de uma zona, conforme necessidade.

Para a elaboração do zoneamento ambiental, utiliza-se como unidade de planejamento ambiental (uso, conservação e recuperação dos recursos naturais) a sub-bacia hidrográfica, conforme lei nº 9.433 de 08/01/97, capítulo I, art. 1, inciso 5, da Política Nacional dos Recursos Hídricos. A vantagem de usar a sub-bacia hidrográfica é defendida por vários autores como Beltrame (1994), Grant (1994), Kurtz (2000), Mata (1981), Mello Filho (1994), Morais (1997), Odum (1988), Rocha (1991) e Rocha & Kurtz (2001) entre outros, por serem áreas onde o impacto ambiental causado pela sociedade, é evidentemente verificado. De acordo com Rocha (1997), a sub-bacia hidrográfica é a área que drena a água de chuvas por ravinas, canais e tributários para um curso principal, com vazão efluente e o deságüe se dá diretamente em outro rio, tendo dimensões superficiais que variam entre 20.000 ha a 300.000 ha, dando enfoque que estas áreas podem variar de acordo com a região do País. Para Grant (1994), o conceito de que a bacia hidrográfica representa uma boa e relevante demarcação na paisagem para o planejamento do uso do solo, não é uma idéia original, pois já era reconhecida por muitos conservacionistas como John Powel e Clarence King, e utilizada na China antiga para o planejamento urbano. Segundo Kurtz et al. (2003) como a bacia hidrográfica constitui uma unidade hidrológica natural, ela representa a

unidade mais lógica para o planejamento dos recursos hídricos, já que permite que o foco das atenções se concentre nesses recursos, e se tenha uma visão de conjunto dos problemas que os afetam.

Este trabalho teve como objetivo geral, a elaboração de um zoneamento ambiental para a sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, localizada no município de Santa Maria (RS). Os objetivos específicos foram avaliar seis parâmetros ambientais mínimos: densidade de drenagem, declividade, coeficiente de rugosidade, vegetação, ocupação humana (habitações) e uso da terra (agricultura, pecuária, floresta).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Santa Maria apresenta uma ocupação urbana acelerada e desordenada, cuja expansão, em alguns aspectos, desconsidera o meio físico e na maioria dos casos; há o uso indiscriminado de espaços como: encostas íngremes, topos de morros, faixas marginais de cursos fluviais, áreas alagáveis e inundáveis, gerando deterioração ambiental (MORAIS, 1997).

O Arroio Cadena situa-se na Região Central do Estado do Rio Grande do Sul, no município de Santa Maria (29° 26' 51,94" e 30° 00' 18,67" de latitude sul e 54° 19' 32,41" e 53° 30' 43,59" de longitude oeste), totalizando 3.230 km². Sua população supera 200 mil habitantes, dos quais 80% residem na área urbana (SANTA MARIA, 1996).

Para elaboração do zoneamento ambiental foram utilizadas: Cartas topográficas, escala de 1:50000, elaborada pela Diretoria do Serviço Geográfico do Sul do Brasil: folhas SANGA DA LARANJEIRA (SH 22-VC-IV-3), SANTA MARIA (SH 22-VC-IV-1); aerofotogramas pancromáticos, escala aproximada de 1:10.000, de janeiro e fevereiro de 1992, cedidos pela Prefeitura Municipal de Santa Maria e mapa em papel vegetal da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, escala 1:10000. Os dados obtidos foram tratados pelo Programa SITER (Sistema de Informações Territoriais), desenvolvido pelo Professor Enio Giotto do Departamento de Engenharia Rural-Centro de Ciências Rurais (UFSM) para a digitalização e medição das áreas, e dos parâmetros ambientais mínimos (densidade de drenagem, declividade, coeficiente de rugosidade, vegetação, ocupação humana e uso da terra).

A metodologia consistiu das seguintes fases:

2.1 Classificação das áreas ambientais

Para a elaboração do Zoneamento Ambiental da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS), foram estabelecidas as seguintes classes, conforme metodologia proposta por Kurtz (2000) e Rocha (1997):

-Área de Preservação Permanente (APP): São áreas reservadas à manutenção dos ecossistemas intactos;

-Área de Conservação Permanente (ACP): São áreas onde é permitido o convívio homem e ecossistema;

-Área de Recuperação (AR): São áreas onde a deterioração ambiental ultrapassa 10%; e

-Área de Uso Antrópico (AUA): São áreas sociais, destinadas ao homem, existentes nos ecossistemas.

2.2 Seleção da unidade ambiental

A figura escolhida como unidade ambiental, para os trabalhos de laboratório e de campo, foi o hexágono, por ser a figura geométrica mais semelhante com as formas do terreno (DE BIASI, 1970).

Nesta metodologia, cada hexágono representou 21 ha, perfazendo um total de 336 hexágonos totais e parciais, formando uma rede, em escala 1:10.000, que foi colocada sobre o Mapa de Uso da Terra da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Cadena (RS) e sobre os demais mapas auxiliares: curva de nível, rede de drenagem, divisão em microbacias, todos de mesma escala, sendo georreferenciados à rede de coordenadas UTM.

Em cada hexágono numerado (1 a 336) foram digitalizados e medidos os temas (parâmetros ambientais) e mediante os dados levantados, foram atribuídos e tabulados os valores ambientais ponderados.

2.3 Parâmetros ambientais

Selecionou-se seis parâmetros ambientais na estratificação e seus respectivos valores ponderados: densidade de drenagem, declividade, coeficiente de rugosidade, vegetação, uso e ocupação humana e uso da terra. Cada um desses parâmetros ambientais, recebeu valores ponderados, em função da importância ambiental (Tabela 1), sendo que foram dados valores mínimos e máximos para cada parâmetro.

Tabela 1 – Parâmetros e valores ambientais utilizados no Zoneamento Ambiental.**Table 1** – Parameters and values used in Environmental Zoning.

Códigos	Parâmetro ambiental	Valor ambiental	
		Mínimos	Máximos
DD1	Densidade de Drenagem	1	10
DV2	Declividade	1	20
CR3	Coefficiente de Rugosidade	1	04
VG4	Vegetação	1	10
OH5	Ocupação Humana	1	15
UT6	Uso da Terra	1	10
Totais (somatórios)		6	69

A densidade de drenagem (DD1) foi obtida pela fórmula (ROCHA, 1991):

$$DD1 = \sum L (R.C.T)/A$$

em que:

$\sum L (R.C.T)$ = somatório das ravinas, canais e tributários (Km)

A = área do hexágono (ha)

A DD1 foi dividida em 10 classes, sendo que a classe que recebeu valor ponderado (1), teve menor impacto, ou seja, menor risco ambiental e a classe que recebeu valor ponderado (10), foi a de maior impacto, maior risco de ocorrer erosão.

A declividade (DV2) foi calculada pela equação (KURTZ, 2000).

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n l_{cn} \times \Delta h}{A} \times 100$$

em que:

H = declividade média (%);

$\sum_{i=1}^n l_{cn}$ = somatório dos comprimentos de todas as curvas de nível, na microbacia (hm);

Δh = equidistância das curvas de nível (hm);

A = área da microbacia (ha).

A DV2 foi dividida em 20 classes, e a classe que recebeu menor valor ponderado (1), teve a menor declividade, ou seja, terreno mais plano, mais susceptível à enchentes e problemas de drenagem. A classe correspondente a (20), obteve a maior declividade, apresentando sérios problemas de erosão e instabilidade de encostas. São áreas de preservação

florestal (MORAIS, 1996).

O coeficiente de rugosidade (CR3) é obtido pela expressão (ROCHA, 1997):

$$RN = D \times H$$

em que:

RN = coeficiente de rugosidade;

D = Densidade de drenagem do hexágono (Km/ha);

H = Declividade média do hexágono.

O CR3 foi dividido em quatro classes. O valor ponderado (1) representa os solos apropriados para agricultura, para um valor ponderado de (2) e (3), respectivamente, representa solos apropriados para pastagem e para pastagem/reflorestamento. Para um valor ponderado máximo (4) representa os solos apropriados para reflorestamento, sendo que quanto maior for o valor de CR3, maior o perigo de erosão.

A vegetação (VG4) foi obtida digitalizando cada hexágono e medindo a área “verde”. A VG4 foi dividida em 10 classes: arbórea, arbustiva e pastagem, com ou sem a ação humana (casas, estradas, etc). Ao local sem ação humana, foi atribuído o menor valor ponderado (1).

A Ocupação Humana (OH5), foi obtida mediante a digitalização de cada hexágono. A OH5 foi dividida em 15 classes, sendo que a classe que recebeu um menor valor ponderado (1), obteve menor ocupação humana. Esse valor se deve ao fato de causar menor impacto ao ecossistema. Para ocupação total no hexágono, foi atribuído o maior valor ponderado (15).

O Uso da Terra (UT6) foi dividido em 10 classes. A classe que recebeu maior ocupação, recebeu maior valor ponderado (10).

Os valores mínimos representam o menor impacto ambiental, ou seja, não apresenta grandes limitações quanto ao uso da sub-bacia. Os valores máximos são os de maior impacto ambiental.

Com relação a ponderação dos valores, utilizou-se o valor 1 para não dar valores nulos de deterioração. O valor ponderado mais alto significa a maior contribuição para a deterioração em termos ambientais, correspondendo a situação menos favorável. O valor ponderado mais baixo, apresenta situação mais favorável, sendo portanto, um processo quantitativo (CASSOL, 1996). Observa-se que a situação mais favorável não corresponde à situação ideal, mas aquela que tem existência real, independentemente do estado de alteração que tenha sido imposta ao meio.

2.4 Avaliação analítica das deteriorações ambientais de cada unidade ambiental

Com base no somatório dos valores ponderados máximos e mínimos de todos os parâmetros, calculou-se com uso da regressão linear a Reta de Deterioração Ambiental:

$$Y = a \cdot X + b$$

em que:

Y = deterioração ambiental por hexágono;

X = valores encontrados pela aplicação dos parâmetros considerados;

a, b = coeficientes.

A partir desta equação calcula-se o valor de deterioração ambiental (y) para cada unidade mínima de análise. Com o valor de y calculado, definiram-se as classes ambientais.

2.5 Seleção das classes ambientais para a definição do Zoneamento Ambiental

Com a equação calculou-se o valor de Y em função de cada indicador total (X). Para a definição das Classes Ambientais, calculou-se a amplitude e o intervalo das classes, dos valores em porcentagem de deterioração. Ao valor mínimo de deterioração ambiental encontrado, acrescentou-se uma fração da amplitude e assim encontrou-se o primeiro intervalo correspondente à classe ecológica Área de

Preservação Permanente (APP). Repetiu-se este procedimento, adicionando-se mais uma fração da amplitude ao intervalo superior da classe anterior e assim, sucessivamente, para as restantes classes ambientais: Área de Conservação Permanente (ACP), Área de Recuperação (AR) e Área de Uso Antrópico (AUA).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Determinação da equação de deterioração ambiental

Por hexágono os valores foram atribuídos e tabulados, sendo somados os valores ponderados máximos e mínimos de todos os parâmetros.

Observou-se que o valor mínimo corresponde a uma unidade ou fração de área em que todos os parâmetros assumem o valor ponderado mínimo = 1, e, portanto o seu somatório será igual a 6. Nesta situação, a porcentagem de deterioração ambiental é considerada 0%, ou seja, corresponde à situação com existência real mais favorável. Da mesma forma, o valor do somatório dos valores ponderados máximos = 69, corresponde ao maior nível de deterioração ambiental, ou seja, 100%. Com base nestes resultados determinou-se a equação de deterioração ambiental, pela regressão linear:

$$Y = 1,5873 \cdot X - 9,5238$$

Encontrou-se um valor $X_{total} = 44,6$, com 336 observações. A Unidade Crítica de Deterioração foi de: $Y = 1,5873 \cdot 44,6 - 9,5238$, o que gerou em uma deterioração ambiental total de 61,30% (Figura 1).

Sabe-se que existe correlação entre duas ou mais variáveis, quando as alterações sofridas por uma delas são acompanhadas por modificações nas outras. Ou seja, no caso de duas variáveis X e Y, verifica-se que, se há aumentos (ou diminuições) em X correspondem a aumentos (ou diminuições) em Y. Para que exista correlação é necessário que a reta corte o eixo X em algum ponto ($a \neq 0$). Assim, quando há correlação, a reta de regressão em Y não é paralela ao eixo X.

Verificou-se na Figura 1 que houve uma correlação positiva, pois X e Y variam no mesmo sentido, ou seja, quanto maior forem os valores encontrados nos parâmetros considerados, maior será a deterioração ambiental.

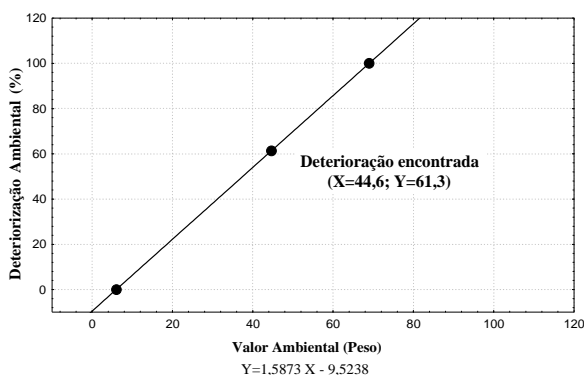


Figura 1 – Reta de Deterioração Ambiental para o Zoneamento Ambiental na Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS).

Figure 1 – Environmental deterioration's line to environmental Zoning of Arroio Cadena, Santa Maria (RS).

3.2 Seleção das classes ambientais para a definição do Zoneamento Ambiental

A partir da equação, calculou-se o valor da unidade crítica de deterioração ambiental (Y) para cada hexágono. Com o valor de Y calculado, definiu-se as classes ambientais (APP, ACP, AUA e AR).

Pela Figura 2 nota-se a distribuição das classes na área de estudo, apresentando os seguintes percentuais de ocupação de cada classe de zoneamento ambiental na Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Cadena.

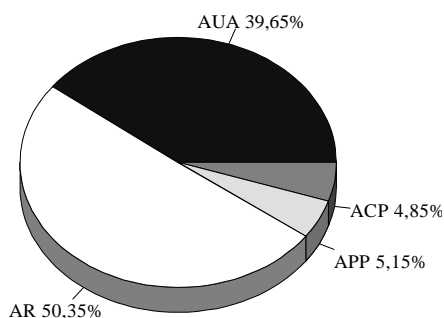


Figura 2 – Valores das classes encontradas, em porcentagem para o Zoneamento Ambiental.

Figure 2 – Classes values found, in percentage, for Environmental Zoning.

A classe AR ocupa a maior área da sub-bacia hidrográfica (50,35%) e são áreas onde a deterioração ambiental ultrapassa 10%, necessitando de ajuda e apoio dos órgãos públicos e da comunidade. São áreas deterioradas, sendo que, após restauração, o órgão ambiental poderá transformar o todo, ou parte dela em ACP ou AUA (ROCHA, 1997).

Com 39,65%, encontra-se a classe AUA. Esta área é recomendada para agricultura, pastagem e ocupação humana, pois já são áreas exploradas, e atualmente apresentam uma ação antrópica ativa. É preferível que não sejam ocupadas outras áreas com esta classe, pois aumentará a deterioração local, comprometendo o seu uso sustentável (CRISTO, 2001). Deve-se preservar e conservar áreas nobres, que possuem florestas e água, para que se possa manter o equilíbrio e melhorar a qualidade de vida dos moradores desta Sub-bacia, como é o caso das áreas de preservação e conservação permanentes. Como são áreas sociais existentes nos ecossistemas, para qualquer empreendimento, a ser instalado nessas áreas, deverá haver licença do órgão ambiental. O órgão ambiental, seguindo critérios preconizados na Legislação Ambiental vigente, poderá exigir Estudo de Impacto Ambiental (EIA), Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), Plano de Controle Ambiental (PCA) ou termo de referência para os empreendimentos a serem realizados.

A APP encontra-se distribuída em 5,15%, são áreas declivosas, portanto, são reservadas à manutenção dos ecossistemas intactos, onde são proibidas visitas, a exceção de expedições científicas, credenciadas pelos órgãos ambientais. Nessas áreas é recomendado florestamentos, como medida para minimizar a erosão ou as enchentes. O uso da agricultura ou pecuária deve ser proibido, uma vez que não há meios de trabalhar com maquinário, por necessitar de mão-de-obra e investimentos altíssimos.

E, em menor porcentagem encontrou-se a classe ACP com 4,85%. Por estarem em zonas menos declivosas que as APP, as ACP já permitem trânsito, mas que este seja para uso de veículos de pequeno porte, sem grandes impactos ambientais. Essa convivência depende de um PCA, aprovado pelo órgão ambiental competente. A conservação permanente dessas áreas permite seu uso para o turismo, lazer, recreação, educação ambiental, esportes, trilhas ecológicas, visitação às cachoeiras,

grutas, etc. Com isso a área estará sendo conservada pelos moradores da sub-bacia, melhorando a sua qualidade de vida utilizando ecoturismo local, que prevê a conservação dessas áreas.

4 CONCLUSÕES

A metodologia (baseada na Constituição Federal de 1988 no inciso IX do artigo 21) utilizada para o Zoneamento Ambiental da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS) levou a resultados reais e convincentes com relação à realidade da área de estudo. Os resultados obtidos permitiram avaliar a deterioração ambiental da sub-bacia e abrir possibilidades para elaborar prognósticos para um maior equilíbrio no futuro manejo da sub-bacia e de sua preservação, tendo, como pressuposto, o equilíbrio possível entre o desenvolvimento com a preservação ambiental.

A classe Área de Recuperação deverá ser transformada em Áreas de Conservação Permanente ou em Área de Preservação Permanente, evitando ações antrópicas.

A classe Área de Preservação Permanente deve ser restrita a estudos, sendo proibida a entrada, o uso, exploração e ocupação humana.

A classe Área de Uso Antrópico deve receber estradas, moradias, agricultura, pecuária etc, uma vez que é a classe destinada ao uso, ocupação e exploração antrópica.

A classe Área de Conservação Permanente deve ser utilizada para turismo e recreação, por ser a classe que possibilita um uso humano, sem portanto, haver ocupação e exploração.

Como conclusão final e com base na presente metodologia que conduziu a resultados confiáveis para a elaboração de um zoneamento ambiental, sugere-se aos órgãos públicos ambientais que a mesma metodologia seja aplicada nas demais sub-bacias hidrográficas do município, a fim de direcionar e controlar o desenvolvimento urbano.

5 AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria, ao Laboratório de Projetos Ambientais e Fotointerpretação pela oportunidade e aporte técnico para realização deste trabalho; ao Programa

Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PIBIC/CNPq) pelo apoio financeiro concedido.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATAIDES, P. R. V. de. **Impactos ambientais**: um ensaio sobre métodos e estudo de um caso. 2001. 212 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

BELTRAME, A. V. da. Uma aplicação do sensoriamento remoto no planejamento físico das bacias hidrográficas. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 4, n. 1, p. 37-41, mar. 1994.

CAIRNCROSS, F. **Meio ambiente**: custos e benefícios. Tradução de Cid Knipel Moreira. São Paulo: Nobel, 1992. 269 p.

CASSOL, R. **Zoneamento ambiental elaborado com variáveis otimizadas estatisticamente, geradas por técnicas cartográficas**. 1996. 292 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

CRISTO, S. S. V. **O estudo de risco ambiental na sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, direcionado à inundação, Santa Maria, RS**. 2001. 61 f. Monografia (Especialização em Imagens Orbitais e Suborbitais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

DE BIASI, M. **Carta de declividade de vertentes**: convecção e utilização. São Paulo: Instituto de Geografia, 1970.

GRANT, G. Introduction to watershed analysis: a retrospective. In: _____. **Summary of the Watershed/Landscape Analysis Workshop**. Andrews: Andrews Experimental Forest Station, 1994. 43 p.

KURTZ, F. C. **Zoneamento ambiental em banhados**. 2000. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

KURTZ, F. C.; ROCHA, J. S. M. da; KURTZ, S. M. J. M. de; ROBAINA, A. D.; GARCIA, S. M.; SANTOS, A. H. O.; DILL, P. R. J.; ATAIDES, P. R. V.; MARTINS, F. B. Zoneamento ambiental dos banhados da estação ecológica do Taim, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 77-83, jan. 2003.

- MATA, S. **Planejamento urbano e preservação ambiental**. Fortaleza: UFC, 1981. 242 p.
- MELLO FILHO, J. A. **Estudo de microbacias hidrográficas, delimitadas por compartimento geomorfológicos, para o diagnóstico Físico Conservacionista**. 1994. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1994.
- MELO, N. A. **Subprograma de políticas dos recursos naturais**. Brasília: MMA/MRH/MAL, 1997. 165 p.
- MILANO, M. S. **Unidades de conservação: conceitos básicos e princípios gerais de planejamento, manejo administração**. Curitiba: [s.n.], 1993. 63 p.
- MORAIS, S. M. J. de. **Diagnósticos quantitativos mínimos de ambiência para o manejo integrado da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, Município de Santa Maria – RS**. 1997. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1994.
- MORAIS, S. M. J. de. **Proposta metodológica para elaboração de mapa temático e uso de SIG visando o planejamento municipal: estudo de caso**. 1996. 55 f. Monografia (Especialização em Interpretação de Imagens Orbitais e sub-orbitais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1996.
- ODUM, P. E. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 434 p.
- ROCHA, J. S. M. da. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 1991. 181 p.
- ROCHA, J. S. M. da. **Área de proteção ambiental (APA) de Osório – Morro da Borússia**. Osório: Prefeitura Municipal de Osório, 1995. 188 p.
- ROCHA, J. S. M. da. **Manual de projetos ambientais**. Brasília: MMA, 1997. 446 p.
- ROCHA, J. S. M. da; KURTZ, S. M. J. M. **Manejo integrado de bacias hidrográficas**. 4. ed. Santa Maria: UFSM, 2001. 302 p.
- SANTA MARIA. Prefeitura Municipal. **Vamos trabalhar juntos**. Porto Alegre: BMT, 1996. 37 p.
- SENA, L. B. R. da. **Curso de especialização à distância em instrumentos jurídicos, econômicos e institucionais para o gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: ABEAS, 1999. 193 p.