

MAPEAMENTOS DE USO DA TERRA E OCUPAÇÃO DO ESPAÇO GEOGRÁFICO EM SANTA MARIA, RS

Mapping of soil use and geographical space occupation in Santa Maria, RS

Anderson Luis RUHOFF¹
Vanessa Almeida PORTO²
Rudiney Soares PEREIRA³

RESUMO

Os objetivos deste artigo constituem-se na análise da distribuição espacial dos elementos da paisagem do município de Santa Maria, RS. Analisou-se como florestas, campos, agricultura, solos agrícolas e zona urbana distribuem-se no espaço geográfico. Foram consideradas variáveis como altimetria e declividade. Com a análise espacial, elaborou-se um plano de ocupação adequado, visando a estimular o desenvolvimento socioeconômico e a preservação dos recursos naturais. Os resultados apresentados mostram o potencial das técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento no mapeamento e na análise regional.

Palavras-chave:

Geoprocessamento, espaço geográfico, análise ambiental.

ABSTRACT

The objective of this article is the analysis of the spatial distribution of the landscape elements, in Santa Maria, RS. Forests, fields, agriculture, agricultural soils and urban areas and their relational distribution in the space were analyzed. The variables considered were altimetry and slope. With the spatial analysis, an appropriate occupation plan was elaborated, seeking social and economic development associated with environmental preservation. The results show the potential of techniques of Remote Sensing and Geoprocessing in mapping and regional analysis.

Key words:

Geoprocessing, geographical landscape, environmental analysis.

¹ Geógrafo, Mestrando (Programa de Pós-Graduação em Geomática), Professor do Departamento de Geociências da UFSM. ruhoff@mail.ufsm.br

² Geógrafa, Mestranda (Programa de Pós-Graduação em Geografia), Professora do Departamento de Metodologia do Ensino da UFSM. vanessaporto@mail.ufsm.br

³ Eng. Florestal, Doutor (Ciências Florestais – UFPR), Professor do Departamento de Engenharia Rural da UFSM. rudiney@smail.ufsm.br

INTRODUÇÃO

O objetivo principal desta pesquisa consiste em estudar a distribuição espacial dos elementos que compõem parte do espaço geográfico do município de Santa Maria, RS. Para isso, utilizou-se como área de estudo a Carta Topográfica de Santa Maria – SE (Folha SH. 22 – V – C – IV/1 – SE), na escala de 1:25.000, elaborada pela Divisão de Serviços Geográficos do Exército Brasileiro. Estudou-se a relação existente entre variáveis como Uso da Terra, Declividade e Altimetria, analisando como os elementos da paisagem (florestas, campos, áreas agrícolas, solos expostos e zona urbana) distribuem-se espacialmente. Para realização destes objetivos, a metodologia fundamentar-se-á na noção de unidades ecodinâmicas, propostas por TRICART (1977). Nessa concepção ecológica, o ambiente é analisado sob o prisma da Teoria dos Sistemas (ROSS, 1994), que parte do pressuposto de que na natureza as trocas de energia e matéria se processam por meio de relações de equilíbrio dinâmico.

O MUNICÍPIO DE SANTA MARIA, RS

Localizado na faixa de transição entre o Planalto Meridional e a Campanha Gaúcha, apresenta dois conjuntos fisiográficos distintos: Rebordo do Planalto e Depressão Central. O Rebordo do Planalto caracteriza-se principalmente por derrames basálticos fissurais, apresentando-se, segundo dados do MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (199-?), como uma área de solos rasos em elevadas declividades, originalmente coberta por florestas subtropicais de grande porte. Conforme MACIEL FILHO (1990), a Depressão Central apresenta-se com declividades suaves, solos profundos de origem sedimentar e bem drenada, originalmente coberta por campos e vegetação rasteira, intercalado com vegetação subarborescente.

O município apresenta uma forte ligação com a exploração dos recursos naturais, com atividades agrícolas tanto no rebordo do Planalto quanto na Depressão

Central. Nas áreas localizadas no Rebordo do Planalto, a agricultura familiar produz principalmente fumo, batata e milho. A agricultura trouxe como conseqüências o desmatamento das florestas subtropicais, sendo que grande parte da agricultura ocupa áreas com diversas restrições morfoedológicas, não encontrando formas de se modernizar. A Depressão Periférica é explorada com cultivos de arroz, soja e pecuária e caracteriza-se por ser uma área de campo sem restrições ao uso de tecnologias. A figura 1 apresenta a Carta-Imagem de Santa Maria, a partir da composição falsa-cor (3/B, 4/G, 5/R) do satélite LANDSAT 7 *Enhanced Thematic Mapper*, órbita-ponto 223-081 e com data de 28/05/2000. As principais características do município de Santa Maria apresentam-se resumidas na tabela 1, sendo que tais informações foram extraídas do site *IBGE@Cidades* (2004) (www.ibge.gov.br/cidades).

Na classificação climática de Köppen, o clima na área de estudo recebe a denominação de Cfa Subtropical Úmido, com invernos frios e verões quentes. Segundo SARTORI (1979), a área apresenta um clima mesotérmico brando, sem estação seca definida e com índices pluviométricos anuais entre 1.500 a 1.700mm. A vegetação da região compreende basicamente formações florestais – Floresta Subtropical, latifoliada de espécies semicaducifólias, encontrada no rebordo do planalto, ao longo dos vales, em regiões de grande declividade, compreendendo formações montanas e submontanas; formações campestres – campos cobertos por gramináceas contínuas, entremeadas de subarbustos isolados; e formações especiais, correspondentes a matas de galeria e vegetação ribeirinha (IBGE, 1986).

METODOLOGIA DE PESQUISA

Utilizou-se a Carta Topográfica Folha de Santa Maria – MI – 2965/1 – SE, em escala 1:25.000, localizada entre as coordenadas geográficas 53°45' e 53°52'30" de Longitude Oeste e 29°37'30" a 29°45' de Latitude Sul, com a qual elaboraram-se as cartas hipsométrica e

TABELA 1 – SÍNTESE DE INFORMAÇÕES DO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA

Síntese de Informações	
Área municipal	
População total (Censo 2000)	243.611 habitantes
População urbana	230.696 habitantes
População rural	12.915 habitantes
Lavouras de Arroz	6.000 hectares
Lavouras de Soja	5.000 hectares
Lavouras de Milho	3.800 hectares

FONTE: IBGE@CIDADES.

clinográfica. Com a imagem do satélite LANDSAT 7 ETM+, órbita-ponto 223.081, datada de 28 de maio de 2000, elaborou-se a carta de uso da terra. E, para a elaboração das cartas temáticas digitais, utilizou-se o Software SPRING 3.6.03 (INPE, 2003).

A partir da digitalização das curvas de nível, elaborou-se um Modelo Numérico do Terreno (MNT). Conforme ARONOFF (1995), um modelo numérico de terreno é uma representação matemática da distribuição espacial de uma determinada característica vinculada a uma superfície real, e sua principal utilização é o armazenamento de dados de altimetria para geração de mapas topográficos digitais. A criação de um modelo digital é elaborado por equações analíticas e representado por uma rede (grade) de pontos regulares e/ou irregulares (TIN - *Triangular Irregular Network*).

Com a digitalização das curvas de nível, criou-se uma grade triangular irregular para representar a superfície. Na modelagem da superfície por meio de grade irregular triangular, cada polígono que forma uma face do poliedro é um triângulo. Os vértices do triângulo são geralmente os pontos amostrados da superfície. Esta modelagem, considerando as arestas dos triângulos, permite que as informações morfológicas importantes, como as descontinuidades representadas por feições lineares de relevo (cristas) e drenagem (vales), sejam consideradas durante a geração da grade triangular, possibilitando assim, modelar a superfície do terreno preservando as feições geomorfológicas da superfície (CÂMARA et al., 1997).

A partir da Grade Irregular TIN, elaboraram-se as cartas de altimetria e declividade. As cotas altimétricas foram estabelecidas conforme as altitudes encontradas na área de estudo. Estas se encontraram entre 0 - 90, 90 - 180, 180 - 270, 270 - 360, 360 - 450, 450 - 540 metros. As classes de declividade consideradas foram declividades menores que 5%, entre 5 e 15%, entre 15 e 30%, entre 30 e 45% e maiores que 45%.

Para a obtenção da carta de uso da terra, georreferenciaram-se todas as bandas da imagem do satélite LANDSAT 7 ETM+, por meio de equações polinomiais de 2º grau que fazem o vínculo entre as coordenadas da imagem e as coordenadas no sistema de

referência, por meio de pontos de controle passíveis de identificação na imagem, como cruzamento de estradas, confluência de rios, pistas de aeroportos, entre outros pontos homólogos. O erro médio de georreferência das imagens foi de 0,75 pixel. Considerando-se que cada pixel nas imagens LANDSAT é de 30 metros, o erro médio nominal foi de 22,50 metros.

Após o registro das imagens, realizou-se a classificação supervisionada através do classificador por máxima verossimilhança, descrito por JENSEN (1996) e MATHER (1999), com a coleta de amostras nas classes temáticas pré-estabelecidas – dentre as quais as mais expressivas foram floresta, campos, zona urbana, agricultura, solos agrícolas e lâminas d'água. Elaboradas todas as cartas temáticas digitais georreferenciadas, efetuaram-se então os cruzamentos para analisar a distribuição espacial dos elementos da paisagem: I) Altimetria e Uso da Terra e II) Declividade e Uso da Terra.

Estabelecidos os cruzamentos a realizar, utilizaram-se a álgebra de mapas e operações booleanas para obter os resultados esperados. Um programa em LEGAL (*Linguagem Espacial-Geográfica baseada em Álgebra*), segundo BARBOSA e CORDEIRO (2001), consiste de uma seqüência de operações descritas por sentenças organizadas segundo regras gramaticais, envolvendo operadores, funções e dados espaciais, categorizados segundo o modelo de dados do SPRING, e representados em planos de informações. Um programa em LEGAL é constituído de uma lista de sentenças que descreve um procedimento, isto é, um conjunto de ações sobre dados espaciais, que faça sentido no contexto de alguma disciplina de Sistemas de Informação Geográfica. Tais sentenças em LEGAL são estruturadas em quatro grupos: I) Declaração de variáveis, II) Instanciações de variáveis, III) Operações de álgebra de mapas, e IV) Controle de comandos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Carta Topográfica de Santa Maria – SE (escala de 1:25.000) possui uma área de 16791,99 hectares. Na tabela 2 apresentam-se as áreas das cotas

TABELA 2 – QUANTIFICAÇÃO DAS ÁREAS POR CLASSES ALTIMÉTRICAS

Cotas Altimétricas	Área (Hectares)	Área relativa
0 – 90 m	3.937,51	23,45%
90 – 180 m	8.415,02	50,11%
180 – 270 m	1.723,10	10,26%
270 – 360 m	1.389,74	8,27%
360 – 450 m	1.307,83	7,79%
450 – 540 m	18,79	0,12%
Total	16.791,99	100%

altimétricas e o percentual relativo. A figura 2 apresenta a Carta Hipsométrica de Santa Maria.

Grande parte da área de estudo localiza-se em até 180 metros do nível do mar (representando 73,56% do total). Essa área constitui-se na Depressão Periférica Sul-Riograndense, e originalmente é coberta por vegetação herbácea entremeada de arbustos isolados (Campos nativos – típicos da Campanha Gaúcha), sendo que também ocorrem matas ciliares próximas aos cursos d'água. A partir dos 180 metros de altitude encontra-se o Rebordo do Planalto Meridional Brasileiro. É uma zona de transição entre a Depressão Periférica e o Planalto Meridional em que as características geomorfológicas são de uma região bastante acidentada, com elevada amplitude altimétrica e declividades acentuadas. O Topo do Planalto localiza-se a aproximadamente 540 metros de altitude. O relevo acidentado foi esculpido basicamente pela erosão dos tributários dos Rios Ibicuí e Vacacaí. Recobrimo do Rebordo do Planalto encontram-se florestas subtropicais. Na Carta Topográfica de Santa Maria, o Rebordo encontra-se no extremo norte da área de estudo, sendo que por isso predominam altitudes de até 180 metros.

Santa Maria é constituída por áreas bastante planas, cujas declividades encontram-se aproximadamente até 15%, perfazendo aproximadamente 70% do total da área. As áreas acidentadas localizam-se no extremo norte do município, pois esta região constitui o Rebordo do Planalto Meridional Brasileiro. A tabela 3 apresenta a quantificação absoluta e relativa das classes de declividade. A concentração de áreas planas ao sul deve-se

principalmente ao modelamento do relevo pelo Rio Vacacaí. Este apresenta grandes áreas de várzea que são ocupadas com lavouras de arroz e nas quais também se encontra assentada grande parte da zona urbana de Santa Maria. A figura 3 apresenta a Carta Clinográfica de Santa Maria.

Os cultivos agrícolas (Agricultura e Solos), bastante intensos, ocupam um total de 3.824,43 hectares (22,77% do total da área) e espacialmente localizam-se tanto em áreas propícias quanto em áreas sem aptidão agrícola, como ao longo de rios e drenagens e em declividades superiores a 30%. A zona urbana, que representa 24,17% da área, localiza-se sobre um divisor de águas dos rios Vacacaí e Ibicuí, cada qual desaguardo em bacias hidrográficas opostas. O crescimento da zona urbana ocorreu basicamente para a parte norte, sobre o Rebordo do Planalto Meridional Brasileiro. As florestas basicamente ocupam as áreas com declividades superiores a 30%, que se localizam também no Rebordo do Planalto, locais em que a agricultura ocorre em menor intensidade. Os campos nativos, integrantes da Depressão Periférica Sul-Riograndense e da Campanha Gaúcha, localizam-se ao sul da área de estudo e constituem a típica paisagem dos pampas. A tabela 4 apresenta a quantificação absoluta e relativa dos elementos da paisagem encontrados em Santa Maria, RS. A figura 4 apresenta a Carta de Uso da Terra de Santa Maria.

Analisando-se as formas de relevo e a distribuição dos elementos da paisagem, percebem-se dois compartimentos geomorfológicos bem definidos: 1) De-

TABELA 3 – QUANTIFICAÇÃO DAS ÁREAS POR CLASSES DE DECLIVIDADE

Classes de Declividade	Área (Hectares)	Área relativa
Até 5%	7.864,50	46,83%
Entre 5 e 15%	4.677,91	27,85%
Entre 15 e 30%	2.311,15	13,76%
Entre 30 e 45%	1.162,33	6,92%
Maior que 45%	776,12	4,64%
Total	16.791,99	100%

TABELA 4 – QUANTIFICAÇÃO DAS ÁREAS POR CLASSES DE USO DA TERRA

Classes de Uso da Terra	Área (Hectares)	Área relativa
Florestas	4.786,00	28,50%
Campos	4.042,13	24,07%
Zona Urbana	4.058,37	24,16%
Agricultura	1.975,93	11,77%
Solos Agrícolas	1.848,50	11,01%
Lâmina d'água	81,06	0,49%
Total	16.791,99	100%

pressão Periférica, com altimetrias em torno de 150 metros, coberta principalmente por campos nativos e pela localização da zona urbana do município de Santa Maria; II) Rebordo do Planalto, com altitudes superiores a 180 metros.

A partir da tabela 5 pode-se compreender a distribuição dos campos nativos, florestas, agricultura e zona urbana nas diferentes cotas altimétricas. Altitudes de até 180 metros são ocupadas por campos nativos (3.518,93 hectares) e pela zona urbana de Santa Maria (3.787,43 hectares). A agricultura e os solos preparados para cultivos também ocorrem nesta classe altimétrica, ocupando aproximadamente 631 hectares.

Outra constatação ocorreu em relação à localização espacial das florestas, que ocupam áreas relativas maiores na medida em que aumenta a altitude. Há um predomínio florestal em altitudes superiores a 180 metros. Tal fato explica-se, pois conforme aumentam as altitudes, aumentam também as declividades. Originalmente, o Rebordo é coberto por florestas e a ocorrência de campos deve-se ao desmatamento de áreas florestais para implantação de agricultura, com o posterior abandono destas, e estabelecendo-se domínios herbáceos (gramíneas). A tabela 6 apresenta a relação existente entre classes de declividade e o uso da terra.

DE BIASI (1991) salienta que declividades de até 5% não apresentam restrições ao uso e ocupação, apresentando aptidão urbano-industrial e agrícola. Porém COOKE e DOORNKAMP (1974) frisam que em áreas planas (de até 2% de declividade) o solo apresenta problemas de drenagem, com riscos de inundação para a zona urbana. A área central da zona urbana de Santa Maria não apresenta problemas de inundação, pois se localiza sobre o divisor de águas dos Rios Ibicuí e

Vacacaí. O problema encontra-se nas periferias de Santa Maria, principalmente próximo ao Arroio Cadena, pois aproximadamente 60% da zona urbana se encontra estabelecida sobre esta classe de declividade. O risco potencial de erosão é muito pequeno, porém áreas próximas aos rios e drenagens devem ser preservadas para evitar o processo de erosão e ravinamento em nascentes e áreas marginais.

COOKE e DOORNKAMP (1974) também salientam que 15% de declividade é o limite para o desenvolvimento urbano-industrial, estabelecendo também o limite para a realização da agricultura mecanizada. A agricultura (áreas cultivadas e solos preparados) ocupa 3.180,91 hectares, que corresponde a 26% em declividades de até 15%, representando poucos riscos de impactos ambientais. Os problemas ambientais podem ocorrer pela intensa exploração do meio ambiente, pois nas declividades de até 15% encontram-se apenas 2.045,49 hectares (apenas 16% da área) cobertos por florestas. O uso intenso ocorre também com a zona urbana, que ocupa os outros 30% da área.

O Kansas Geological Survey (1980) apud MACIEL FILHO (1990) comenta que a partir dos 15% de declividade iniciam-se os processos erosivos intensos, e o solo apresenta-se muito íngreme para cultivos agrícolas, tornando-se necessários cuidados especiais para a realização da atividade agrícola, como rotação de culturas, cultivos permanentes e terraceamentos. Entre 15 e 30% de declividade existe intensa ocupação por zona urbana, agricultura e solos expostos, com aproximadamente 30% do total da área ocupada. A localização de zona urbana em declividades acima de 15% oferece muitos perigos à sociedade civil, pois FERNANDES e AMARAL (1996) salientam que a ocupação de áreas urbanas em

TABELA 5 – QUANTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE USO DA TERRA POR CLASSE HIPSOMÉTRICA

	0-90	90-180	180-270	270-360	360-450	450-540
Florestas	536,38	1.286,07	999,92	1.062,42	888,09	10,47
Campos	1.219,22	2.299,71	308,15	122,48	92,34	1,24
Agricultura	440,52	973,62	152,35	154,92	4,70	-
Solos Agric.	783,53	950,70	60,21	14,92	34,02	0,82
Z. Urbana	927,38	2.860,05	111,91	35,88	136,20	1,62

TABELA 6 – QUANTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE USO DA TERRA POR CLASSE DE DECLIVIDADE

	0-5%	5-15%	15-30%	30-45%	>45%
Florestas	1.314,30	731,29	1.262,72	836,82	634,57
Campos	1.972,20	1.503,36	415,42	102,17	46,84
Agricultura	954,11	523,73	293,37	128,51	67,78
Solos Agric.	1.156,56	546,51	104,56	22,77	11,98
Z. Urbana	2.422,77	1.315,81	250,89	56,20	25,90

encostas pode provocar movimentos de massa (deslizamentos), pois o risco de deslizamentos é considerado de moderado a alto. Esse risco ainda é acentuado pelos solos pouco profundos que se desenvolvem no Rebordo do Planalto Meridional. As medidas de redução de acidentes associados a deslizamentos conforme o Programa Governamental de Redução de Desastres da ONU (1995) podem ser classificadas como: I) Preventivas; II) Emergenciais e III) Políticas de treinamento. Medidas também podem ser tomadas no sentido de controlar a expansão urbana e redimensionar o adensamento urbano para locais com menores riscos de deslizamento. Acima de 30% de declividade existe grande possibilidade de escorregamentos e movimentos de massa, em que o processo erosivo é muito intenso, e acima de 45% de declividade, conforme Kansas Geological Survey (apud MACIEL FILHO, 1990), as áreas necessitam de preservação permanente, em que é necessária a manutenção da cobertura florestal nativa. Na Carta Topográfica de Santa Maria, existem 251 hectares em que o risco de deslizamento é moderado (áreas densamente ocupadas com características geotécnicas desfavoráveis) e aproximadamente 82 hectares com alta suscetibilidade a deslizamentos (por causa da declividade extremamente acentuada associada a solos rasos).

Acima dos 30% de declividade existe um predomínio de vegetação florestal, porém percebe-se que existem ocupações indevidas destas áreas, como agricultura em elevadas declividades e construções urbanas em encostas, representando grandes perigos ambientais, e que podem provocar alterações no

ecossistema local. Os problemas ambientais desencadeados no processo de ocupação de áreas sem aptidão de uso – com a retirada da cobertura vegetal para a implantação da agricultura e construções urbanas – são o agravamento dos processos erosivos e o empobrecimento do solo, que acaba inviabilizando a agricultura. O assoreamento dos rios e córregos, como resultado da elevada sedimentação, provoca grandes desequilíbrios ambientais nos ecossistemas aquáticos, além de causar enchentes e alagamentos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a evidenciação dos aspectos físicos do quadro natural e dos aspectos socioeconômicos, definiu-se o espaço sobre o qual os agentes sociais atuam. As formas de uso da terra e ocupação do solo foram definidas principalmente pela retirada da cobertura vegetal natural para implantações de atividades agrícolas e zonas urbanas. Conclui-se que o espaço geográfico em Santa Maria encontra-se com uma ocupação bastante intensa, com baixa cobertura florestal, principalmente nos arredores da zona urbana. Salienta-se também que o uso das aplicações de Geoprocessamento e da álgebra de mapas proporcionou condições básicas para a realização do diagnóstico ambiental da área, permitindo identificar usos potenciais do solo e conflitos ambientais, sendo de fundamental importância para a elaboração de medidas compensatórias na recuperação do meio ambiente. Destaca-se principalmente o uso antrópico inadequado.

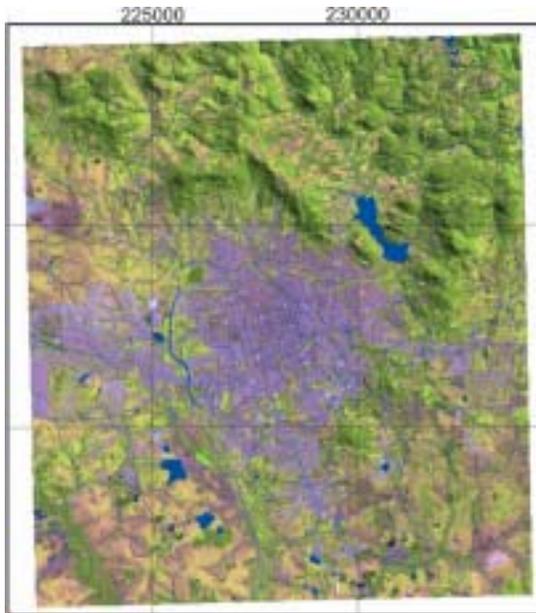


Figura 1- Carta-Imagem de Santa Maria.

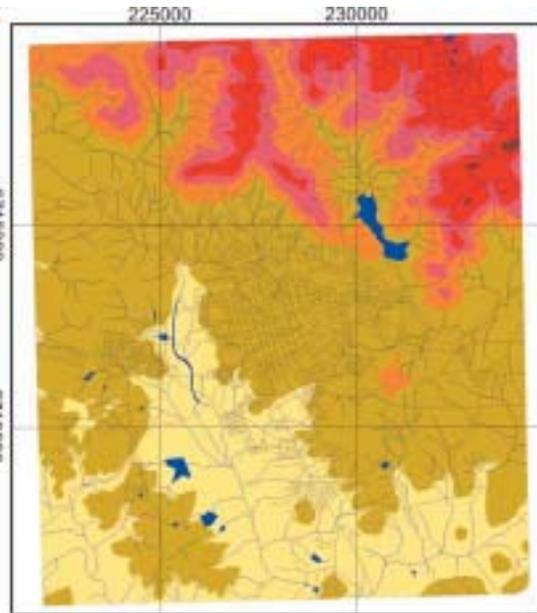


Figura 2- Carta Hipsométrica de Santa Maria
Escala Hipsométrica
100 m 200 m 300 m 400 m 500 m

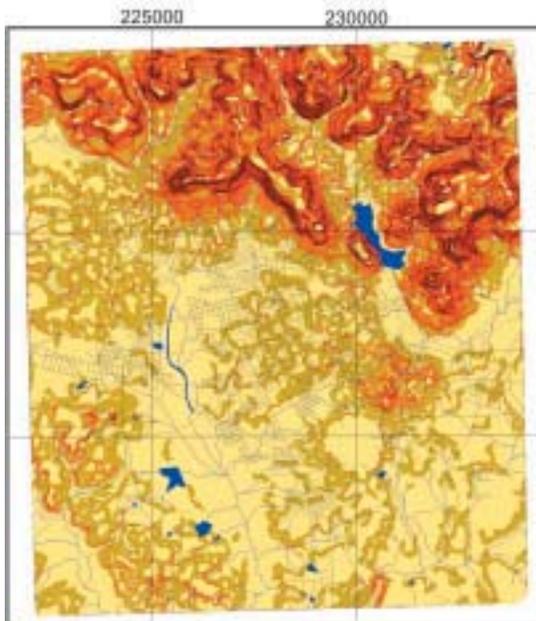


Figura 3 - Carta Clinográfica de Santa Maria. Escala Clinográfica
<5% 10% 20% 30% >45%

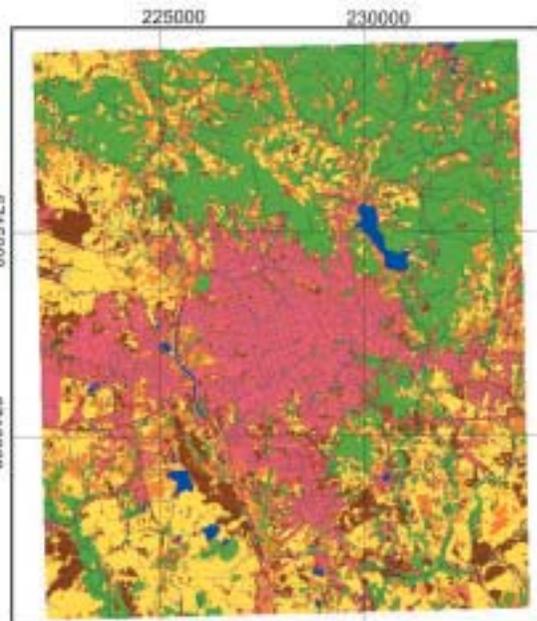


Figura 4 - Carta de uso da terra de Santa Maria

Base Cartográfica Utilizada
Diretoria do Serviço Geográfico
Restituição Fotogramétrica
Anos 1982 / 1987
Escala: 1 : 25.000

PROJEÇÃO UTM
UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
Datum Vertical: Meridiano de Torres, RS
Datum Horizontal: Córrego Negro, MG
Origem da Geodimetragem UTM:
"Equador e Meridiano 51° W. Gr."

Escala aproximada
1 : 125.000

LEGENDA - Uso da Terra

- Florestas
- Zona Urbana
- Campos
- Áreas Agrícolas
- Solos Expostos

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E OUTRAS OBRAS CONSULTADAS

- ARONOFF, S. *Geographic information systems: a management perspective*. Ottawa: WDL Publications, 1995.
- BARBOSA, C. C. F.; CORDEIRO, J. P. C. Manual de referência em LEGAL. In: CÂMARA, G. et al. *Introdução a ciência da geoinformação*. São José dos Campos: INPE, 2001.
- BOTELHO, R. G. M. et al. *Erosão e conservação dos solos: conceitos temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- CÂMARA, G. et al. *Introdução a ciência da geoinformação*. São José dos Campos: INPE, 2001.
- CÂMARA, G. et al. *Anatomia dos sistemas de informações geográficas*. Campinas: UNICAMP, 1997.
- CAMARA, G. et al. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. *Computers & Graphics*, v. 20, n. 3, p. 395-403, maio/jun. 1996.
- COOKE, R. U.; DOORNKAMP, J. C. *Geomorphology in environmental management – an introduction*. Oxford: Clarendon, 1974.
- DE BIASI, M. Carta Clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. *Revista do Departamento de Geografia (USP)*, v. 6, p. 42-59, 1991.
- DEMERS, M. N. *Fundamentals of Geographic Information Systems*. Nova York: John Wiley & Sons, 1999.
- FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. do. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A. T.; CUNHA, S. B. da. (Orgs.). *Geomorfologia e meio ambiente*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. *Avaliação e perícia ambiental*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE@Cidades. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em 20 abr. 2004.
- _____. *Projeto Radambrasil – Levantamento de recursos naturais*. v. 33. Rio de Janeiro: FIBGE, 1986.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. *Manual do usuário SPRING*. 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario/indice.htm>>. Acesso em 12 jan. 2004.
- JENSEN, J. R. *Introductory digital image processing: A remote sensing perspective*. New Jersey: Prentice Hall, 1986.
- MACIEL FILHO, C. L. *Carta geotécnica de Santa Maria*. Santa Maria: Imprensa Universitária (UFSM), 1990.
- MATHER, P. M. *Computer processing of remotely sensed images*. Nova York: John Wiley & Sons, 1999.
- MEDEIROS, J. S.; CÂMARA, G. Geoprocessamento para projetos Ambientais. In: CÂMARA, G. et al. *Introdução a ciência da geoinformação*. São José dos Campos: INPE, 2001.
- MENDONÇA, F. Diagnóstico e análise ambiental de microbacias hidrográficas: proposição metodológica na perspectiva do zoneamento, planejamento e gestão ambiental. *Ra' e Ga*. n. 3, p. 67-89, 1999.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Departamento Nacional de Produção Mineral. *Geologia do Brasil*. Rio de Janeiro: DNPM, [199 -].
- MURCK, B. W.; SKINNER, B. J.; PORTER, S. C. *Environmental Geology*. New York: John Wiley & Sons, 1996.
- NOVO, E. M. L. M. *Sensoriamento remoto: Princípios e aplicações*. São Paulo: Edgard Blucher, 1993.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *The international decade for natural disaster reduction (1995)*. Disponível em: <<http://www.un.org/>>. Acesso em 20 mar. 2003.
- ROSS, J. L. S. *Fragilidade ambiental*. Mensagem recebida por <ruhoff@mail.ufsm.br> em: 07 maio 2003.
- _____. Análises e síntese na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. *Revista do Departamento de Geografia (USP)*, n. 9, p. 63-75, 1995.
- _____. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia (USP)*, n. 8, p. 63-74, 1994.
- RUHOFF, A. L. et al. Álgebra de mapas e geoprocessamento na distribuição espacial dos elementos da paisagem em Santa Maria, RS. In: COLÓQUIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS, 3., 2003, Curitiba. *Anais...*
- RUHOFF, A. L. Diagnóstico ambiental do município de Sinimbu: A ação dos agentes construtores na formação da paisagem. *Geografares – Revista do Depto. de Geografia, UFES*, n. 3, p. 57-69, 2003.
- SARTÓRI, M. G. B. *O clima de Santa Maria, RS – do rural ao urbano*. 1979. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo.
- SILVA, J. X. Geomorfologia e geoprocessamento. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
- TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: FIBGE/Supren, 1977.