

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOMÁTICA**

**USO DE SIG PARA A CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DE
MAPAS BÁSICOS NO MUNICÍPIO DE
SÃO MARTINHO DA SERRA-RS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Sérgio Henrique Garcia Fernandes

Santa Maria, RS, Brasil

2009

**USO DE SIG PARA A CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DE
MAPAS BÁSICOS NO MUNICÍPIO SÃO MARTINHO DA
SERRA-RS**

por

Sérgio Henrique Garcia Fernandes

Dissertação apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Geomática, Área de Concentração em Tecnologia da Geoinformação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Geomática

Orientador Prof. Carlos Alberto da Fonseca Pires

Santa Maria/RS, Brasil

2009

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-graduação em Geomática**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**USO DE SIG PARA A CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DE MAPAS
BÁSICOS NO MUNICÍPIO DE SÃO MARTINHO DA SERRA-RS**

Elaborada por
Sérgio Henrique Garcia Fernandes

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Geomática

COMISSÃO EXAMINADORA:

Carlos Alberto da Fonseca Pires, Dr.
(Presidente/Orientador)

Luis Eduardo de Souza Robaina, Dr. (UFSM)

Pedro Roberto de Azambuja Madruga, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 23 outubro de 2009.

AGRADECIMENTOS

Ao término de uma jornada, faz-se necessário contar com várias pessoas que de certa forma tomaram uma importância significativa nas várias atividades relacionadas á elaboração desta dissertação. Algumas tiveram uma importância decisiva com o passar do tempo pelos esclarecimentos e orientações prestadas, e outras pelos pequenos auxílios em ocasiões necessárias merecem ser também mencionadas. Presto agradecimentos

... a Deus, pois sem sua ajuda nada seria possível.

... ao Programa Pós-Graduação em Geomática, do Centro de Ciências Rurais, da Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade de participar do Mestrado em Geomática.

... a minha esposa Lúcia Rozane Fontana Spode pelo amor e compreensão dedicados a mim durante a realização do trabalho.

... a minha família, pelo incentivo e força nos momentos mais difíceis

... ao professor Dr. Carlos Alberto da Fonseca Pires, pela oportunidade de estar desenvolvendo um trabalho sob sua orientação.

... ao meu professor e amigo Pedro Roberto Azambuja Madruga pela oportunidade de trabalharmos juntos e também pelo incentivo e amizade.

... ao Corpo Docente do CCR, pela oportunidade de compartilhar seus conhecimentos.

... a minha colega e sempre amiga Silvana, que mais uma vez, mesmo muito longe e atarefada sempre arrumou um tempinho para me auxiliar no desenvolvimento da dissertação.

... aos amigos e colegas do Laboratório de Geoprocessamento, Pedro Henrique da Silva, Damaris Padilha, Rosa Elaine Iensen, Silvia Aurélio, Camila Zanetti.

... e a todos aqueles que embora não foram diretamente, citados, mas, de alguma forma contribuíram na elaboração desse trabalho e certamente ficaram para sempre na lembrança

MUITO OBRIGADO A TODOS!

DEDICATÓRIA

Aos meus pais **Enio Ribeiro Fernandes** (in memorian) e **Maria Garcia Fernandes** (in memorian)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Geomática
Universidade Federal de Santa Maria

USO DE SIG PARA A CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DE MAPAS BÁSICOS NO MUNICÍPIO DE SÃO MARTINHO DA SERRA-RS

AUTOR: SÉRGIO HENRIQUE GARCIA FERNANDES

ORIENTADOR: CARLOS ALBERTO DA FONSECA PIRES

Santa Maria, outubro de 2009.

Nos estudos geomorfológicos, o relevo é um dos principais elementos na compreensão das inter-relações entre os aspectos físicos (litologia, solos, vegetação, hidrografia, clima etc) e as atividades dos seres humanos. Para compreender as interfaces do meio físico, são utilizados diversos métodos, entre eles destacamos o mapeamento geomorfológico, que serve como ferramenta para um bom planejamento. O presente trabalho traz classificação geomorfológica do município de São Martinho da Serra-RS, localizado entre as coordenadas geográficas 29°20' e 29°36' de latitude Sul e 53°41' e 53°05' longitude Oeste, ocupando aproximadamente de 67685.07 hectares, propondo uma análise dos diferentes padrões de organização da paisagem e suas potencialidades, buscando uma relação entre as formas de relevo e as áreas de ocorrência de ágata e ametista. Tendo como produto final a elaboração do mapa geomorfológico do município na escala de 1:50.000, utilizando-se de mapas temáticos que auxiliaram na elaboração desse: Rede Hidrográfica, Hipsometria, Declividade e Solos. Para a representação cartográfica dos fenômenos foram utilizados aplicativos computacionais para a cartografia dos fenômenos geomorfológicos responsáveis pela organização da paisagem do local em estudo. O mapa geomorfológico poderá ser utilizado e aplicado em diferentes setores das atividades humanas, principalmente ao planejamento do meio ambiente, indicando áreas de risco, áreas de proteção, áreas de preservação, entre outras.

Palavras-chave: Geomorfologia, cartografia temática, ametista-ágata, Sistemas de Informações Geográficas

ABSTRACT

Master Dissertation
Programa de Pós-Graduação em Geomática
Universidade Federal de Santa Maria

**INTEGRATED ANALYSIS OF BASIC MAPS OF
THE MARTINHO DA SERRA CITY -RS**

Author: Sérgio Henrique Garcia Fernandes
Adviser: Carlos Alberto da Fonseca Pires
Santa Maria, 2009.

In the geomorphological studies, the relief is one of the main elements to understanding the interrelationships between physical aspects (lithology, soils, vegetation, hydrography, climate, etc.) and activities of humans. For the proposal of to understand the interfaces of physical environment, it's used several methods, among which can be highlight the geomorphological mapping, which serves as a tool for good planning. This work brings the geomorphological classification of Martinho da Serra city, RS, located between the geographical coordinates 29° 20' and 29° 36' south latitude and 53° 41' and 53° 05' West longitude, occupying approximately 67685.07 hectares, proposing analysis of the different organization patterns of the landscape and their potential, seeking the relation between the forms of relief and the areas where the agata and the amethyst appear. It's having as a final product the geomorphological map of the city on the scale of 1:50,000, using the thematic maps which one can help: Drainage system, Hypsometry, Slope and Soils. In order to get the cartographic representation of phenomenons has been used the ArcView 9.2 and Idrisi for Windows software and for geomorphological phenomenons which has caused the landscape organization at the local of the study. The geomorphological map will can be used and applied on the different sectors of human activities, especially the planning of the environment, showing the risks areas, the protected areas and other one.

Key words: Geomorphologic; thematic cartography, amethhist; agate; Geographic Information System

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - Estrutura de um SIG	20
FIGURA 02 - Imagem ilustrativa da Bacia Sedimentar do Paraná e a Formação Serra Geral.....	26
FIGURA 03 - Coluna estratigráfica gerada pelo empilhamento de fácies vulcânicas e eólicas que compõe a região de São Martinho da Serra.....	29
FIGURA 04 - Mapa de localização do município de São Martinho da Serra.....	42
FIGURA 05 - Mapa das Bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul.....	43
FIGURA 06 - Mapa Climático do Rio Grande do Sul.....	45
FIGURA 07 - Mapa Rede de Drenagem de São Martinho da Serra.....	58
FIGURA 08 - Mapa das Classes de Altitudes de São Martinho da Serra.....	61
FIGURA 09 - Mapa de Declividades de São Martinho da Serra	63
FIGURA 10 - Mapa de Unidades de Relevo de São Martinho da Serra.....	65
FIGURA 11 - Mapa de Solos de São Martinho da Serra.....	70
FIGURA 12 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo de São Martinho da Serra.....	72

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - Parâmetros da rede de drenagem do município de São Martinho da Serra.....	56
TABELA 02 - Medida das Classes de Altitudes.....	59
TABELA 03 - Medida das Classes de Declividades.....	62
TABELA 04 - Unidades de Relevo de São Martinho da Serra.....	64
TABELA 05 - Unidades de Solos de São Martinho da Serra.....	67
TABELA 06 - Classes de Uso e Ocupação do Solo de São Martinho da Serra.....	69

LISTA DE QUADROS

QUADRO 01 - Unidades dos solos e principais características.....	47
QUADRO 02 - Classes de Altitudes.....	52
QUADRO 03 - Classes de Declividades.....	53
QUADRO 04 - Unidades de Relevo.....	54

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CBERS – Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres

GPS - Global Positioning System

MDE – Modelo Digital de Elevação

MNT – Modelo Numérico de Terreno

SIGs' – Sistema de Informações Geográficas

SiO₂ – Óxido de Silício

TIN - Triangular Irregular Network

UTM - Universal Transverse of Mercator

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	Geoprocessamento	17
2.2	Sistema de Informações Geográficas - SIG's.....	18
2.3	Sensoriamento Remoto.....	22
2.4	Geologia Regional	25
2.5	Ocorrência Ágata e Ametista.....	29
2.5.1	Ametista	30
2.5.2	Ágata.....	31
2.6	A Geomorfologia e sua Importância	32
2.7	Estudos Geomorfológicos e a Cartografia	35
3	MATERIAIS E MÉTODOS	40
3.1	Caracterização geral da área de estudo	40
3.1.1	Hidrografia.....	42
3.1.2	Clima.....	44
3.1.3	Características Fisiográficas	45
3.1.4	Solos	46
3.2	Procedimentos Metodológicos.....	49
3.2.1	Preparação dos dados	49
3.3	Elaboração de Mapas	50
3.3.1	Mapa Rede de Drenagem.....	50
3.3.2	Modelo Numérico do terreno.....	51

3.3.3	Mapa Hipsométrico	51
3.3.4	Mapa de Declividade.....	52
3.3.5	Mapa de Unidades de Relevô.....	53
3.3.6	Mapa de Solos	54
3.3.7	Mapa de Uso e Ocupação do Solo	54
4	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	56
4.1	Mapa Rede de Drenagem	56
4.2	Mapa de Hipsometria.....	59
4.3	Declividade.....	62
4.4	Mapa de Unidades de Relevô.....	64
4.5	Mapa de Solos.....	66
4.6	Mapa de Uso e Ocupação do Solo	68
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	73
6	AGRADECIMENTOS	76
7	BIBLIOGRAFIA.....	76

1 INTRODUÇÃO

O meio ambiente tem sofrido nas últimas décadas constantes alterações, em grande parte, relacionadas às interações de atividades realizadas pelo homem com o meio físico, principalmente no processo de ocupação e usos desordenados. Desde o início de sua existência, o mesmo utilizou-se do meio natural (primeira natureza) e através do seu trabalho foi originando uma segunda natureza, constantemente transformada em função de inovações técnicas e de interesses econômicos, ocasionando contínuas transformações espaciais (SANTOS, 1996).

Os benefícios dos avanços tecnológicos induzem ao pensamento que qualquer desafio pode ser superado, desde que, haja tempo, empenho e recursos financeiros. Na prática, constata-se que todo esse arsenal tecnológico não é suficiente. Existem outras variáveis importantes: recursos humanos, assimilação de nova cultura, controle social e principalmente adaptações organizacionais que as instituições devem sofrer para acompanhar essas transformações.

Os problemas gerados pelo uso inadequado dos recursos naturais, como: desmatamentos em margens de rios e nascentes, assoreamento, poluição por dejetos, etc, passam a ser incorporados pelo ambiente e muitas vezes passam despercebidos e acumulados ao longo do tempo. Com isto, podem tomar enormes proporções, podendo causar situações irreversíveis. Mas estes problemas podem ser sanados ou minimizados com a adoção de técnicas de planejamento que visem a manutenção e conservação de ambientes naturais para as gerações futuras.

Muitas vezes a falta de conhecimento ou de acesso a dados sobre o espaço leva o homem a agredir o meio em que vive. No entanto, as pesquisas de caráter local podem ajudar a população a ter conhecimento das fragilidades do lugar, da degradação antrópica, bem como auxiliar no planejamento de ações que evitem danos significativos ao meio ambiente.

Diante das degradações ambientais, tornam-se necessárias ações que resguardem os ecossistemas naturais e para isto é preciso que se conheçam os elementos físicos, biológicos e as ações humanas nos espaços geográficos, porque estes elementos se interagem e são responsáveis pelas dinâmicas dos sistemas

ambientais. Neste sentido, é fundamental a verificação das ações antrópicas a nível de município ou bacias hidrográficas, pois geralmente unidades geográficas menores facilitam a observação mais detalhada e as ações de planejamento, contribuindo, constantemente, para a preservação ambiental.

Botelho (1999) relata que para se obter o conhecimento das reais potencialidades e limitações de uso e ocupação de uma determinada área, é necessário levantar dados de seus atributos físicos, e casos estes dados não existam, é necessário produzi-los.

A ciência e a tecnologia tornam-se instrumentos importantes na detecção e controle destas situações adversas, que aliados ao bom senso e uma política correta, apontam novos caminhos na busca do desenvolvimento sustentável.

Na tentativa de reduzir a degradação ambiental, muitos pesquisadores têm utilizado o monitoramento dos espaços geográficos, através da utilização de técnicas que facilitam a interpretação e manipulação de dados, como o uso do geoprocessamento e do sensoriamento remoto. Estas técnicas permitem o cruzamento de uma gama de informações e também a elaboração de produtos cartográficos.

Uma ferramenta importante para os levantamentos ambientais são os mapas. Estes são fontes de informações, representando o espaço geográfico e seus componentes, auxiliando no direcionamento de ações de preservação. Ainda, possibilitam a compreensão da superfície terrestre além do limite da visão natural do ser humano, permitindo o conhecimento do espaço de forma mais ampla.

Os mapas temáticos têm sido usados em várias áreas como ferramenta, dentre elas as de planejamento urbano e rural e vêm equacionando problemas que ocorrem no espaço municipal.

Os municípios, sendo a menor unidade administrativa do país, necessitam do reconhecimento da sua área e de seus usos, no entanto, os municípios brasileiros são carentes de material cartográfico, principalmente em menores escalas digitais. Com a produção de uma documentação cartográfica digital, torna mais acessível a atualização de dados e suas informações são manipuladas com maior agilidade, o que rompe com a estaticidade dos mapas.

Dentro deste contexto tem-se o município de São Martinho da Serra no estado do Rio Grande do Sul, emancipado no ano de 1992 e que hoje apresenta cerca de 3.200 habitantes. É um município relativamente novo e que possui certa carência em materiais cartográficos e banco de dados georreferenciado, com a representação dos elementos formadores de seu espaço físico. Esta carência de material dificulta muitas vezes, estratégias de planejamentos e também tomadas de decisões.

A falta de conhecimento das potencialidades dos recursos naturais e das fragilidades dos componentes ambientais do município, tem sido, até agora, um empecilho para o seu desenvolvimento e crescimento econômicos.

Assim, esse estudo vem oferecer produtos cartográficos úteis na área, de pesquisa e ensino, para o conhecimento do município e constitui-se em um importante conjunto de informações sobre o meio físico do município, servindo de base de dados para futuros estudos que visem ao planejamento e gestão ambiental de seu território, a nível local e regional.

Para promover o desenvolvimento do município de São Martinho da Serra, este estudo visou realizar uma classificação de unidades do relevo do município, propondo uma análise dos diferentes padrões de organização da paisagem e suas potencialidades, buscando uma relação entre as formas de relevo e as áreas de ocorrência de ágatas e ametistas, obtendo como produto final a elaboração do mapa geomorfológico do município na escala de 1:50.000.

Como objetivos específicos, o presente estudo pretende elaborar mapas temáticos auxiliares na elaboração do mapa de unidades de relevo, constituído do mapa da rede de drenagem, hipsométrico, de declividade, de solos e o mapa de uso e ocupação do solo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Geoprocessamento

Geoprocessamento refere-se ao conjunto de tecnologias computacionais destinadas a informações espaciais, que vai desde a aquisição de dados até ao produto final – o mapa - utilizando técnicas matemáticas e tem como ferramentas computacionais os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's).

Para Moreira (2005), o geoprocessamento pode ser entendido como a utilização de técnicas matemáticas e computacionais para tratar de objetos ou fenômenos geograficamente identificados ou, extrair informações destes objetos ou fenômenos quando eles são observados por um sistema sensor.

Geoprocessamento refere-se a um termo amplo, que engloba diversas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, através de programas computacionais. Dentre essas tecnologias, destacam-se: o sensoriamento remoto, a digitalização de dados, a automação de tarefas cartográficas, utilização do Sistema de Posicionamento Global - GPS e do Sistema de Informação Geográfica - SIG (SANTOS *et al.*, 2000, p. 14).

Para Antunes (2007, p. 2) geoprocessamento refere-se ao processamento de dados referenciados geograficamente, desde sua aquisição até a geração e saída na forma de mapas analógicos, relatórios, arquivos, e outros, promovendo recursos para manipulação, estocagem, gerenciamento e análise.

Rosa e Brito (1996) conceituam como conjunto de tecnologias destinadas à coleta e ao tratamento de informações espaciais, assim como ao desenvolvimento de novos sistemas e aplicações, com diferentes níveis de sofisticação.

Para Silva (2001) o objetivo principal do geoprocessamento é fornecer ferramentas computacionais para que os diferentes analistas, tornem disponíveis para as análises ambientais, procedimentos que permita a investigação detalhada de relacionamentos entre entidades pertencentes a um ambiente.

Todos os conceitos de geoprocessamento mostram que esta técnica trabalha com dados georreferenciados, como entrada, armazenamento e integração de dados.

Rosa e Brito (1996) afirmam que o termo geoprocessamento pode ser aplicado às profissionais que trabalham com processamento digital de imagens, cartografia digital e sistema de informação geográfica.

Sendo assim, o geoprocessamento é um termo genérico que se refere a todas as técnicas de correlação entre informações espaciais e cartografia digital. Estando o desenvolvimento da técnica do geoprocessamento, diretamente relacionada a grande evolução vivenciada pelo sensoriamento remoto, sendo este outro instrumento bastante utilizada pela ciência cartográfica.

2.2 Sistema de Informações Geográficas - SIG's

É um sistema projetado para criar, manipular, analisar e exibir de modo eficaz, todos os tipos de informações com referencial espacial e geográfico. É a aplicação da referência geográfica da informação em sistemas computacionais, possibilitando uma melhor visualização do problema, facilitando a tomada de decisão, auxiliando o profissional, atua como ferramenta eficaz, pois possibilita ganho de tempo e economia, principalmente otimizando custos e gastos.

A utilização dos SIG's vem crescendo rapidamente em todo o mundo, uma vez que possibilita um melhor georreferenciamento de informações e conseqüente uma melhoria no processo de tomada de decisões em áreas de grande complexidade como o planejamento municipal, estadual e federal, proteção ambiental, pesquisas em diferentes áreas, entre outras.

Teixeira (1995) define SIG como um “conjunto de programas, equipamentos, metodologia, dados e pessoas (usuários) perfeitamente integrados, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise de dados georreferenciados, bem como a produção de informações derivadas de sua aplicação”.

Segundo Burrough (1989), sistemas de informação geográfica são aplicativos constituídos de cinco módulos. Cada módulo é um subsistema que permite as operações de entrada e verificação de dados, armazenamento e gerenciamento de banco de dados, apresentação e saída de dados, transformação de dados e interação com o usuário.

De acordo com Buzay e Duran (1997), na última década a tecnologia do SIG ganhou definitivo prestígio, e sua utilização permite possibilidades na obtenção de informações de diferentes fontes.

Para Almeida e Araujo (1998), os sistemas de informações geográficas possuem diferentes níveis de recursos e complexidade operacional, podendo ser usados para geração de mapas temáticos ou para análise e tomada de decisões. Neste sentido pode ser apresentado como exemplo de integração de informações os mapas de dados meteorológicos, uso da terra, classes de declividade, balanço hídrico, capacidade de uso da terra, áreas de conflito, etc.

Assim Zanon (2001) relata que os usos de técnicas cartográficas, aliadas ao sensoriamento remoto e ao geoprocessamento, mostram-se eficazes no desenvolvimento de estudos aplicados ao planejamento e uso da terra, facilitando a manipulação das variáveis e podendo ser realizados sobreposições entre os vários planos de informação de uma forma rápida e simples.

O uso da terra é a forma como ela está sendo utilizada pelo homem, e seu levantamento consiste no mapeamento e avaliação, quantitativa e qualitativa de tudo o que existe sobre a superfície terrestre, Rocha (2000).

Segundo Moreira (2003) um SIG é composto de cinco componentes independentes, entretanto, interligados uns aos outros por meio de funções específicas, conforme Figura 1.

O termo Sistema de Informações Geográficas refere-se àqueles sistemas que efetuam tratamento computacional de dados geográficos. Existem três grandes maneiras de se utilizar um SIG, para Assad e Sano (1998):

- como ferramenta para a produção de mapas;
- como suporte para análise espacial de fenômenos;
- como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

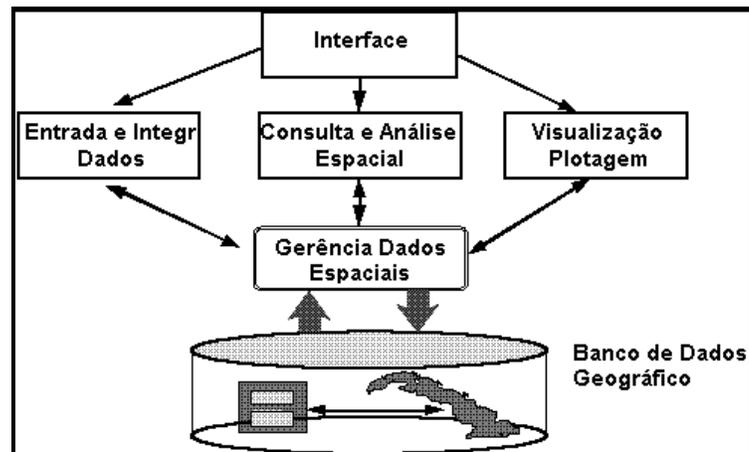


Figura 1 - Estrutura de SIG.

Fonte: Adaptada de Câmara e Medeiros (1996 apud Moreira, 2003).

Podem ser apontadas pelo menos quatro grandes dimensões dos problemas ligados aos estudos ambientais, onde é grande o impacto do uso da tecnologia de SIG: mapeamento temático, diagnóstico ambiental, avaliação de impacto ambiental, ordenamento territorial e os prognósticos ambientais, Câmara (2001).

Outra contribuição para a definição de SIG's vem de Calijuri e Röhn (1994), os quais, afirmam que o sistema de informação geográfica (SIG) é a tecnologia para investigação de fenômenos diversos, relacionados com engenharia urbana, meio ambiente, pedologia, vegetação e bacias hidrográficas. Assim, é um conjunto de tecnologias com procedimentos e equipamentos projetados para capturar, armazenar e gerenciar, informações referentes a características espaciais, de uma região, usando mapas, fotografias aéreas, imagens orbitais e informações de campo.

Neste sentido, através das informações geradas pelos SIG's, podem-se elaborar modelamentos matemáticos. Estes modelamentos segundo Nogueira (1996) são ferramentas que permitem, a partir de mapas georreferenciados e com valores de atributos conhecidos, manipular e realizar operações com diferentes fatores ambientais.

Para Larrison (1991), citado por Lopes (1996), após o modelamento, pode-se analisar dados através da apresentação gráfica de informações espaciais. Assim, encontra-se no SIG um caminho bastante flexível, pois a mesma base cartográfica

produz diferentes mapas, não necessariamente nas mesmas escalas, frutos das diferentes combinações dos *layers* (camadas) existentes no sistema.

Deste modo, percebe-se que os SIG's necessitam de processadores, aplicativos, dados geográficos e pessoal treinado para seu perfeito funcionamento. Esses sistemas são capazes de posicionar geograficamente características de feições do terreno nas suas posições relativas.

O universo de problemas onde os SIG's podem atuar com contribuições substanciais é muito vasto. Atualmente estes sistemas têm sido utilizados principalmente em órgãos públicos, nos níveis federais, estaduais e municipais, em institutos de pesquisa, empresas prestadoras de serviços, de utilidade pública (companhias de água, luz, telefone), na área de segurança militar, e em diversos tipos de empresas privadas.

Ramirez (1994) lista diversas áreas de aplicação, classificadas em cinco grupos principais:

1. Ocupação humana: a) Planejamento e Gerenciamento Urbano: redes de infraestrutura como água, luz, telecomunicação, gás e esgoto, planejamento e supervisão de limpeza urbana, cadastramento territorial urbano e mapeamento eleitoral; b) Saúde e Educação: rede hospitalar, rede de ensino, saneamento básico e controle epidemiológico; c) Transporte: supervisão da malha viária, rastreamento de veículos, controle de tráfego, e sistema de informações turísticas; d) Segurança: supervisão de espaço aéreo, marítimo e terrestre, controle de tráfego aéreo, sistema de cartografia náutica, serviços de atendimento emergenciais; e) Uso da Terra.

2. Planejamento agropecuário: estocagem e escoamento de produtos agrícolas; classificação de solos e vegetação; gerenciamento de bacias hidrográficas; planejamento de barragens, cadastramento de propriedades rurais; levantamento topográfico e planimétricos; e mapeamento do uso da terra.

3. Uso de recursos naturais: controle de extrativismo vegetal e mineral; classificação de poços petrolíferos; planejamento de gasodutos e oleodutos; distribuição de energia elétrica; identificação de mananciais; e gerenciamento costeiro e marítimo.

4. Meio ambiente: controle de queimadas; estudos de modificações climáticas; acompanhamento de emissão e ação de poluentes; e gerenciamento florestal de desmatamento e reflorestamento.

5. Atividades econômicas: planejamento de marketing; pesquisas sócio-econômicas; distribuição de produtos e serviços; transporte de matéria prima e insumos.

O INPE (2000) classifica os SIG's como ferramentas importantes capazes de: integrar informações numa única base de dados; permitir a visualização conjunta de imagens e mapas; por gerar mapeamentos derivados; integrar dados gráficos e informações armazenadas em banco de dados alfanuméricos.

Com isso os SIG's, apresentam-se como uma ferramenta imprescindível para pesquisadores e administradores que desenvolvam atividades nas mais diversas áreas, proporcionando suporte na tomada de decisões técnicas-administrativas ancoradas em informações atuais, precisas e referenciadas.

2.3 Sensoriamento Remoto

Com a evolução da informática e dos sistemas de tomadas de imagens, cada vez mais os planejadores tendem a fazer uso do Sensoriamento Remoto e do Sistema de Informações Geográficas como forma de obter produtos que sirvam de ferramenta para levantamento de dados. Estes dados são utilizados para efetuar planejamentos com maior precisão e com economia de tempo.

Novo (1998) definiu sensoriamento remoto como sendo a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves e espaçonaves, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e análise de interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta em suas mais diversas manifestações. O conceito é bastante amplo, a base do conceito da autora é a interação entre energia e matéria.

O interesse de conhecer o espaço e obter informações à distância com maior rapidez, levou ao desenvolvimento das tecnologias de sensoriamento remoto, que

permitem aquisição de informações de objetos na superfície terrestre sem que haja contato físico.

Conforme descrito por Silva (1995), o sensoriamento remoto moderno é o “descendente” natural da fotografia convencional, tendo surgido com a evolução das técnicas que permitem detectar e registrar outras formas de radiação eletromagnética além da luz visível.

Neste sentido Asrar (1989), define “o sensoriamento remoto como a aquisição de informações e/ou estado de um alvo por um sensor, sem estar em contato físico com ele”.

Assim como para Rosa (2003), sensoriamento remoto é uma forma de obter informações de objeto ou alvo, sem que haja contato físico com o mesmo, por intermédio da radiação eletromagnética.

Outra definição, como a apresentada pelo Inpe (1999), conceitua sensoriamento remoto como um conjunto de atividades cujo objetivo principal reside na caracterização das propriedades de alvos naturais e artificiais, através da detecção, registro e análise do fluxo de energia radiante, por eles refletido ou emitido.

Novo (1999) descreve sobre sensoriamento remoto, definindo que a tecnologia da utilização conjunta de sensores, equipamentos de processamento e transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através de registro e análise das interações eletromagnéticas com as substâncias componentes do planeta Terra, em suas mais diferentes manifestações.

Ainda, segundo esse autor, as imagens de Sensoriamento Remoto são constituídas por um arranjo de elementos sob a forma de uma malha, grade ou matriz. Cada elemento (cela) desta matriz tem sua localização definida com um sistema de coordenadas do tipo coluna e linha, representados por x e y, respectivamente. O nome dado a esses elementos é *pixel*, derivado do inglês *picture element*. Para um mesmo sensor remoto, cada pixel corresponde sempre a uma área com as mesmas dimensões na superfície da terra. Cada *pixel* possui também um atributo numérico z, que indica o nível de cinza representando a intensidade de energia eletromagnética medida pelo sensor, para a área da superfície terrestre correspondente.

Todas estas definições se complementam, dando uma idéia ampla das muitas utilidades do sensoriamento remoto para planejamento em diversas áreas (principalmente a ambiental), se beneficiando dos novos conhecimentos e tecnologias que esta ferramenta pode proporcionar.

A vantagem de uso deste tipo de dado pode ser observada pela praticidade, periodicidade de imagens, e a grande área imageada (depende do tipo de sensor), gerando ganho de tempo e economia, quando comparados a outros tipos de levantamentos convencionais, além da rápida obtenção de resultados.

As tecnologias do sensoriamento remoto são utilizadas juntamente com os SIG's, possibilitando manipulação, cruzamento e comparação dos dados extraídos pelos sensores. Os elementos juntos possibilitaram uma revolução na cartografia e nos mapas temáticos, que passaram a ser mais dinâmicos à medida que podem ser atualizados com frequência (ROSA; BRITO, 1996).

Os produtos do sensoriamento remoto são gerados a partir de sensores ou câmaras colocadas a bordo de aeronaves ou satélites de observação da Terra e equipamentos para transmissão, recepção, armazenamento e processamento de dados. Os satélites de recursos naturais recobrem a maior parte da Terra. Dentre eles existe a série Landsat, a SPOT, os CBERS I e II, IRS, IKONOS, QUICKBIRD e ASTER

que apresentam características peculiares a partir de seus sensores e órbita em que se encontram. Sendo o Landsat o único que mantém um sistema de imageamento contínuo desde 1972.

A elaboração de uma série de mapas temáticos e a utilização de dados de sensoriamento remoto, técnicas de geoprocessamento e trabalhos de campo apresentam bons resultados para estudos ambientais. E estes elementos possibilitam a análise, mensuração e tabulação de dados da área em estudo, mostrando a importância das novas tecnologias para diagnósticos e sugestões de planejamentos ambientais.

2.4 Geologia Regional

O município de São Martinho da Serra encontra-se inserido predominantemente sobre a compartimentação geomorfológica do Planalto Sul-Riograndense, na porção sul da Bacia do Paraná, que é constituída por um pacote de rochas sedimentares e vulcânicas da Formação Serra Geral, depositadas sobre a Plataforma Sul-Americana, durante a Era Paleozóica e Mesozóica.

A Bacia do Paraná é parte integrante da Bacia Paraná-Etendeka que evoluiu entre o Cambriano-Ordoviciano, controlada por fatores climáticos e tectônicos relacionados com a ruptura do domínio do supercontinente Gondwana, Minioli (1971); Sial (1976); Petri e Fúlfaro, (1983) e Augustin (2007).

Segundo Suertegaray (2004), a separação dos continentes foi caracterizada pela presença de falhas e o surgimento de grande volume de lavas, formando camadas de derrames básicos e ácidos na Bacia Sedimentar do Paraná, denominada de Formação Serra Geral, que abrange o Planalto Setentrional no Rio Grande do Sul, ilustrado na figura 2.

A bacia sedimentar do Paraná, no seu topo, encontra-se a ocorrência de arenitos eólicos da Formação Botucatu, sobreposta por seqüências vulcânicas da Formação Serra Geral.

Segundo Milani *et al.* (1994) a Formação Botucatu é composta por arenitos quartzosos médios a grossos, com estratificação cruzada tangencial de grande porte, típico de depósito de dunas.

Para Scherer *et al* (2002), as estruturas indicativas da movimentação das lavas sobre dunas foram preservadas junto ao contato destas unidades estratigráficas como exemplificam os estratos de dorso das dunas e as estruturas do tipo marcas em crescente, estrias e moldes de basalto, combinados com a presença de brechas vulcânicas com feições similares a peperitos.

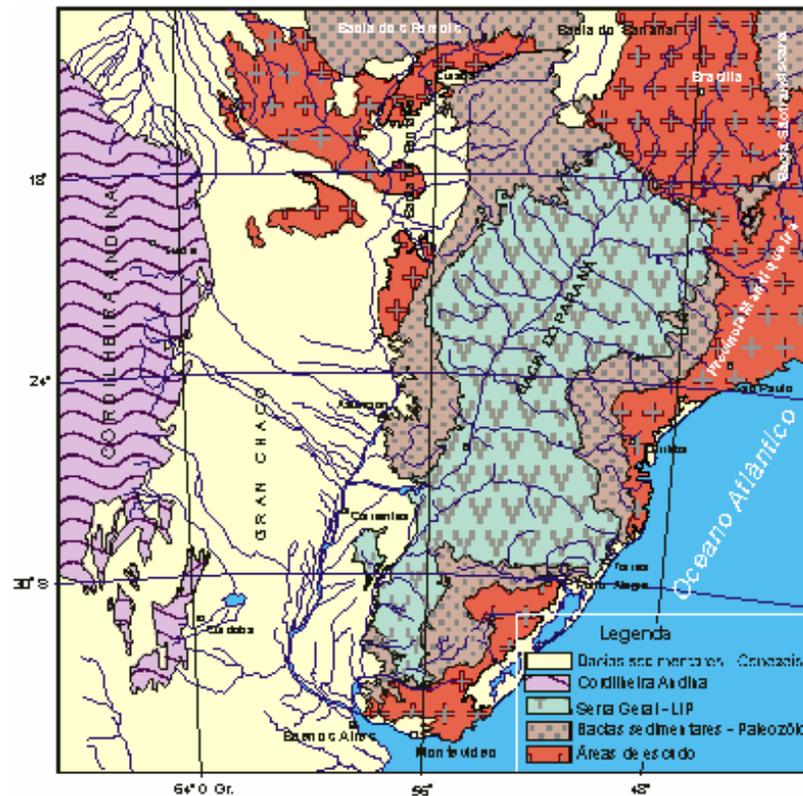


Figura 2 - Imagem ilustrativa da Bacia Sedimentar do Paraná e a Formação Serra Geral.

Fonte: MERCOSUL - [Schobbenhaus e Lopes \(2001\)](#)

Segundo Augustin (*op. cit.*) estudos petrográficos e geoquímicos, Petri *et al.* (2007); Waischel *et al.* (2007) identificam rochas com características de peperitos na Formação Serra Geral, e que o vulcanismo desta Formação ocorreu sobre campos ativos de dunas eólicas.

A Formação Serra Geral faz parte da província Paraná-Etendeka, que compreende rochas vulcânicas continentais Ewart *et al.*, (1998).

Atualmente, segundo a Wildner *et al* (2006) a província Paraná-Etendeka é representada por duas porções isoladas, sendo parte situada na América do Sul e a outra parte na Namíbia. A área ocupada é de aproximadamente 1.700.000 Km². A maior parte ocupa uma área de 1.200.000 Km² na América do Sul, predominantemente no Centro-Sul do Brasil, mas também parte do Uruguai, Paraguai e Argentina, DUARTE (2008).

O magmatismo Paraná-Etendeka possui características bimodais, Ewarte *et al.*, (1998); Lilner *et al.*, (1995) caracterizado pela associação de basalto e basalto andesito com riolitos e riodacitos. Peate *et al.*, (1992) propuseram uma divisão da estratigrafia basáltica da Bacia do Paraná em baixo Ti (TiO_2 , peso %) e alto Ti (TiO_2 . peso %). Já Wildner *et al.*, (2003) subdividiram o magmatismo Paraná em fácies vulcânico-plutônico máfico e vulcano intermediário-félsico.

A evolução da Bacia do Paraná pode ser entendida em quatro grandes episódios Almeida (1986), cada um sendo característico de um ciclo tectono-sedimentar completo. Os dois primeiros ciclos estão relacionados à sedimentação em uma Bacia sinforme subsidente, e os dois últimos correspondendo às fases de soerguimento e extrusão de grande quantidade de lavas toleíticas relacionadas ao intumescimento da crosta ocorrido ao redor de 135 - 120 Ma.

Segundo Horbach *et al.* e Kaul *et al.* (apud KAUL 1990), o vulcanismo fissural da Bacia do Paraná representa uma das maiores manifestações de vulcanismo continental do globo. Está representado por espessos e extensos derrames de lavas, bem como por dique e soleiras, com pequenos e eventuais corpos de rochas sedimentares associados. Tal conjunto de litologias constitui a Formação Serra Geral, aqui dividida em duas porções: a Seqüência Básica e a Seqüências Ácidas.

A Seqüência Básica da Formação Serra Geral que predomina grandemente em área e volume sobre a ácida, é formada por uma sucessão de rochas vulcânicas com espessura máxima aproximada de 1.700m compreende derrames de basalto, andesito e basalto com vidro, além de brechas vulcânicas e sedimentares, diques e soleiras de diabásio e corpos de arenitos interderrames, IBGE (1986).

Essa seqüência originou-se, fundamentalmente, de um magma básico de filiação toleítica, gerado no Manto Superior. Os arenitos interderrames, sob a forma de camadas descontínuas de arenitos eólicos, mais raramente fluviais, representam a persistência, à época Serra Geral, de condições desérticas semelhantes àquelas que perduravam por ocasião da deposição da Formação Botucatu.

A Seqüência Ácida da Formação Serra Geral, que corresponde a áreas de relevo menos dissecado e menos arrasado, compreende derrames de dacitos pórfiros, dacitos felsíticos, riolitos felsíticos, riodacitos felsíticos, basaltos pórfiros e fenobasaltos vítreos.

Segundo Teixeira (2000) a Formação Serra Geral é considerada uma das maiores manifestações continentais de basalto (rochas ígneas) do Planeta; com cerca de 800.000 Km³ de lavas que recobriram cerca de 75% da superfície da Bacia.

Os minerais como as ametistas e as ágatas são os principais minerais extraídos da Formação Serra Geral no Estado do Rio Grande do Sul. As ametistas são extraídas comercialmente tanto no norte do Estado segundo Gomes (1996); Scopel et al., (1998); Juchem (1999), Fischer (2004); Proust e Fontaine (2007), como no sul, na fronteira Brasil-Uruguai, Acauan (2003); Duarte (2008) sendo a ágata extraída no centro do Estado, região de Salto do Jacuí (Heemann, 2005) e também na região de fronteira com o Uruguai.

No município de São Martinho da Serra, encontra-se a ocorrência de quatro derrames de lavas, sendo que o primeiro possui uma espessura aproximada de 11 metros, sendo que logo acima desde, ocorre uma camada descontínua de arenito, que serviu de substrato para o extravasamento da lava do segundo derrame. Este por sua vez, possui uma espessura de 9 metros e encontra-se abaixo e em contato com o derrame Miolo. (MICHELIN, 2007)

O derrame Miolo é o terceiro derrame encontrado na região e localiza-se acima do contato com os arenitos da Formação Botucatu.

O quarto derrame pode ser observado no topo do derrame mineralizado com espessura aproximada de 12 metros, apresentando disjunção colunar ou vertical.

A figura 3 é a coluna estratigráfica gerada pelo empilhamento de fácies vulcânicas e eólicas que compõem a região de São Martinho da Serra. (MICHELIN, 2007)

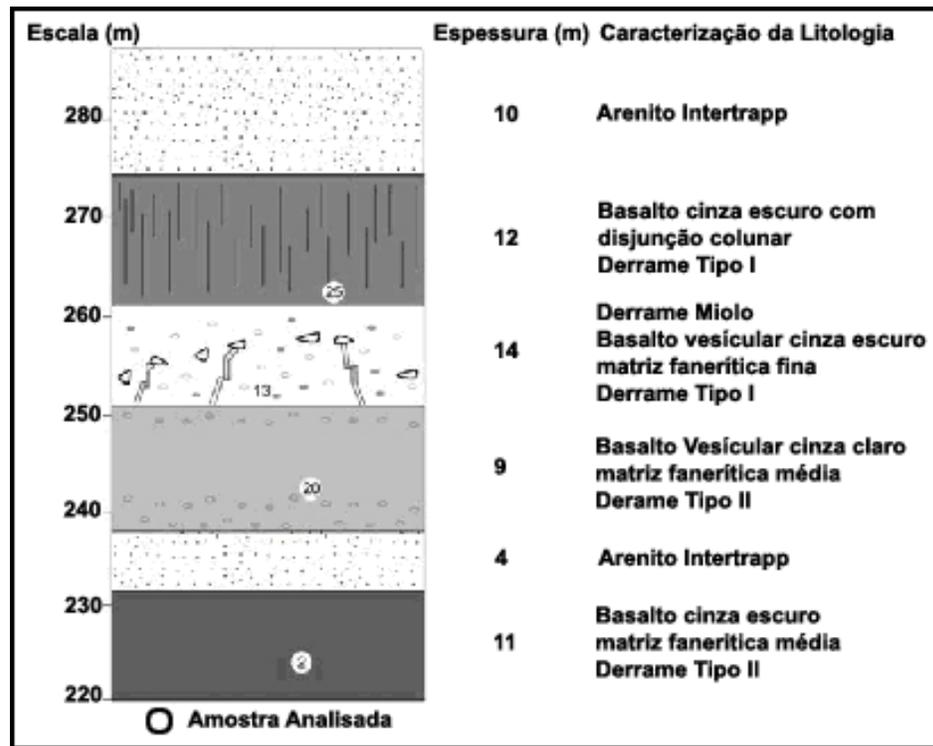


Figura 3: Coluna estratigráfica gerada pelo empilhamento de fácies vulcânicas e eólicas que compõe a região de São Martinho da Serra

Fonte: Michelin C.R.L 2007

2.5 Ocorrência Água e Ametista

A produção de gemas no Brasil tem forte dispersão geográfica, Barreto e Bittar, (2008), concentrando-se, porém, nos estados de Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás, Rio Grande do Sul e Bahia. Esses cinco estados respondem por 97% da produção oficial de gemas (DNPM, 2006). O IBGM (2005) estima que da produção nacional de gemas, em 2004, aproximadamente 80% foi exportado.

O Brasil é destaque mundialmente em potencialidades minerais, segundo Pagnossim (2007), é comparável com os Estados Unidos, Rússia, Canadá, Austrália, China e África do Sul.

O Rio Grande do Sul por apresentar uma variada configuração geológica, apresentando rochas que registram boa parte da história do planeta, com idades que vão de cerca de 2 bilhões a 500 milhões de anos.

Na região do escudo Sul-Rio-grandense possui a maior presença de ocorrências de minerais com importância econômica, na Depressão Periférica estão depositadas as rochas sedimentares do Carbonífero e Triássico (300-200 milhões de anos), que constituíram os grandes depósitos carboníferos gaúchos. No Planalto basáltico, resultado de derrames fissurais de lava ocorridas no Cretáceo, devido à especificidade geológica existente, como a Bacia Sedimentar do Paraná e a Formação Serra Geral, é onde se concentram as ocorrências de gemas principalmente a ágata e ametista. Estas são comumente encontradas na região denominada de Alto Uruguai onde a mineração é a principal atividade econômica de vários municípios, Ebert e Penteadó (1995).

Além dessas gemas, destaca-se a ocorrência no Estado, do quartzo (variedade cristal de rocha, quartzo leitoso, quartzo citrino e quartzo rosa), da calcita, apofilita, zeolitas, gipsita (variedade selenita), calcedônia, ônix e raramente barita, jaspe e opala, Juchem e Brum (1998).

2.5.1 Ametista

A “ametista é uma variedade de quartzo de cor violeta, constitui-se de óxido de silício (SiO_2), com fratura concóide, quebradiça, sistema hexagonal”, Schumann, (2006, p. 118).

Entretanto, as jazidas mais importantes encontram-se no Brasil (RS e PA) e Uruguai (em Artigas).

Entre os Estados brasileiros produtores de ametistas, Abreu (1973) destaca Goiás, Ceará (Chapada do Araripe), na Bahia (municípios de Macarani, Itambé, Vitória da Conquista, Caculé, Caetité e Encruzilhada), em Minas Gerais (municípios de Salinas, Araçuaí, Pedra azul, Medina, Minas Novas, Teófilo Otoni, Capelinha, Governador Valadares, Conselheiro Pena, Itacarambi, Ouro Preto, Santa Maria do Suaçuí, Peçanha, Ferros, Jequitinhonha e Sabinópolis), no Pará (Serra dos Carajás e Pau D'Arco) e também o Paraná, Piauí, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

A ametista é a mais importante das gemas produzidas no Rio Grande do Sul. Ela é encontrada em muitos locais da metade norte do Estado, geralmente associada à ágata, Branco e Gil (2002). Sua maior concentração está no Médio Alto Uruguai,

próximo à divisa com Santa Catarina, nos municípios de Ametista do Sul, Planalto, Iraí, Frederico Westphalen, Rodeio Bonito, Cristal do Sul, Gramado dos Loureiros e Trindade do Sul. Há ali uma área com cerca de 22 km de diâmetro, com dezenas de frentes de trabalho, onde a gema é extraída através de lavra subterrânea.

Conforme Branco e Gil (2002, p. 5) também há ocorrência de ametista em Alpestre, Aratiba, Boqueirão do Leão, Capitão, Coqueiro Baixo, Caxias do Sul, Encantado, Erechim, Fontoura Xavier, Lajeado, Nonoai, Quaraí, Santana do Livramento, Soledade, Nova Bréscia, Santa Clara do Sul, Vicente Dutra, Mato Castelhana, Gramado, Santiago, Unistalda, Itacurubi, São Francisco de Assis e São Martinho da Serra.

2.5.2 Ágata

Segundo Schumann (2006) a ágata é formada por óxido de silício (SiO_2), possuindo cores variáveis em faixas ou camadas, possui fratura concóide e sistema cristalino trigonal e agregados microcristalinos. É uma variedade criptocristalina de quartzo que ocorre com hábito fibroso, coloração branca, cinza, cinza-azulada, vermelha, preta, laranja e marrom. Apresentam bandas que podem ser de cores distintas ou de tom uniforme e ainda podem ser tingidas, pois possuem alta porosidade, resistência ao calor e a ataques ácidos.

As ágatas são encontradas em geodos em rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, isoladas ou junto com a ametista, calcedônia e cornalina. Os geodos mineralizados de ágata são predominantemente arredondados e ovóides apresentam tamanho médio entre 20 e 50 cm de diâmetro e alguns até de um metro.

Dentre os principais países produtores de ágata, o Brasil se destaca na exploração e exportação deste bem mineral. Podemos destacar os estados de Roraima, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Minas Gerais, Paraíba, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, o maior produtor.

No Rio Grande do Sul, a ágata é mais abundante do que a ametista e o cristal-de-rocha. É produzida principalmente na região central do Estado. Salto do Jacuí é o maior produtor (80-90% da produção total), em garimpos situados ao longo dos rios

Jacuí e Ivaí. Segundo dados do SEBRAE (2000), o Rio Grande do Sul é responsável por aproximadamente 25% do total das exportações brasileiras desse mineral.

Outros municípios que a produzem são Quaraí, Sant'Ana do Livramento, Soledade, Fontoura Xavier, Progresso, Frederico Westphalen, Rodeio Bonito, Cristal do Sul, Iraí, Ametista do Sul, Planalto e David Canabarro, Juchem e Brum, (1998) e Branco (2006). Já Agostini et al (1998) citam produção também em Campos Borges, Fortaleza dos Valos, Segredo e Sobradinho. Heemann (2004) destaca ainda a ocorrência em Alegrete, Camaquã, Dom Pedrito, Passo Fundo, Santa Maria, São Borja, São Gabriel, Soledade, Caxias do Sul e Uruguaiana.

Lavras abandonadas existem em Itaqui, Maçambará, Júlio de Castilhos, Santo Antônio das Missões, São Francisco de Assis, Itacurubi, Santiago, Unistalda, Lagoão, Boqueirão do Leão, Travesseiro, Santa Clara do Sul, Capitão, Vicente Dutra, Caxias do Sul e Mato Castelhano.

Segundo Cassiana (2007) no município de São Martinho da Serra a ágata ocorre no derrame Miolo em veios e vesículas. A espessura aproximada dos veios é de 30 cm (0,1-40,0 cm), e os injetitos de areia estão conectados com estes veios. O tamanho das vesículas com ágata é de aproximadamente 0,1 mm a 3 cm. Fraturas e amígdalas podem estar preenchidas parcialmente por ágata e arenito.

2.6 A Geomorfologia e sua Importância

Com o passar do tempo o homem vem aumentando sua capacidade de alteração da paisagem a intervalos de tempo cada vez menores, dando margem para a fragmentação e especialização da Geografia para melhor compreender o objeto a ser estudado, surgindo desta forma a Geomorfologia.

Segundo Castro et al., (2004) a geomorfologia é etimologicamente compreendida como o estudo da Terra, onde *geo* significa terra, *morphos* se aproxima da idéia de forma e *logos* estudo. Contudo, de acordo com HUBP (1989) esta é uma ciência geológico-geográfica que tem como preocupação central estudar "o relevo terrestre, sua estrutura, origem, história do seu desenvolvimento e dinâmica atual" além de tentar compreendê-lo em diferentes escalas temporais e espaciais.

Para Casseti (2001) a geomorfologia é um conhecimento específico, sistematizado, que tem por objetivo analisar as formas de relevo, buscando compreender os processos pretéritos e atuais, sendo assim, é uma ciência que analisa as formas presentes no relevo na busca da compreensão da superfície da crosta terrestre.

Segundo Joly (1977) a geomorfologia se ocupa com o estado das formas do relevo terrestre, de sua gênese, de sua evolução no tempo e de suas relações dentro do espaço.

Ross (1999) menciona que a geomorfologia tem suas bases conceituais nas ciências da Terra, mas possui também forte vínculo com, a ciências humanas, na medida em que serve como suporte para o conhecimento dos ambientes naturais onde a sociedade humana se estruturam, extraem os recursos para a sobrevivência e organizam o espaço físico-territorial.

A busca de explicações das formas foi interesse do homem desde os tempos passados, pois o relevo constitui o piso sobre os quais se fixam as populações humanas, desenvolvendo suas atividades, derivando daí valores econômicos e sociais que lhes são atribuídos. Essas formas influenciam diretamente na vida e na organização da sociedade.

Em função de suas características e dos processos que sobre eles atuam, oferecem, para as populações, tipos e níveis de benefícios ou riscos dos mais variados.

Para Marques (2001) suas maiores ou menores estabilidades decorrem, ainda, de suas tendências evolutivas e das interferências que podem sofrer dos demais componentes ambientais ou da ação do homem.

Pensando assim, é de extrema importância o conhecimento da Geomorfologia para a aplicação de um planejamento territorial, a fim de se estabelecer uma proposta mitigadora das ações do homem nos ambientes socialmente produzidos.

A Geomorfologia constitui importante subsídio para a apropriação racional do relevo, como recurso ou suporte, considerando a conversão das propriedades geoecológicas em sócio-reprodutoras, Kügler (1976) *apud* CASSETI, (2001 p. 24).

Com o objetivo de explicar estas formas a Geomorfologia busca a interdisciplinaridade com outras ciências como: a Geologia, a Climatologia,

Biogeografia, a Pedogênese e a Hidrogeografia, surgindo como conseqüência especializações dentro da própria Geomorfologia, como a Geomorfologia Dinâmica, Estrutural e Climática. Entretanto esta ciência não perde seu caráter autônomo com base na aplicabilidade de seus conhecimentos e esta característica pratica faz com que a mesma encontre uma valorização crescente na sociedade, Marques (2001).

Segundo Ross (1996, p. 9), “o relevo é algo concreto quanto às formas, mas abstrato enquanto matéria”. Sendo um componente do meio natural, apresenta uma diversidade enorme de tipos e formas, e essas formas, por mais que possam parecer estáticas e iguais, na realidade são dinâmicas e se manifestam ao longo do tempo e do espaço de modo diferenciado, em função das combinações e interferências múltiplas dos demais componentes do estrato rochoso.

O relevo não é como a rocha, o solo, a vegetação ou ate mesmo a água que se pode pegar Ross (1992), constitui-se de formas de arranjos geométricos as quais são mantidas em função do substrato rochoso que as sustentam e dos processos externos e internos que as geram. É semelhante a uma escultura em rocha, a qual depois de esculpida deixa de ser rocha para ser uma peça ou obra de arte, fruto do processo de elaboração humana.

Nesse sentido, como mencionado anteriormente, o relevo tem importância fundamental no processo de ocupação do espaço, pois é o “palco”, onde o homem, como ser social, pratica o teatro da vida, cujas formas ou modalidades de apropriação respondem pelo comportamento da paisagem e suas conseqüências.

Assim, o geomorfólogo precisa estar sempre atento à conjugação dessas forças, já que, desde o surgimento do homem na Terra, ocorre uma aceleração dos processos externos, tendendo, quase sempre, à instabilidade.

A partir da morfogênese, ou seja, da ação das forças endógenas e exógenas, a superfície da Terra está em constante mudança. As formas de relevo se alternam entre as regiões, resultando ações conjuntas dos componentes da natureza, que, por sua vez, também são influenciados em diferentes proporções através dessas, Embrapa (2005).

As pesquisas geomorfológicas são amplamente aplicáveis para diferentes tipos de atividades humana em diferentes regiões, sendo o nível de aprofundamento dos

estudos, decorrentes da dimensão da área, do objetivo que se quer alcançar, da atividade a ser implantada e da complexidade geomorfológica do objeto em análise.

Hoje em dia os estudos geomorfológicos tem o auxílio de materiais tecnológicos (SIGs e o Geoprocessamento), pois através da cartografia geomorfológica com a utilização desse tipo de material é possível gerar subsídios que vão proporcionar um banco de dados que trabalhados por alguns filtros estabelecem diagnósticos de maior precisão constituindo um material de extrema aplicabilidade e complexidade em estudos nessa área.

As colocações de Guerra e Cunha (2001, p. 42) nos remetem que “o futuro é o grande desafio”, a compreensão do presente e do passado tem enorme valor intrínseco que se amplia ao fornecer bases sólidas para alcançar a visão do futuro.

2.7 Estudos Geomorfológicos e a Cartografia

Historicamente percebe-se que o mapeamento geomorfológico limitava-se a registrar as feições geomorfológicas de uma área de forma descritiva, sem a preocupação de apresentar elementos de importância relevante associados a problemas ambientais.

Mas foi depois da 2ª Guerra Mundial que a confecção dos mapas geomorfológicos de detalhes, nas bases de um mapeamento sistemático das formas do relevo, começou a se destacar de forma mais premente, apresentando-se como método fundamental para a análise do relevo.

No que diz respeito ao desenvolvimento de sistemas de mapeamento, alguns países da Europa tais como a Holanda, Bélgica, Polônia, França e Suíça se destacaram por realizarem ensaios cartográficos de grande expressão e positividade, Souza (2006).

Nesse sentido, a partir dos anos 1960, a ciência cartográfica não é mais a mesma dos tempos onde o Cartógrafo desenhava seus mapas como documentos históricos verdadeiramente importantes à sua época, em forma de arte.

Segundo Klimazewski (1963) o primeiro conceito de um mapa geomorfológico foi apresentado por S. Passage (1924) na forma de um “Atlas Morfológico”. Ao mesmo tempo H Gehne (1912), elaborou um mapa geomorfológico dos arredores de Thale. Em

1919, J Smolenski publicou um artigo sobre as necessidades da ciência polonesa no campo da geografia física no qual considerou o estado do relevo o território Polonês e suas origens. Cinco anos mais tarde, H Weber (1924) propôs confeccionar mapas geomorfológicos especiais e aos poucos a construção desses mapas foi evoluindo.

Para Moreira (1969, p. 3) *“antigas técnicas de trabalho acabaram por derivar um meio de expressão gráfica, onde os fenômenos geomorfológicos vem adquirindo sentido novo ante a complexidade dos fatos estudados”*, de tal modo que a cartografia geomorfológica incorporou-se à Geomorfologia como um dos seus métodos de trabalho.

A ciência geomorfológica, por definição, identifica, classifica e analisa as formas da superfície terrestre, buscando compreender as relações processuais pretéritas e atuais. Aplicada à interpretação dos dados geomorfológicos, a Cartografia é capaz de gerar subsídios para o entendimento dos processos atuantes sobre os ambientes, espacializando as informações e garantindo uma forma de representação dos processos ocorridos em uma região, Fernandes Neto (2007).

Os estudos geomorfológicos servem para interpretar a superfície terrestre, pois segundo Guerra e Guerra (1997), a geomorfologia

“é a ciência que estuda as formas de relevo, tendo em vista a origem, estrutura, natureza das rochas, o clima da região e as diferentes forças endógenas e exógenas que de modo geral, entram como fatores construtores e destruidores do relevo terrestre.”

Estes estudos ganham importância, pois o conhecimento sobre o relevo para a ocupação do espaço serve como suporte para observar as limitações e potencialidades deste espaço.

Ross (1992) destaca que *“os estudos geomorfológicos e ambientais, quer sejam eles detalhados ou de âmbito regional, atendem as necessidades político administrativas e funcionam como instrumento de apoio técnico aos mais diversos interesses políticos e sociais”*.

Tricart (1977) *apud* ROSS (1996) comenta que “o mapeamento geomorfológico constitui a base da pesquisa e não a concretização gráfica da pesquisa já feita”, servindo como instrumento de direcionamento e como um produto síntese da pesquisa.

Os trabalhos geomorfológicos compreendem desde os levantamentos e observações diretas no campo, análise de documentação, técnicas de representação cartográfica, linguagem visual, até a interpretação, impressão, e publicação definitiva de mapa.

Ross (2001) defende a importância dos levantamentos que incluem as formas de relevo, parâmetros do meio físico, pois segundo o autor, servem como instrumento para análise e compreensão do meio e para a realização de planejamentos, que visem a busca de um desenvolvimento integrado entre o homem e natureza. Nessa perspectiva, relata ainda que o estudo geomorfológico de uma área serve como base para o desenvolvimento de futuras pesquisas, tanto de potencialidade de uso agrícola como de uso urbano, pois diz que um estudo desta natureza fornece as informações primárias para qualquer estudo de caso.

Bülow (2003, p. 203) relaciona a Geomorfologia e a Cartografia e ressalta que:

A Geomorfologia fornece através da Cartografia subsídios ao conhecimento da realidade espacial em questão, ou seja, identificação das formas do relevo de acordo com sua gênese e os processos morfogenéticos responsáveis pela sua dinâmica, possibilitando, assim, o planejamento das formas mais apropriadas de ocupação de uma determinada área.

Cabral e Maciel Filho (1991) comentam que o uso da Cartografia, dos mapas, do material proveniente dos registros indiretos, aerofotogramas e imagens de satélite, são elementos que possibilitam a obtenção, o registro e a análise das variáveis do relevo. O uso da Cartografia permite uma avaliação integrada nas mais variadas formas de abordagem dos trabalhos de planejamento, que visa a melhor forma de ocupação de áreas.

Com a questão da revolução técnico-científica trouxe cada vez mais às sociedades, a crescente necessidade de dinamizar o tempo, bem como as novas

facilidades de armazenamento de informações, propondo soluções cada vez mais rápidas e de forma encantadora aos homens da era digital.

A partir de então, o homem começa a entrar gradativamente nos preceitos do então “mundo globalizado”, onde a informação eletrônica passa ser vital para a evolução da humanidade.

Nas últimas décadas, a ciência geomorfológica, tem apresentado novas técnicas metodológicas com uma rou

tagem atualizada dos parâmetros conceituais e uma base tecnológica apoiada em softwares mais específicos, objetivando a aplicação do conhecimento geomorfológico de forma eficaz no planejamento regional e, aos estudos e manejos ambientais.

A cartografia tradicional em fusão com as técnicas de Geoprocessamento, apoiadas em softwares como os SIG's, comunicando-se, ou melhor, promovendo a interface de dados alfanuméricos com a determinada informação gráfica, resultou na então chamada Cartografia Digital.

Essa otimização na construção de mapas trouxe consigo novas possibilidades de representação simbólica, permitida pelos softwares de desenhos, Souza (2006). Eis que surgem à adequação das convenções cartográficas já existentes, só que agora de forma digital, Ferreira (2005) e Souza (2006).

Ross (1992) ressalva que os avanços relacionados à informática vieram simplificar consideravelmente diversas atividades antes desenvolvidas manualmente. Sem dúvida alguma, a “era dos computadores” contribuiu para o avanço das ciências, fato este tão bem justificado com os exemplos citados anteriormente, trazendo uma maior agilidade e padronização na elaboração de mapas, embora ainda nos dias de hoje a cartografia geomorfológica apresenta um vácuo de padronização sobre a simbologia e esquema de representação a nível nacional.

Pode-se dizer que a geomorfologia encontra-se na interface existente entre as ciências geológicas e as ciências geográficas. A geomorfologia possui profundos laços com a geologia, mas é essencialmente geográfica, na medida em que depende dos conhecimentos de climatologia, paleogeografia, fitogeografia, pedologia e hidrografia e

que fornece substanciais informações necessárias ao entendimento da produção do espaço geográfico.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização geral da área de estudo

O município de São Martinho da Serra foi criado no dia 20 de março de 1992, pela Lei nº 9593, sendo que seu município de origem era Santa Maria, de onde foi desmembrado.

A origem de seu nome é uma homenagem ao Forte "San Martin", da Coroa Espanhola, que com o tratado Sto. Ildefonso passou à Coroa Portuguesa.

Surge na história como acampamentos indígenas missioneiros, militares, tropeiros e carreteiros, viajantes da época.

Os índios assim o denominavam:

- Caá-rô-quê, que quer dizer, "Porteira do Mato".
- Caá - guapí - ro - quê, que quer dizer "Porteria Grande do Mato".
- Caá - yura, que significa "Boca" o que justifica a origem indígena.
- Os espanhóis denominavam de São Martinho de Cima da Serra.

Os primeiros homens brancos a pisarem este chão foram os jesuítas, no ano de 1626, quando fundaram a redução de São Miguel (espanhola), Padres Pedro Romero, Paulo Benevides, Miguel Bertol e Cristóvão de Mendonza, trouxeram os primeiros bovinos cabendo ao padre Mendonza o título de Patrono das Estâncias Gaúchas.

Em seguida o gado procriou-se rapidamente formando as vacarias, despertando o interesse do centro do Brasil que sofria a queda do ciclo da cana-de-açúcar, ouro e café, fazendo surgir ciclo dos tropeiros, bandeirantes do centro do país incursionaram nesse território, na procura de ouro, caça de índios para escravizá-los e também para arrebanhar gado no farto rebanho do sul.

Em 22 de março de 1756, a Comissão demarcadora de limites comanda por Gomes Freire de Andrade chega ao município e no dia seguinte inicia a abertura de uma picada ligando os campos de cima da serra os do litoral, tornando São Martinho ponto obrigatório de passagem e pousada das expedições militares da época, tropas, carreteiros viajantes que se alternavam das missões para fronteira e vice-versa.

Em meados de 1920, chegaram muitas famílias luso-brasileiras e começaram a se instalar no município de São Pedro do Sul. Estas famílias eram denominadas de caboclas e povoaram o interior do município e estas contribuíram para o povoamento de São Martinho. Muitas se preocupavam apenas com a sobrevivência, desmatando e extraíndo a erva-mate nativa encontrada pelos matos existentes.

Aos poucos, esses caboclos foram abandonando suas terras ou expulsos de suas propriedades para dar lugar aos novos colonizadores que começavam a chegar a este local.

Em meados de 1935, o lugar tornou-se conhecido quando foi concluído o estradão que ligou São Martinho, que era conhecido como Vila Nova da Serra a Boa Vista do Buricá. Os primeiros imigrantes que aportaram a esta terra, eram, na sua maioria de origem germânica. Em meados de 1939 a 1940, grande número de colonos começaram a chegar a estas terras, sendo atraídos pelos aspectos geográficos, terrenos pouco acidentados, solo fértil, terra barata e fácil de trabalhar, pouco mato, em sua maioria macega, onde na época, ainda viviam grandes bandos de macacos, antas e veados.

A emancipação do povoado de São Martinho veio acontecer só no ano de 1992, sendo denominado de município de São Martinho da Serra. Seu nome deu-se em homenagem ao Padroeiro "São Martinho", que foi um célebre bispo da Igreja Católica que viveu na França.

São Martinho da Serra está localizado na porção central do Rio Grande do Sul, na Microrregião de Santa Maria, na Mesorregião Centro Ocidental Rio-Grandense, limitado pelas coordenadas 29°20' e 29°36' S e 53°41'e 54°05' WGr, abrangendo uma área de aproximadamente 67685.07 ha. Limita-se ao norte-nordeste com o Município de Julio de Castilhos; a noroeste com o Município de Quevedos; ao sul-sudeste com o Município de Itaara; ao sul com o Município de Santa Maria; a sudoeste-oeste com o Município de São Pedro do Sul, figura 4.

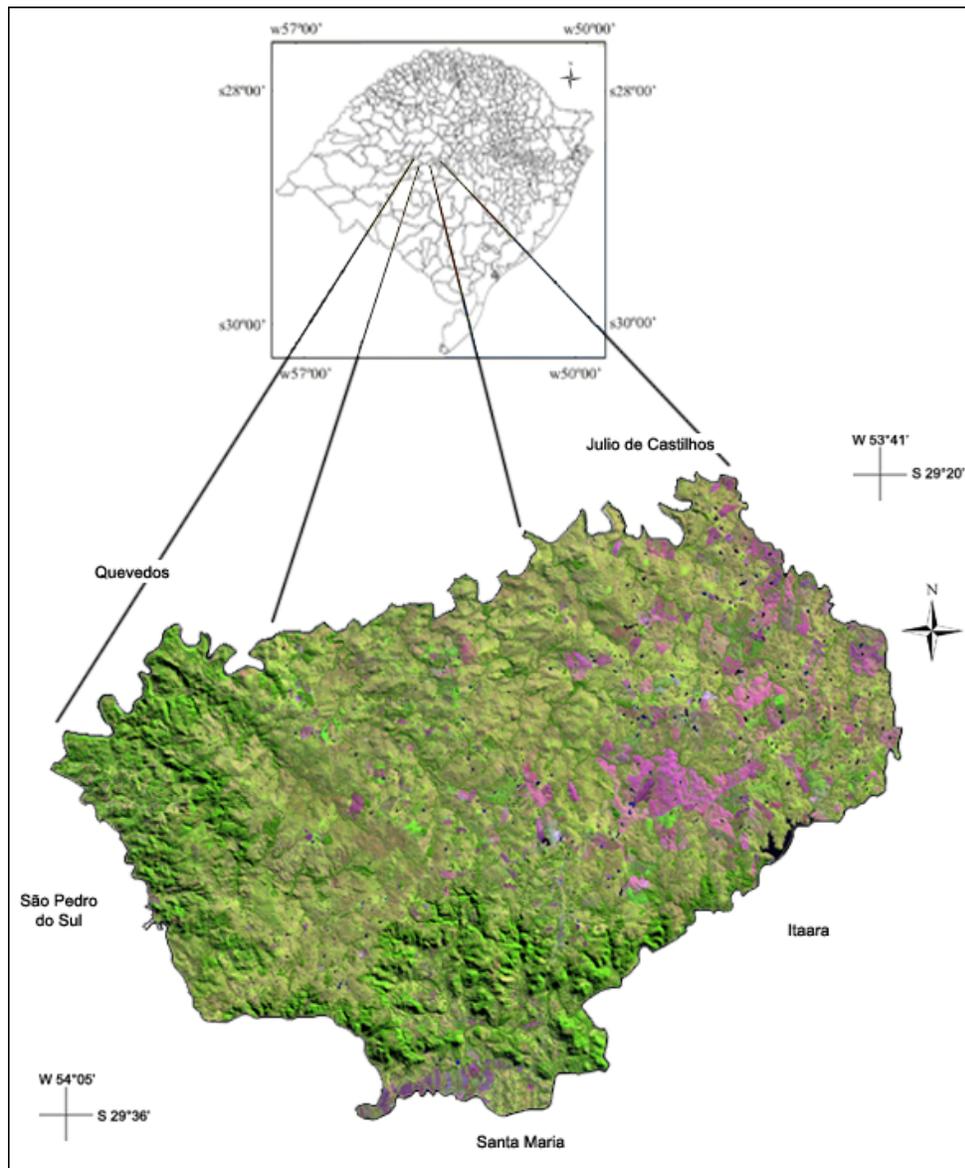


Figura 4 - Mapa de localização do município de São Martinho da Serra

Org.: FERNANDES, S. H. G.

3.1.1 Hidrografia

De acordo com Vieira (1984), o Rio Grande do Sul é drenado por uma densa malha hidrográfica, onde se destacam dois grandes coletores de água: o Rio Uruguai e o sistema Vacacaí-Jacuí, como mostra a figura 5.

Ainda segundo o mesmo autor, a região do Planalto Médio, hidrograficamente, pertence à bacia do rio Uruguai, ocupando uma área de 178.235 km². As nascentes dos rios Taquari e Jacuí originam-se nessa região. O rio Ibicuí com seus dois tributários ao Sul: o Santa Maria e o Ibirapuitã, juntamente com seus tributários à direita como o Toropi, Jaguari e Itu, pertencem à bacia do rio Uruguai. Também correndo na direção Oeste, no limite com a República do Uruguai, aparece o rio Quaraí. O rio Quaraí e o rio Ibicuí com seus tributários ao sul e a parte inferior dos tributários ao Norte pertencem à região denominada Campanha.

A bacia do rio Ibicuí é a maior de todas, com 36.397,69 km². Está situada na fronteira oeste do Estado, e compreende parte das regiões fisiográficas da Campanha, Missões e Depressão Central. Limita-se ao norte com a bacia do Ijuí-Piratinim-Icamaquã; ao sul com as bacias do Quaraí e do Santa Maria; a leste com as bacias do Alto Jacuí e Vacacaí Mirim; e a oeste com o rio Uruguai na divisa com a Argentina (VIEIRA, 1984).

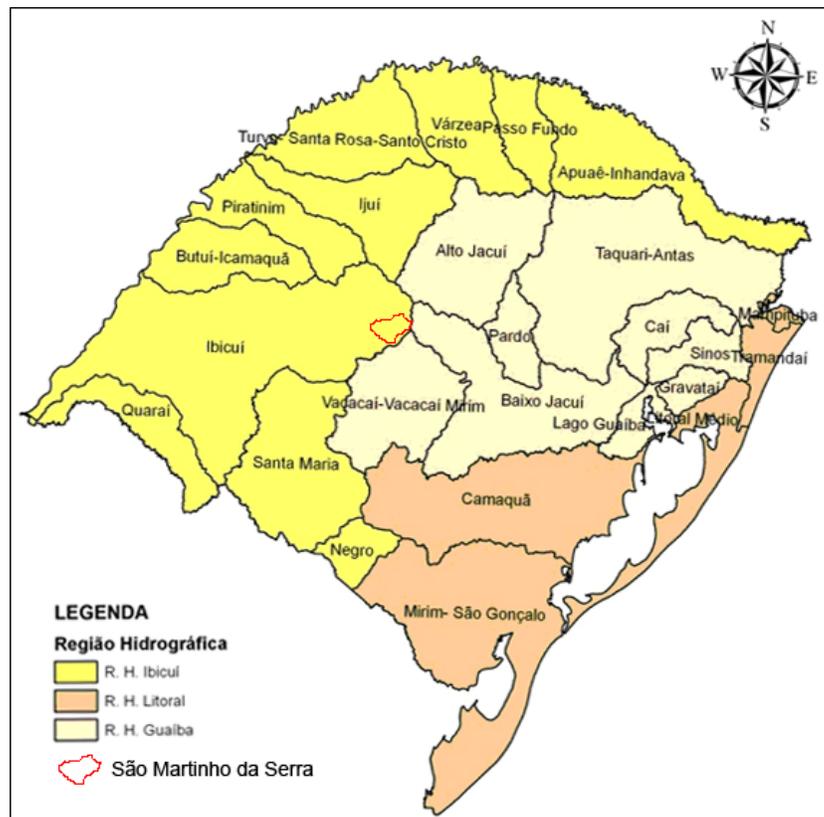


Figura 5 - Mapa das Bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul
Fonte: Inventário Florestal Contínuo-RS

Os principais cursos d'água desta bacia são os rios Ibicuí Mirim, Jaguari, Itu, Toropi, Jaguarzinho, Ibirapuitã e Ibirapuitã Chico e os Arroios Caverá, Miracaru, Pai Passo, Inhandai, Ibirocai, Touro Passo e Bororé .

3.1.2 Clima

Segundo a classificação de Köppen, o Rio Grande do Sul se enquadra na zona fundamental temperada ou "C" e no tipo fundamental "Cf" ou temperado úmido. No Estado este tipo "Cf" se subdivide em duas variedades específicas, ou seja, "Cfa" e "Cfb" (MORENO 1961).

A variedade "Cfa" se caracteriza por apresentar chuvas durante todos os meses do ano e possuir a temperatura do mês mais quente superior a 22°C, e a do mês mais frio superior a 3°C. A variedade "Cfb" também apresenta chuvas durante todos os meses do ano, tendo a temperatura do mês mais quente inferior a 22°C e a do mês mais frio superior a 3°C.

Desta forma, de acordo com a classificação de Köppen, o Estado fica dividido em duas áreas climáticas, "Cfa" e "Cfb", sendo que a variedade "b" se restringe ao planalto basáltico superior e ao escudo Sul-Rio-Grandense, enquanto que as demais áreas pertencem à variedade "a", conforme figura 6.

O clima da região estudada é do tipo Cfa de Köppen - clima subtropical, úmido sem estiagem. A temperatura média anual é de 19,4°C, sendo a temperatura média mínima de 14-15°C (julho a agosto) e média máxima de 23-25°C (dezembro a fevereiro). A temperatura se mantém relativamente baixa nos meses de maio e agosto, quando a região sofre invasão de frentes polares, muitas vezes acompanhadas de chuvas, fazendo as temperaturas alcançarem níveis próximos de 0°C com formação de geadas. O regime pluvial anual médio é de 1500 a 1750 mm ao ano. As médias mensais de chuvas evidenciam que nenhum mês se caracteriza por índices inferiores a 100 mm. Segundo as médias apresentadas, os meses que se enquadram entre os mais chuvosos (150 mm) são: abril, junho e setembro, enquanto os menos chuvosos (100-150 mm) são fevereiro e agosto (IPAGRO, 1989)

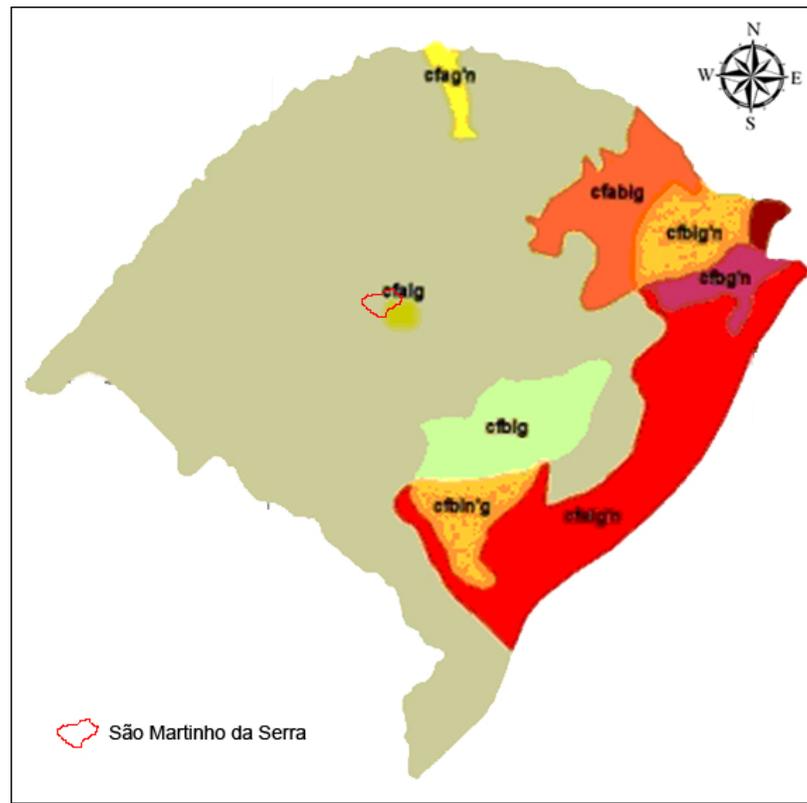


Figura 6 - Mapa Climático do Rio Grande do Sul

Fonte: Inventário Florestal Contínuo-RS

3.1.3 Características Fisiográficas

O Rio Grande do Sul apresenta quatro grandes compartimentos geomorfológicos: planalto, depressão central, escudo sul-rio-grandense e planície costeira. Neste contexto, a área em estudo, localizada no centro do estado, ocupa áreas de planalto e da depressão central (CASTILLERO, 1984).

Segundo o mesmo autor, a geomorfologia da área compreende a transição entre o Planalto Meridional e a Depressão Central do Rio Grande do Sul (Rebordo) com suas planícies aluviais, várzeas e coxilhas, compondo três formações de relevo, quais sejam: Topo do Planalto, Rebordo do Planalto e Coxilhas de Depressão Periférica (figura 7).

a) Topo do Planalto: A zona das nascentes localizada na denominada região do planalto, a altitude varia entre 340 e 520 metros, com declividade média de 8 a 12 %. A

região é caracterizada pela presença de um relevo ondulado e suavemente ondulado, resultante do trabalho de dissecção fluvial na superfície do planalto. A drenagem tem padrão dendrítico, com vales em V ou de fundo plano.

b) Rebordo do Planalto: É uma área de transição entre o planalto e a depressão central, caracterizada por escarpas abruptas. A drenagem flui no sentido da depressão central e é caracterizada por um padrão dendrítico com presença marcante dos vales em V, que por erosão regressiva provocam o festonamento da escarpa.

c) Depressão Central ou Periférica: é constituída por rochas sedimentares da bacia do Paraná, que datam do Paleozóico e Mesozóico (Triássico), encobertos localmente por sedimentos cenozóicos e também recentes (planícies aluviais). Destaca-se na região uma topografia mais ou menos plana e suavemente ondulado, com morros de forma arredondada.

3.1.4 Solos

Streck (2008), classifica os solos encontrados no município de São Martinho da Serra em seis diferentes unidades, que são as seguintes: 1) PVAa2 - Argilossolo Vermelho-Amarelo Alumínico úmbrico; 2) PVd2 – Argilossolo Vermelho Distrófico Arênico; 3) RRdh1 – Neossolo Regolítico Distro-úmbrico típico; 4) RRe1-CXe-TXp2 – Associação Neossolo Regolítico Eutrófico típico – Cambissolo Háptico Eutrófico típico e Luvissole Háptico Pálico plíntico; 5) SXe4 –Planossolo Háptico Eutrófico arênico; 6) LVd2 – Latossolo Vermelho Distrófico típico.

O quadro 1 apresenta uma descrição das características principais, das unidades de solos encontrados no município de São Martinho da Serra conforme descrito por Streck (2008).

SOLOS	CARACTERÍSTICAS
ARGISSOLOS	<p>Os argissolos são geralmente profundos a muito profundos;</p> <p>Variam de bem drenados a imperfeitamente drenados;</p> <p>Podem ser originários de diversos materiais, tais como: basaltos, granitos, arenitos, argilitos e siltitos;</p> <p>Estes solos ocorrem em relevos desde suave ondulado a forte ondulado;</p> <p>Ocupam grande parte do Estado do Rio Grande do Sul</p>
CAMBISSOLOS	<p>Os cambissolos são solos rasos a profundos;</p> <p>Variam de bem drenados a imperfeitamente drenados dependendo da posição que ocupam na paisagem;</p> <p>Solos em processo de transformação, razão pela qual tem características insuficientes para serem enquadrados em outras classes de solos mais desenvolvidos, podendo ocorrer em qualquer situação de relevo e paisagem.</p>
LUVISSOLO	<p>Os argissolos são geralmente pouco profundos;</p> <p>Variam de bem a imperfeitamente drenados;</p> <p>Possuem boa fertilidade química natural, apresentando carência de fósforo.</p>
NEOSSOLOS	<p>Os Neossolos são rasos ou profundos;</p> <p>São de formação recente, originados de diversos tipos de rochas e encontrados nas mais diversas condições de relevo e drenagem;</p> <p>A utilização destes solos para a pastagem sob lotação excessiva de animais por unidade de área, resulta em redução da cobertura vegetal do solo favorecendo a erosão hídrica.</p>
PLANOSSOLOS	<p>Variam de imperfeitamente a mal drenados;</p> <p>Encontrados em relevos planos a suave ondulado;</p> <p>Os Planossolos Háplicos Eutróficos arênicos ocorrem principalmente na Depressão Central;</p> <p>Geralmente aptos para o cultivo de arroz irrigado, com sistema de drenagem eficiente, mas também podem ser cultivados milho soja e pastagem</p>
LATOSSOLOS	<p>São solos bem drenados;</p> <p>São normalmente profundos a muito profundos;</p> <p>Possuem boa aptidão agrícola, desde que corrigida a fertilidade química;</p> <p>Encontrados em relevos suave ondulado;</p>

Quadro 1: Unidades dos solos e principais características

3.1.5 Vegetação

Segundo o Inventário Florestal Contínuo do Estado do Rio Grande do Sul (2008), as formações vegetais existentes são duas: as formações silváticas e as formações campestres e são fortemente influenciadas pelas características de uma área, como o relevo, o solo, o regime pluviométrico e o clima.

As formações campestres estão localizadas no Topo do Planalto onde as espécies rasteiras estão associadas às superfícies planas e às condições do solo e do clima subtropical da região. Observa-se, também, a presença de gramíneas que muitas vezes estão associadas aos capões de mato e às matas de galeria. Nota-se a presença de tufos conhecidos como “barba de bode”, uma sinalização de solos com ph ácidos.

No Rebordo do Planalto verifica-se a formação florestal que é composta pela Floresta Estacional Decidual, em geral, que segundo o mapeamento e classificação da vegetação do Rio Grande do Sul de Teixeira *et al.* (1986), a ocorrência deste tipo florestal está vinculada a um clima com acentuada variação térmica com duas estações, uma com temperatura média das médias superior a 20° C (verão) e outra com temperatura média das médias inferior a 15° C (inverno), sem déficit hídrico, o que determina a estacionalidade foliar dos elementos arbóreos dominantes do estrato superior, apresentando mais de 50% dos indivíduos caducifólios no período do inverno. Recobre a porção média e superior do vale do rio Uruguai e a maior parte da vertente sul do Planalto Sul - Brasileiro e áreas das bacias dos rios Ijuí, Jacuí e Ibicuí. O dossel é caracterizado pela presença de Leguminosas como *Apuleia leiocarpa*, *Peltophorum dubium*, *Parapiptadenia rigida* e outras espécies decíduas como *Cordia trichotoma*, *Cabralea canjerana* e *Luehea divaricata*.

Nas Coxilhas da Depressão Periférica predominam as pastagens naturais, sendo estas vegetações típicas das pradarias, onde ocupam 90% da área, com restante dominado por capões de mato e matas-galerias.

3.2 Procedimentos Metodológicos

Seguindo a metodologia proposta por Libault (1971), para a análise geográfica, o trabalho se desenvolveu alicerçado sobre os quatro níveis da pesquisa geográfica. Segundo esta metodologia, a primeira etapa constitui o **nível compilatório**. Este primeiro momento constituiu-se na coleta de material para a realização do estudo proposto, bem como sua seleção, levando em consideração seu valor e sua significância em relação ao tema abordado.

Na segunda etapa do trabalho, também chamada de **nível correlativo**, executou-se a correlação entre os dados anteriormente selecionados. Esta correlação consistiu no cruzamento dos diferentes planos de informação, gerando novos elementos de análise.

Na terceira etapa, ou **nível semântico**, foi realizada a interpretação dos dados obtidos na fase anterior. Com base nesta interpretação geraram-se os resultados finais do trabalho, e as conseqüentes conclusões.

No quarto e último nível do trabalho, **também chamado de normativo**, procedeu-se à confecção dos mapas finais, com o objetivo de traduzir de forma mais simples e visual os resultados dos processos anteriormente levados a efeito.

3.2.1 Preparação dos dados

Após a determinação da área de estudo, e para atingir os objetivos propostos no início do trabalho foi necessário utilizar a imagem orbital do sistema LandSat - 7 TM, que recobrisse o município.

A composição colorida das bandas 3, 4 e 5 foi realizada em um aplicativo computacional de tratamento de imagem, através dos seguintes procedimentos: Criou-se uma imagem nova, e nesta inseriu-se as bandas 3, 4 e 5 nos canais B, G e R respectivamente, a qual chamou-se de c345. Nesta imagem executou-se um ajuste de níveis de cor, acessando no menu principal o módulo Imagem - modo - ajuste de cores.

No Programa Idrisi, selecionou-se a área de interesse através da visualização na tela e definiu-se as coordenadas de abrangência da área a ser estudada, e

posteriormente, pela operação: Reformat - Window, informou-se estas coordenadas de linhas e colunas da nova imagem. Este procedimento foi realizado para as três bandas e para sua composição.

Na etapa seguinte, realizou-se o georreferenciamento das Imagens: composição falsa cor c345 e a imagem classificada. Para isso foram determinadas coordenadas de pontos de controle com coordenadas do sistema Universal Transversa de Mercator (UTM) com Datum WGS 84, adquiridas em campo com o GPS de navegação e ainda pontos nas cartas topográficas; e sua correspondência na imagem (composição falsa cor c345). Estes pontos selecionados foram relacionados através de um arquivo de referência criado pelo módulo: Data Entry - Edit - Correspondence File.

Para georreferenciar a imagem utilizou-se o módulo Reformat Resample que faz a conversão do sistema de coordenadas atuais da imagem (coordenadas de tela), a qual não possui um sistema específico, mas apenas uma relação de contagem de pixel com origem zero e zero (0,0), para um sistema de coordenadas pré-determinadas, como o UTM 22s, que foi usado neste trabalho.

As áreas concernentes ao município foram digitalizadas nas cartas topográficas de São Pedro do Sul (SH21-X-D-VI-2), Quevedos (SH21-X-D-III-4), Rio Guassupi (SH22-V-C-I-3), Santa Maria (SH22-V-C-IV-2), Val de Serra (SH22-V-C-I-4), Camobi (SH22-V-C-IV-2), laboradas pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro, escala 1:50.000, que serviram como base para a digitalização das curvas de nível, dos limites e a hidrografia

3.3 Elaboração de Mapas

3.3.1 Mapa Rede de Drenagem

Os arquivos vetoriais referentes à rede de drenagem, foram digitalizados, via tela do computador, utilizando o software idrisi 32, no módulo *Digitize* sobre as cartas topográficas em conjunto a interpretação da imagem.

A quantificação das áreas referentes ao uso da rede de drenagem se deu pela rasterização de seus vetores sobre a imagem classificada, visto que estas informações

agora estão sobre o mesmo sistema de coordenadas. Para a rasterização usou-se o módulo Reformat - Raster/Vector Conversion – Lyneras, sendo que, do total da área da rede de drenagem, extraiu-se as áreas constituídas por rios, açudes e lagos denominando-se drenagem.

Para se estabelecer a hierarquia fluvial, definiu-se primeiramente a ordenação dos canais fluviais do município. Para isto, utilizou-se o método de Strahler (1974), em que considera todo curso sem tributário como sendo de primeira ordem. A junção de dois cursos d'água de mesma ordem forma outro de ordem imediatamente superior, sendo que este não se estende a tributários menores, referindo-se apenas a segmentos do canal principal.

3.3.2 Modelo Numérico do terreno

No modelo numérico do terreno ou modelo digital de elevação (MDE), nada mais é do que uma imagem em que cada pixel possui um valor Z de altitude correspondente as coordenadas X e Y. Este modelos são gerados a partir da interpolação das curvas de nível. Neste trabalho a interpolação realizada foi a Rede Triangular Irregular (TIN), onde a elevação digital é convertida em um modelo de terreno no qual a superfície é coberta por triângulos continuamente conectados. A partir do modelo numérico do terreno podem ser geradas imagens para interpretação de hipsometria e declividade, e a obtenção de uma representação muito próxima da topografia e também uma visão tridimensional de toda a formação do relevo de São Martinho da Serra.

A elaboração do Modelo Digital de Elevação (MDE) e perfis topográficos foi realizada com base nas curvas de nível com intervalos de 20 em 20 metros.

3.3.3 Mapa Hipsométrico

Analisando o comportamento espacial das curvas de nível e pontos cotados, obteve-se os dados referentes à hipsometria, utilizando-se do MNT gerado foi possível estabelecer as classes altimétricas, com intervalos de 80 metros, seguindo a metodologia de Sturges, através do módulo Layer Properties- symbology-classify no

Arcview 9.2. Com isso foi obtido seis intervalos de classes, com os seguintes valores, quadro 3:

Através dos limites estabelecidos, elaborou-se o mapa hipsométrico, com a distribuição das altitudes do relevo de forma contínua, semelhante às curvas de nível em uma carta topográfica.

Classes	Intervalos
I	< 160
II	160 - 240
III	240 - 320
IV	320 - 400
V	400 - 480
VI	> 480

Quadro 2 : Classes de Altitudes

3.3.4 Mapa de Declividade

Para a elaboração deste mapa foi gerado através do módulo *3D Analyst* do *ArcView 9.2*, o modelo numérico do terreno MNT pelo método da Rede Irregular de Triângulos (TIN), que representa a superfície terrestre através de um conjunto de triângulos irregulares, após isso se usou a ferramenta *Reclassify* para classificar o TIN nos intervalos pré definidos citados na tabela 5.

As classes de declividade apresentam-se como um ótimo indicativo dos processos erosivos existentes, bem como os riscos que a compreendem (deslizamentos, inundações e alagamentos)

Para a obtenção dos valores das classes, foi realizada a classificação do TIN, no aplicativo *Arcview 9.2*, através do modulo *Spatial Analysis-surface Analysis – Slope*. Após isso se usou a ferramenta *Reclassify* para classificar o TIN nos intervalos pré definidos, citados no quadro 4.

Para análise da declividade do município de São Martinho da Serra utilizou-se quatro categorias de declividade, segundo EMBRAPA (1999, pág 307):

Classes de Declividade	Categorias de Declividades
< 3 %	Relevo plano
3 - 8 %	Relevo Suave Ondulado
8 - 20 %	Relevo Plano Ondulado
> 20 %	Relevo Forte Ondulado

Quadro 3 : Classes de Declividades

3.3.5 Mapa de Unidades de Relevo

Segundo Goulart (2001), as unidades do relevo são o conjunto de formas semelhantes, geneticamente homogêneas, individualizadas em razão de suas características morfológicas e morfométricas.

O mapa definidor das unidades de relevo foi obtido a partir da análise dos seguintes atributos básicos definidos pela: a declividade, comprimento de vertente, amplitude altimétrica e hipsometria,

A delimitação de unidades de relevo, parte da definição destes atributos e de sua influência nos processos de dinâmica superficial.

A medição do comprimento de vertentes do município de São Martinho da Serra foi realizada de forma amostral, onde foram individualizadas.

Quanto às amplitudes das vertentes, elas retratam a elevação das feições do relevo, ou seja, a diferença entre as altitudes das vertentes. Já o comprimento de rampas, mede a extensão horizontal das vertentes.

As medidas, destes índices foram dadas a partir do topo até a base das vertentes, sendo medidas na vertical e na horizontal. Com isto definiu-se áreas amostrais, de todo o município, de onde foram extraídas informações referentes a estes índices. A compartimentação do relevo foi definida a partir da integração e compilação dos mapas, quadro 5.

A partir do cruzamento destas informações foi definido o Mapa de Unidades de Relevo, que diz respeito à individualização das áreas com características homogêneas, no qual foram definidos quatro unidades homogêneas de relevo:

Classes	Unidades do Relevo
I	Rebordo
II	Planícies Aluviais
III	Coxilhas Altas
IV	Coxilhas Baixas

Quadro 4: Unidades de Relevo

3.3.6 Mapa de Solos

A elaboração do mapa temático referente as unidades dos solos do município de São Martinho da Serra, foi obtido a partir da digitalização dos dados do Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Rio Grande do Sul na escala 1:750000 atualizado por Streck (2008)

A delimitação dos diferentes tipos de solos da área do município foi realizada apenas em laboratório, sem identificação de campo, utilizando a nomenclatura da legenda de identificação do Mapa de Solos do Rio Grande do Sul, apresentado por Streck (2008)

3.3.7 Mapa de Uso e Ocupação do Solo

Após os procedimentos de delimitação da área do município de São Marinho da Serra, realizado na fase anterior, iniciou-se o processo de classificação do uso da terra. Foram definidos 6 (seis diferentes classes de uso da terra: área de campo, área de mato, solo exposto, pastagem ,sombras e água. A identificação destas classes foi feita através de uma pré- classificação visual da imagem na tela do computador.

O processo de classificação digital foi realizado através do processo chamado de classificação supervisionada, onde o usuário determina áreas de treinamento para cada

classe que deseja classificar, sendo assim as classes agrupadas com base nas áreas de treinamento. Salienta-se que tais áreas de treinamento devem ser bem amostradas para que sejam representativas da sua classe.

Estas áreas foram digitalizadas usando o ícone *digitalize* do idrisi, onde foram selecionadas as amostras para cada classe de uso da terra, e que servirão de base para a criação dos arquivos de assinatura espectral de cada tema.

A criação das assinaturas efetuou-se através da rotina Analysis Image Processing - Signature Development - Makesig onde se criou uma assinatura para cada uma das classes de uso da terra pré-determinadas. Neste procedimento associou-se as áreas de treinamento, criadas na etapa anterior, a cada uma das três bandas da composição, e obteve-se os valores de resposta espectral em cada banda, conforme a reflectância de cada tema.

A classificação digital da imagem foi elaborada a partir do módulo Analysis - Image Processing - Hard Classifiers - Maxlike, que gerou uma imagem que representa as 6 (seis) classes de uso da terra.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Mapa Rede de Drenagem

De acordo com VIEIRA (1984), o Rio Grande do Sul é drenado por uma densa malha hidrográfica, onde se destacam dois grandes coletores de água: o Rio Uruguai e o sistema Vacacaí-Jacuí. O município de São Martinho da Serra está situado na bacia hidrográfica do Uruguai, sub-bacia hidrográfica do Ibicuí, uma das principais sub-bacias do estado do Rio Grande do Sul.

A rede de drenagem do município de São Martinho da Serra, quanto à ordem de grandeza, se caracteriza por ser de 3ª ordem, (TABELA 01). Tendo como rios principais o rio Ibicuí-Mirim, que corre no sentido NE-SW, fazendo divisa com o município de Santa Maria e Itaara e o Rio Guassupi, que faz divisa ao norte com os municípios de Quevedos e Júlio de Castilhos.

Tabela 1 - Parâmetros da rede de drenagem do município de São Martinho da Serra

Ordem de Grandeza	Comprimento (Km)	Comprimento Médio (km)	Número de Canais	% do Número de Canais
1ª	288.19	1.67	173	69.76
2ª	113.17	2.10	54	21.77
3ª	80.54	3.84	21	8.47
Total	481.90	x	248	100

Dos canais que compõem a rede de drenagem da área, 69,76% são de primeira ordem, em um total de 173 canais, com um comprimento médio menor, ou seja, 167 metros/curso d'água. Com 21,77% do total de canais da rede de drenagem, os canais de segunda ordem, 54 no total, ocupam 113.17 km de extensão e com isto representando maior densidade por área.

Quanto ao arranjo espacial dos canais fluviais, predomina o padrão retangular-dendrítico (figura 7). O padrão de drenagem corresponde ao conjunto de canais superficiais e vias de escoamento interno, que por sua vez são fatores dependentes do

material rochoso sobre o qual se encontra desenvolvida a rede de drenagem. A rede de drenagem pode estar submetida a controle estrutural e tipo de rocha, podendo assim revelar a atitude dos corpos rochosos, a disposição e espaçamento dos planos de fraqueza, bem como ao tipo de material exposto.

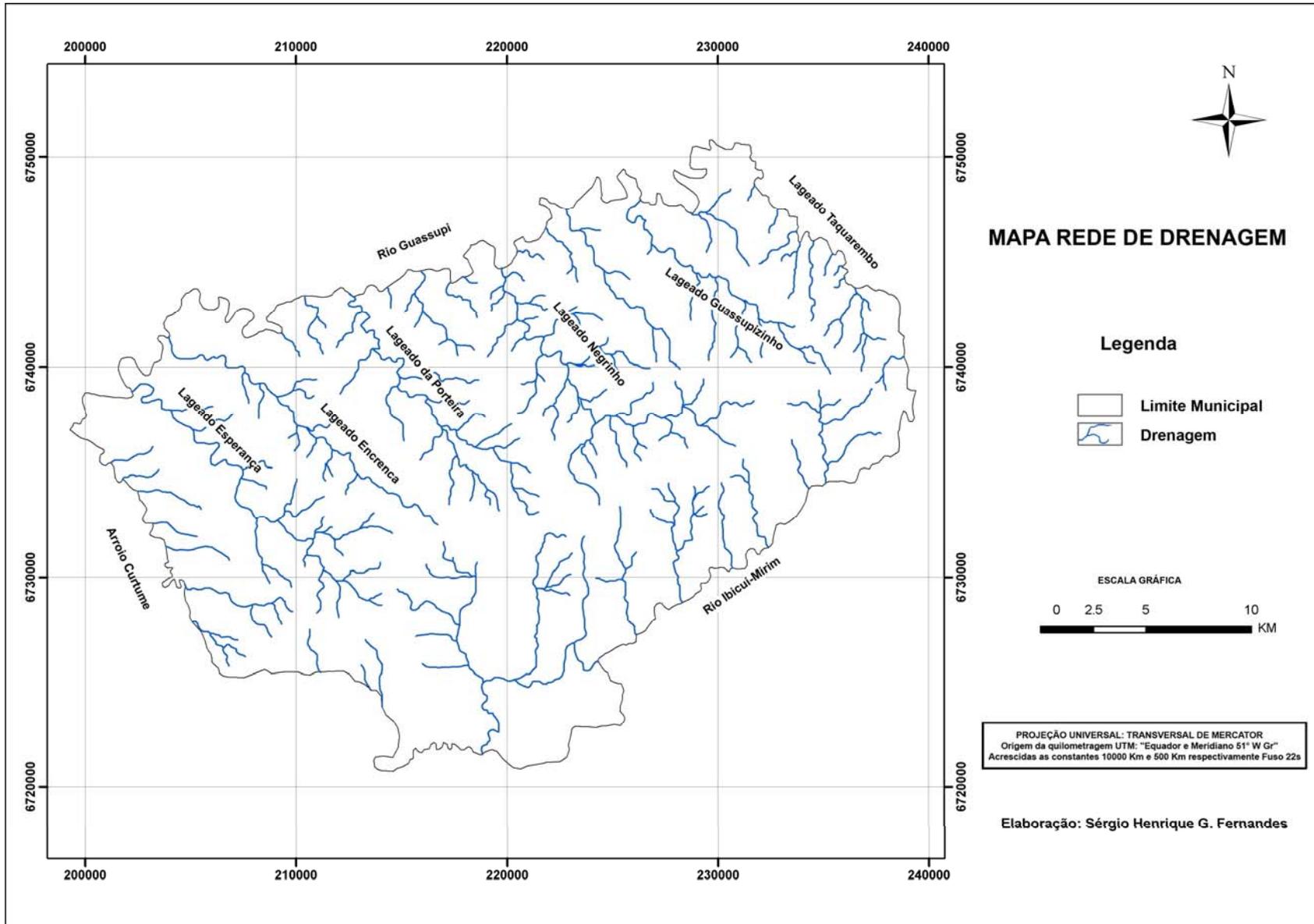


Figura 7 - Mapa Rede de Drenagem de São Martinho da Serra

4.2 Mapa de Hipsometria

O município de São Martinho da Serra apresenta uma amplitude altimétrica de aproximadamente 380 metros, sendo que seu ponto com maior altitude encontra-se a 520 metros e o ponto mais baixo fica em torno de 140 metros. Desta forma, realizou-se a compartimentação altimétrica do terreno, afim de melhor representar a área do município quanto as suas altitudes. Foram analisadas as quantidades e as cotas das curvas de nível existentes, estabelecendo assim seis classes de altitude distintas (tabela2) (figura 8)

Tabela 2 - Medida das Classes de Altitudes

Classes	Intervalos	Área (ha)	Área (%)
I	< 160	1318.21	1.95
II	160 - 240	4596.50	6.79
III	240 - 320	7572.56	11.19
IV	320 - 400	18821.74	27.81
V	400 - 480	32187.98	47.56
VI	> 480	3188.06	4.71
	Total	67685.05	100.00

A classe I corresponde as áreas que apresentam altitudes até 160 metros encontram-se ao sul do município, na divisa com Santa Maria pelo rio Ibicuí-Mirim, totalizando uma área de 1318.21 ha, apenas 1,95 % da área em estudo.

A classe II contém as áreas entre 160 a 240 metros, encontram-se as montantes dos arroios Curtume, Lageado Esperança e Lageado da Encrenca, correspondendo uma área de 4596,50 ha, ou seja, 6.79% do município.

Já as áreas que apresentam entre 240 a 320 metros, correspondem a classe III, ocupam pequenas porções ao noroeste e ao sul do município. Com uma área de 7572.56 ha, correspondendo cerca de 11,19%.

A classe estabelecida como IV, possui variação de 320 a 400 metros, ocupa uma área de 18821.74 ha, 27,81 % do município.

A classe V, com altimetria entre 400 a 480 metros é a mais representativa, se estende no sentido NE-SW, ocupando 47,56% da área do município, com 32187,98 ha. As classes IV e V, correspondem a 75.36 % das altitudes no município de São Martinho da Serra.

A classe VI, definida pelas altitudes maiores que 480 metros, são as áreas mais elevadas do município, corresponde a aproximadamente 3188,06 ha, ou seja, 4,71% da área.

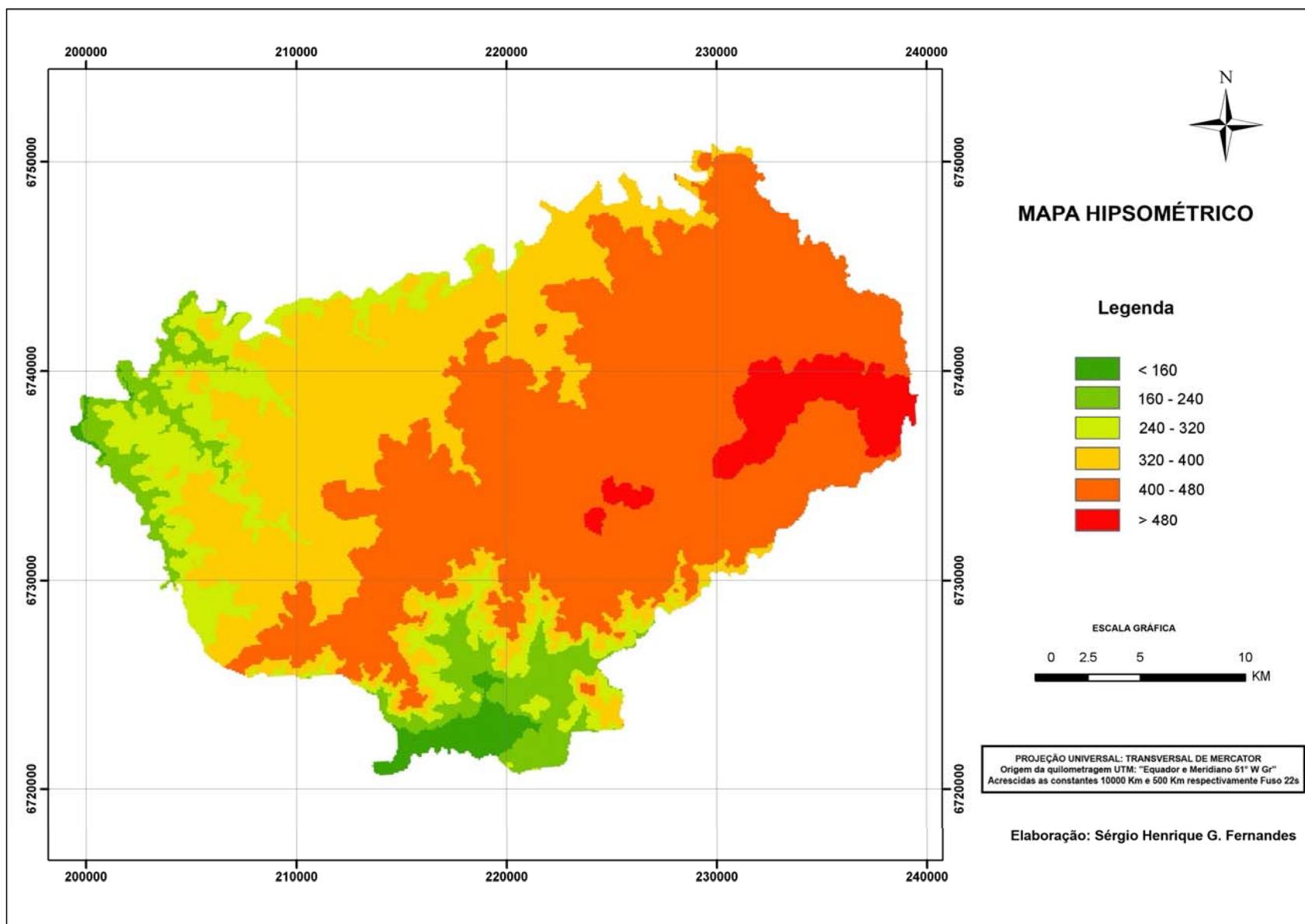


Figura 8 - Medida das Classes de Altitudes de São Martinho da Serra

4.3 Declividade

Um dos atributos importantes na análise do relevo é a declividade. A declividade representa a inclinação do terreno em relação ao plano horizonte, ou seja, a inclinação da vertente e pode ser expressa em graus ou em percentual.

As áreas com altas declividades estão mais sujeitas aos processos de movimentos de massa e erosão, e apresentam restrições quanto ao uso.

Com a definição de quatro classes de declividade (tabela 03), baseada nos parâmetros estabelecidos pela EMBRAPA (1999, p.307), ficou evidenciado que o município apresenta algumas variações quanto à disposição das classes de declividade (Figura 9).

Tabela 3 - Medida das Classes de Declividades

Classes	Área (ha)	Área (%)	Tipo de Relevo
< 3	21601.21	31.91	Plano
3 - 8	16775.10	24.78	Suave Ondulado
8 - 20	21442.03	31.68	Ondulado
> 20	7866.73	11.62	Forte Ondulado
Total	67685.07	100.00	

Os resultados mostram que no município de São Martinho da Serra, a classe de declividade < 3% é a que possui um leve predomínio no município, estendendo-se no sentido NE-SO, com 31.91% do total, com aproximadamente 21601.21 ha. Com isso podemos perceber que o município não é muito declivoso, não estando sujeito a grandes movimentos de massas.

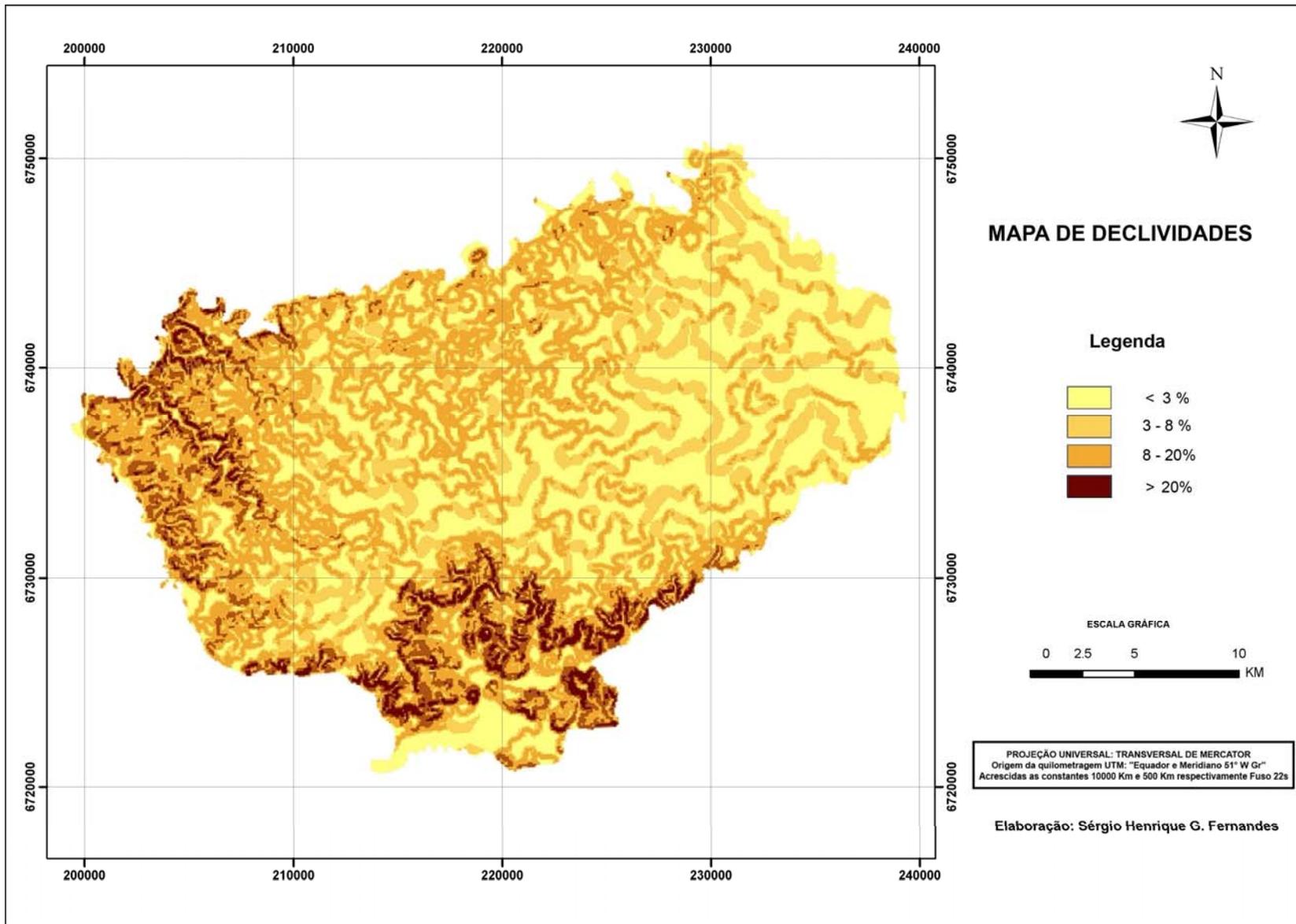


Figura 09 - Mapa de Declividades de São Martinho da Serra

As declividades de 3 a 8 % ocupam 24.78 % da área em estudo. A classe de 8 a 20% é a terceira classe de ocorrência no município com aproximadamente 31.68 %, representam um relevo ondulado.

As declividades maiores que 20%, encontram-se associadas às áreas de rebordo do planalto, na divisa com o município de Santa Maria e ao noroeste onde faz divisa com Quevedos, com uma área de 7866.73.

A um predomínio no município de um relevo ondulado, representando 56.46%, as altitudes nesses locais ficam entre 320 a aproximadamente 480 metros.

4.4 Mapa de Unidades de Relevo

Os dados obtidos permitiram a individualização de quatro unidades homogêneas de relevo, representadas na Tabela 04 e identificadas na Figura 10.

Tabela 4 - Unidades de Relevo de São Martinho da Serra

Classes	Área (ha)	Área (%)	Unidades do Relevo
I	15561.59	22.99	Rebordo
II	1102.29	1.63	Planícies Aluviais
III	4885.16	7.22	Coxilhas (colinas amplas) Altas
IV	46136.03	68.16	Coxilhas (colinas amplas) Baixas
Total	67685.07	100.00	

A Unidade I caracteriza-se por suas declividades predominantes superiores a 20%, com vertentes fortemente onduladas e altitudes superiores a 400 metros. Esta unidade encontra-se em duas áreas, uma inserida no oeste do município e a

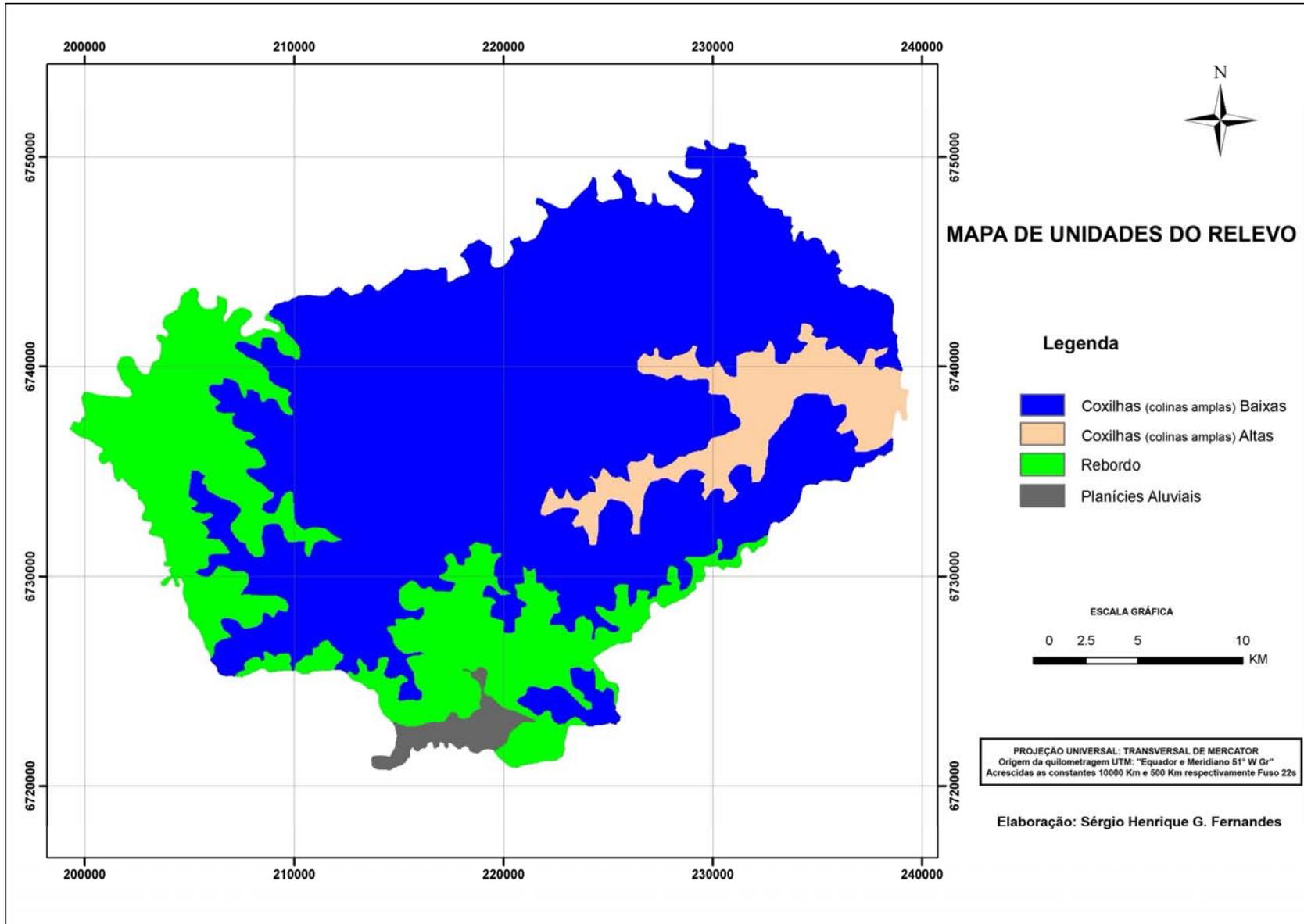


Figura 10 - Mapa de Unidades de Relevo de São Martinho da Serra

outra na porção sul no sentido leste/ oeste. Esta duas porções somam 15561.59 ha, o que corresponde a 22.99% da área total do município.

A unidade II, denominada de Planícies Aluviais, é a definida por áreas planas com altitudes que vão ate 160 metros. Esta unidade ocupa uma pequena porção junto a divisa municipal com o município de Santa Maria , ao sul de São Martinho da Serra. Corresponde a pouco mais de 1% da área total, com 1102.29 ha.

Na Unidade III, coxilhas (colinas amplas) altas, as vertentes são planas, com declividades < 3% e altitudes superiores 480 metros. Esta compreende uma faixa que estende-se da região central do município para leste ocupando uma área com 4885.15 ha, o que corresponde a 7.22% da área total, e está localizada de forma esparsa pelos três setores da bacia hidrográfica.

A unidade IV, denominada Coxilhas (colinas amplas) Baixas, apresenta-se com declividades até 8% e altitudes que chegam aos 480 metros (Figura 8). Definida por uma área com relevo plano e suavemente ondulado com comprimento de rampa entre 600 a 850 metros. Esta unidade predomina, ocupando 46136.03 ha, ou seja, 68.16% da área total do município.

4.5 Mapa de Solos

Com relação aos solos, para a elaboração do mapa temático do município de São Martinho da Serra, levou-se em consideração a descrição dos solos obtidos a partir do Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Rio Grande do Sul, na escala 1:750000, atualizada por Streck (2008) e resultou em seis diferentes unidades encontradas no município, conforme tabela 06.

Os tipos de solos se encontram distribuídos no município de São Martinho da Serra, conforme Figura 11.

Os Argissolos: são geralmente profundos a muito profundos, variam de bem drenados a imperfeitamente drenados. Podem ser originários de diversos materiais, tais como: basaltos, granitos, arenitos, argilitos e siltitos, Este tipo de solo é o que aparece com maior freqüência na área estudada, pois compõe 25255.38 ha, ou seja, 37.31% da

área total. É encontrado, principalmente sobre relevo plano e suave ondulado, compondo grande parte do município, do tipo PVAa2, e em duas manchas na porção sul da área, tipo PVd2.

Tabela 5 - Unidades de Solos de São Martinho da Serra

Unidades do Solo	Área (ha)	Área (%)	Tipo de Solo
Solo I	16450.32	24.30	Associação (RRe1+Cxe+TXp2)
Solo II	22639.85	33.45	Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico úmbrico (PVAa2)
Solo III	1368.28	2.02	Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd2)
Solo IV	2615.53	3.86	Argissolo Vermelho Distrófico arênico (PVd2)
Solo V	22685.03	33.52	Neossolo Regolítico Distro-úmbrico típico (RRdh1)
Solo VI	1926.06	2.85	Planossolo Háplico Eutrófico arênico (SXe4)
Total	67685.07	100.00	

O tipo de solo, Associação Neossolo Regolítico Eutrófico típico – Cambissolo Háplico Eutrófico típico e Luvissole Háplico Pálico plíntico (RRe1-CXe-TXp2); Este tipo de solo é encontrado em uma faixa mais ao sul do município, divisa com Santa Mariano, estendendo-se também no oeste divisa com Quevedo. Representa 24.30% de toda a área, ou seja, 16450.32 ha, sendo o terceiro tipo de solo significativo encontrado. estender

Os cambissolos são solos rasos a profundos; variam de bem drenados a imperfeitamente drenados dependendo da posição que ocupam na paisagem. Solos em processo de transformação, razão pela qual tem características insuficientes para serem enquadrados em outras classes de solos mais desenvolvidos, podendo ocorrer em qualquer situação de relevo e paisagem.

Os argissolos são geralmente pouco profundos; variam de bem a imperfeitamente drenados; possuem boa fertilidade química natural, apresentando carência de fósforo.

Neossolos são solos rasos ou profundos, de formação recente, originados de diversos tipos de rochas e encontrados nas mais diversas condições de relevo e

drenagem. Compõe cerca de 22685.03 há, ou seja, 33.52 %, sendo dessa forma o solo predominante no município. A utilização destes solos para a pastagem sob lotação excessiva de animais por unidade de área, resulta em redução da cobertura vegetal do solo favorecendo a erosão hídrica.

Planossolos: Variam de imperfeitamente a mal drenados, encontrados em relevos planos a suave ondulados; os Planossolos Háplicos Eutróficos arênicos ocorrem principalmente na Depressão Central, geralmente aptos para o cultivo de arroz irrigado, com sistema de drenagem eficiente, mas também podem ser cultivados milho soja e pastagem. Representam 2.85 % da área do município.

Latossolos: São solos bem drenados, normalmente profundos a muito profundos. Aparece recoberto apenas 1368.28 ha, sendo assim com 2.02 % da área. Possuem boa aptidão agrícola, desde que corrigida a fertilidade química. São encontrados em relevos suave ondulados;

4.6 Mapa de Uso e Ocupação do Solo

O ser humano, direta ou indiretamente é um dos principais agentes modificadores do relevo em suas diversas atividades; seja nas atividades agropecuárias, na destruição das florestas, na construção de estradas, na construção de açudes, enfim, em todos os processos realizados por ele. Todas as atividades realizadas pelo homem causam algum tipo de impacto ao meio ambiente, sejam elas positivas ou negativas.

Sendo assim, torna-se necessário o estudo desses condicionadores, pois são eles que criam e recriam as diferentes formas do relevo

Segundo Mota (1981) o uso inadequado do uso do solo pelo homem é um fator agravante na degradação ambiental e desequilíbrio ecológico. Dessa forma é necessário que a ação seja planejada e adequada de modo que as conseqüências sejam as menores possíveis para o meio ambiente.

A realização de um levantamento do uso da terra em determinado espaço é um subsídio fundamental para a compreensão dos padrões de organização espacial e também necessária a espacialização destes temas em formato analógico e digital,

favorecendo e facilitando a localização dos temas e o trabalho do planejador. A elaboração do mapa de uso da terra atual serve para saber a evolução da utilização da terra e compreender melhor o processo de ocupação antrópica.

Através da classificação digital supervisionada da imagem do sensor Landsat TM 7 com resolução espacial de 30 metros, de maio de 2000, foram possíveis a identificação de seis tipos de uso e ocupação da terra no município de São Martinho da Serra (Figura 12).Tabela 06

Tabela 6 - Classes de Uso e Ocupação do Solo de São Martinho da Serra

Uso da Terra	Área (ha)	Área (%)
Campo	50435.78	74.52
Floresta	8923.51	13.18
Solo exposto	4693.96	6.94
Pastagem	1768.93	2.61
Sombra	776.39	1.15
Rede de Drenagem	1045.55	2.42
Área urbana	40.95	0.06
Total	67685.07	100.00

Referente ao uso e ocupação do solo do município de São Martinho da Serra destacando-se pela presença predominantemente de **campo**, com cerca de 50435 há que corresponde a 74.52% da área.

Foi possível identificar nesta área de campo um local de ocorrência de ágata e ametista que esta relacionada a cota de 240 metros, o que permite o estabelecimento de uma linha de favorabilidade de ocorrência de ágata e ametista no município , como mostra a figura 12.

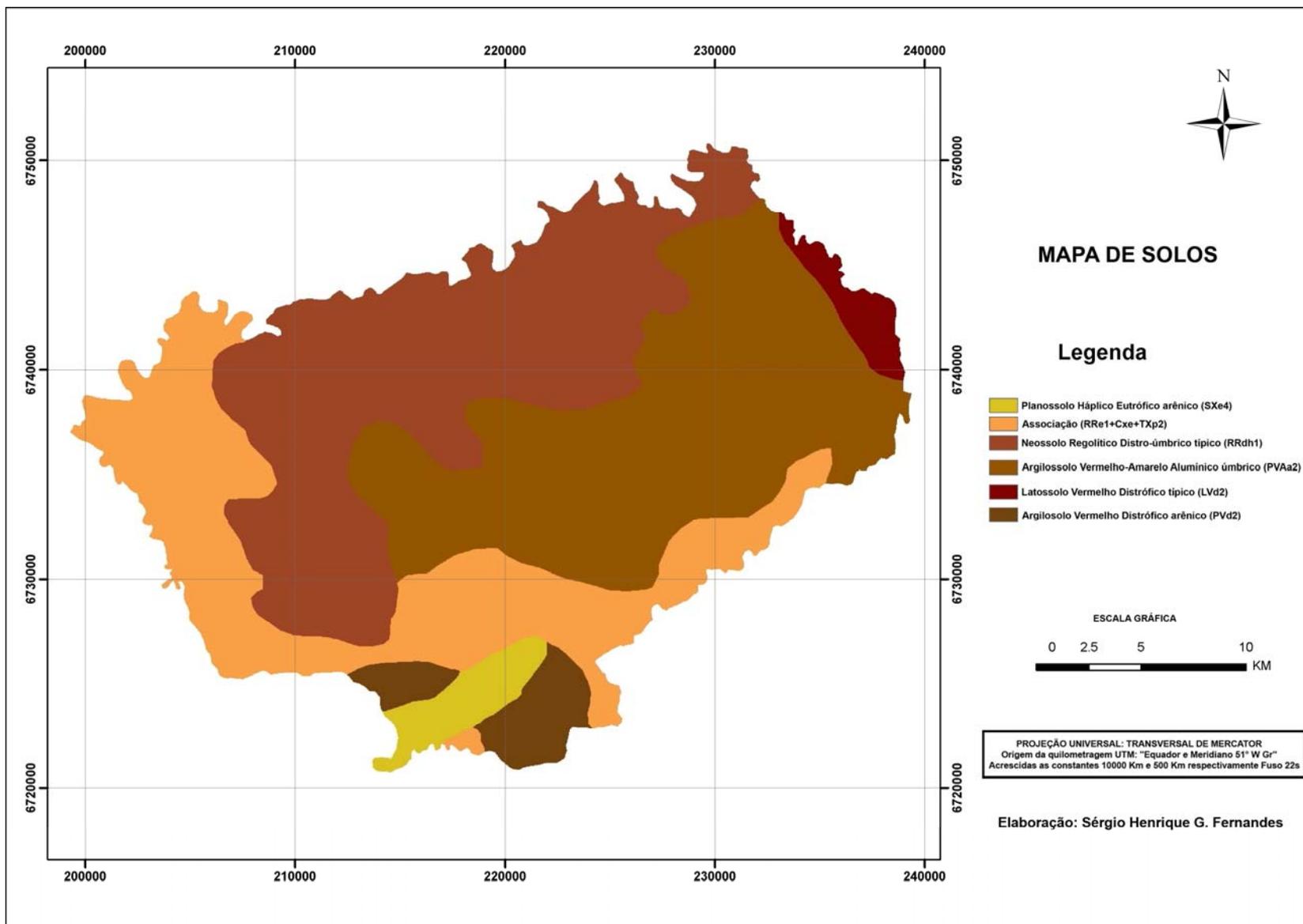


Figura 11 - Mapa de Solos de São Martinho da Serra

Já a classe **Floresta** foi definida como a vegetação natural arbórea, com uma área de 8923.51 há, localizam-se nas áreas mais íngremes e ao longo das drenagens, ocupando cerca de 13.18% da área do município.

As áreas denominadas de **solo exposto** foram aquelas consideradas com zonas urbanas, áreas utilizadas para a agricultura, preparadas para o plantio e áreas destinadas a vias de acesso e estradas. Desta forma foi possível quantificar em 4693.96 há da área, perfazendo 6.94 % da área total.

As áreas ocupadas com **pastagem** não muito representativas e correspondem a 1768.93 há que equivalem a 2.61% da área total do município.

A classe de uso do solo denominada de **rede de drenagem**, compreende os cursos de água do município, bem como os açudes, ocupa 1045.55 ha ou seja 2.42% da área total.

A **área urbana** corresponde a 40.95 hectares com 0.06 % da área do município de São Martinho da Serra.

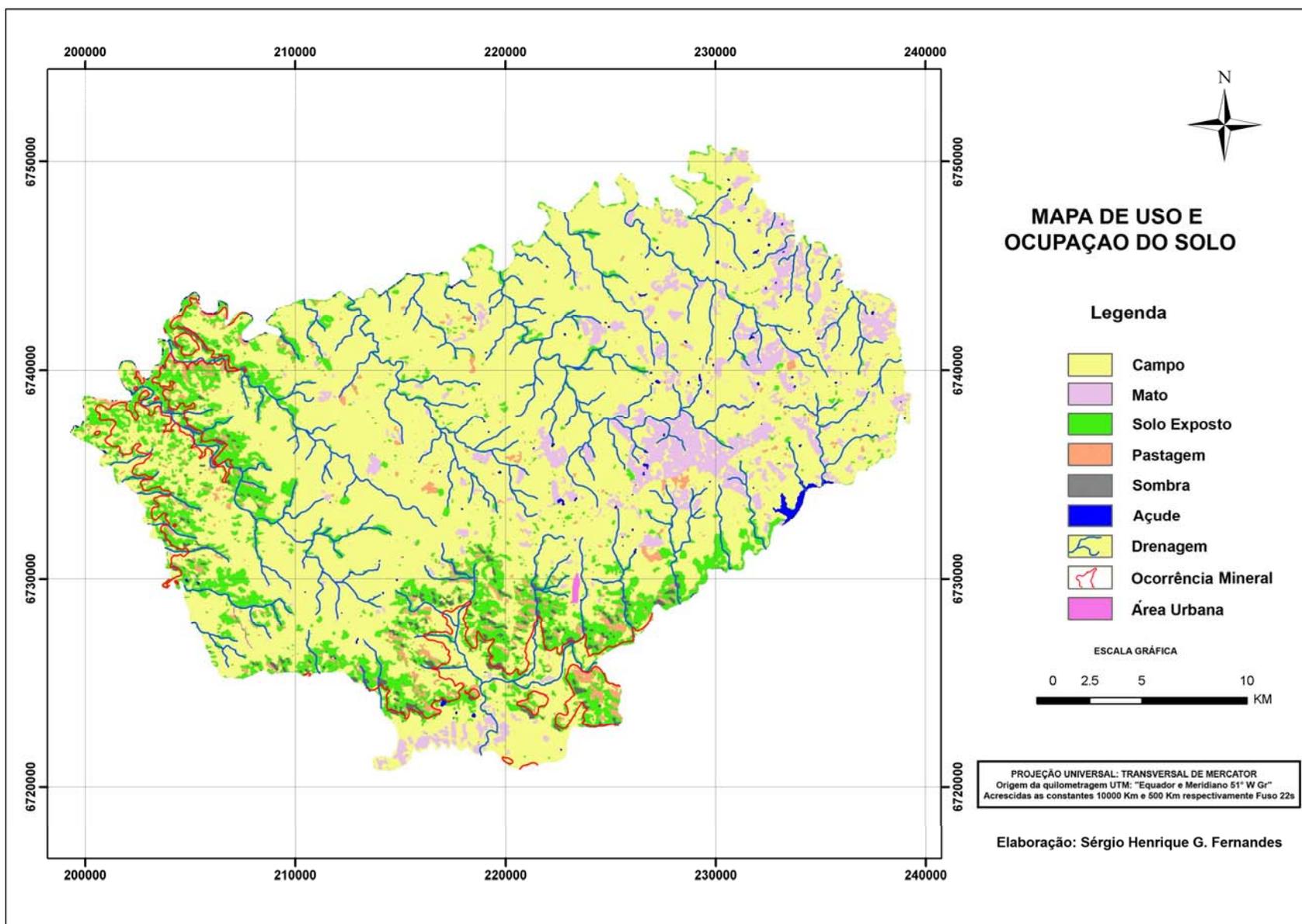


Figura 12 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo de São Martinho da Serra

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A utilização de técnicas cartográficas, aliadas ao geoprocessamento e a sensoriamento remoto, mostraram-se muito eficazes no desenvolvimento do trabalho.

A aplicação do geoprocessamento como ferramenta de apoio ao planejamento, deve ser encarada como uma necessidade, porque representa ganho de tempo e economia em custo para a implantação de projetos, para gerência dos recursos naturais, para posterior cruzamentos de planos de informações, determinando dados de grande importância e os mapas podem ser aplicados para qualquer área, servindo de subsídios para técnicos, fiscalização de empreendimentos, para cidadãos e para projetos.

Os mapas elaborados representam um resumo do trabalho que foi desenvolvido, são de fácil análise e manuseio e representam de forma fiel o as informações levantadas. Nestes mapas temos a espacialização dos elementos estudados , conforme propostos nos objetivos do trabalho.

Trabalhar com imagens em formato digital foi um dos pontos relevantes dentre os procedimentos operacionais, pois o tempo para a confecção dos mapas foi reduzida de forma considerável.

A elaboração de mapas em conjunto com os estudos geomorfológicos contribuem muito para um bom planejamento municipal, pois a ciência geomorfológica além de ser uma ferramenta que estuda o relevo, também oferece técnicas que facilitam o entendimento de diversos ambientes naturais, aqui no caso facilitada pela cartografia geomorfológica.

Com o estudo geomorfológico desenvolvido no município de São Martinho da Serra-RS, espera-se que trabalhos futuros no intuito talvez de ir além dessa compreensão possam ser desenvolvidos neste âmbito, pois acreditamos que estes estudos estão apenas começando.

Buscou-se apresentar junto aos aspectos geomorfológicos, os demais elementos fundamentais para compreensão do relevo (solo, declividades, hipsometria, hidrografia) propiciando assim uma maior inter-relação de suas estruturas.

Buscou-se relacionar também as ocorrências de ágatas e ametistas com as formas de relevo, na qual pode-se confirmar a suposição que as ametistas estão na mesma cota, localizadas nas coxilhas altas, com altitudes em torno de 240 metros, altura aproximada

Não foram encontrados grandes depósitos de minerais no município e sabe-se que estudos sobre a geologia local são muito incipientes. Há projetos sendo desenvolvidos no município, mas que ainda no momento os resultados estão limitados a gênese e caracterização das ágatas e ametistas da região de São Martinho da Serra, sem cubagem de jazidas.

O material encontrado no município limita-se ao comércio local, pois são de pequeno tamanho, e são utilizados geralmente para coleção e ou ornamentação.

O poder econômico do município de São Martinho da Serra tem buscado investimentos em diversas áreas que tem potencial para alavancar o desenvolvimento do município pela geração de empregos e renda. Um dos setores de investimento é o setor mineral, com a criação de uma escola de lapidação sob a responsabilidade da prefeitura municipal.

Embora alguns esforços já tenham sido realizados, o município ainda necessita de estudos adicionais que possam, além de definir as “áreas potenciais” de extração de ágata e ametista, possam adicionar análise de viabilidade técnica e econômica de empreendimentos minerais no município. Cabe destacar a característica geomorfológica da região de ocorrência de bens minerais. A característica do relevo do município exige cuidados especiais com relação ao meio. É preciso realizar as operações de lavra sem que os resíduos da mineração possam ir para dentro da drenagem da região.

A análise das características ambientais do município de São Martinho da Serra deve ser um dos elementos fundamentais para as questões de planejamento municipal que visam o manejo adequado dos recursos minerais. Sabe-se que o planejamento do município para definir uso e ocupação de suas áreas leva em conta aspectos técnicos, sócio econômicos, culturais e educacionais.

6 AGRADECIMENTOS

Esta investigação foi financiada pelo projeto “Pesquisa mineral e impactos ambientais dos recursos hídricos da exploração mineral de ametista no município de São Martinho da Serra”, FAPERGS, coordenado por Carlos Alberto da Fonseca Pires

7 BIBLIOGRAFIA

ABREU, S. F. **Recursos minerais do Brasil**. 2. ed. São Paulo: E. Blücher, 1973.

AGOSTINI, J. A. (Coord.). **Ametista do Alto Uruguai**: aproveitamento e perspectivas de desenvolvimento. Brasília: Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral-DNPM, 1998.

ALMEIDA. N.O. **Metodologias em Geomorfologia Ambiental**. Geosul. n.01, p. 59-68, 1986

ALMEIDA, C.; ARAUJO, M. A. Uso do sistema de informação geográfica (SIG): transição de sistema de mapeamento para uma ferramenta de planejamento e gerenciamento de atividades florestais. In: SEMINÁRIO DE SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADAS A ENGENHARIA FLORESTAL, 3., 1998, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1998. 160 p. p.83-91.

ANTUNES, A. F. B. **Elementos de geoprocessamento**: nível básico. Disponível em : < www.ufra.edu.br/pet_florestal/> Acesso em 20/08/2007

ANUÁRIO COMÉRCIO EXTERIOR. **Análise Comércio Exterior**. Análise. São Paulo, 2006. 253 p.

APEX/IBGM. **Agência Brasileira de Promoção de Exportação e Investimentos**. 2008 Disponível em: <http://www.aprendendoaexportar.gov.br/gemasejoias/html/sobre/dados_sobre.html>. Acesso: 25 jun 2008.

ASRAR, G. **Theory and Applications of Optical Remote Sensing**. New York: Wiley, 1989. 734 p.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Org.). **Sistemas de Informações Geográficas**: aplicações na agricultura. 2. ed. Brasília: EMBRAPA - SPI, 1998. 434p. il.

BARRETO,S. B; BITTAR,S. M. B. B. **Gemas do Brasil**. In: TALLER IBEROAMERICANO DE RECURSOS MINERALES Y APOYO A LA PEQUEÑA MINERIA, 2008, Havana. Disponível em: <http://petitamineria.com/programa.htm>. Acesso em: 26 out 2008

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In; GUERRA, A. J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R. G.M.(orgs). **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas, aplicações. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 1999.p.269- 300.

BRANCO, P. de M.; GIL, C. A. A. **Mapa gemológico do estado do Rio Grande do Sul**. 2. ed. rev. atual. Porto Alegre: CPRM, 2002.

BRANCO, P. de M. **Províncias gemológicas**. Disponível em: http://www.portaldasjoias.com.br/Novembro_03/Gemologia/gemologia.htm. Acesso em: 28 fev. 2006.

BÜLOW, A E. Mapeamento geomorfológico da folha de Gravataí (SH.22-X-C e D). In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA. 10., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2003.

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Claredon Press, 1989. 194p.

BUZAY, G.; DURAN, D. **Sistemas de Información Geográfica**. Buenos Aires: Troquel. 1997.

CABRAL, I. L. L.; MACIEL FILHO, C. L. Medidas de erosão e deposição em solos arenosos. **Geografia**, Rio Claro, v. 16, n. , p. 95-116, out. 1991.

CALIJURI, M. L.; RÖHN, S.A. **Sistemas de informações geográficas**. Viçosa: CCET/DEC - Universidade Federal de Viçosa. Imprensa Universitária, 1994. 34 p.

CÂMARA, G.; DAVIS C.; MONTEIRO A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CASSETI, V. **Elementos de geomorfologia**. Goiânia: Ed. UFG, 2001.

CASTRO, F. C. N. et al. A busca por relações entre o geoprocessamento e a geomorfologia na elaboração de um planejamento territorial. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 2., 2004, Aracaju. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr2/pdfs/poster16.pdf>. Acesso: 20 nov 2007.

CASTILLERO. A. C. - **Uso da terra por fotografias aéreas no município de Santa Maria – RS**, monografia, Santa Maria 1984, p,47

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário mineral 2006: Desempenho da economia mineral**, v. 2: Brasil Mineral: a Economia que Brilha. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral. 2006.

DUARTE, L. C. **Evolução geológica, geoquímica e isotópica das mineralizações de geodos com Ametista, Artigas, República Oriental do Uruguai**. 2008. Dissertação (Mestrado em) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível: <http://biblioteca.universia.net/ficha.do?id=38073367> Acesso: 15 out 2008.

EBERT, H. D.; PENTEADO, A. H. D. G. Modelagem tridimensional de estruturas geológicas complexas em microcomputadores.. **Geociências**. São Paulo, v. 14, n. 2, p. 227-245, mês 1995.

EMBRAPA. Sistema de Gestão de Território da ABAG/RP, 2005 Disponível em: <http://www.abagr.p.cnpm.embrapa.br/areas/geomorfologia.htm>. Acesso: 20 nov 2007.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 415 p.

GOULART, A. C. O. Relevo e Processos Dinâmicos. Geografares, Vitória, n.2, jun. 2001.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente** 3 ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil , 2001.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico geomorfológico**. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1997. 652 p.

HUBP, J. L. **Dicionário Geomorfológico**. México: UNAM, Instituto de Geografia, 1989.

IBGE. **Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: IBGE, 1986.

IBGM - Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos. **Políticas e ações para a Cadeia Produtiva de Gemas e Jóias**. Disponível em: <http://www.ibgm.com.br/index.cfm?saction=conteudo&mod=70454C4050031F4C434F39101B1B435C4B5844&id=525BE38C-3472-FB8F96923E3B97C5A567&buscaibgm=Políticas%20e%20ações%20para%20a%20Cadeia%20Produtiva%20de%20Gemas%20e%20Jóias> Acesso: 02 dezembro 2008

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. textos acessados 28 de março 2000. Disponíveis em: <www.cbers.inpe.br>.

IPAGRO. Seção de Ecologia. **Atlas agroclimático do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, IPAGRO.1989. 3 v il. 296 mapas. 28 tab.

JUCHEM, P. L.; BRUM, T. M. M. Geologia e mineralogia. In: AGOSTINI, I. M. et al. **Ágata no Rio Grande do Sul**. Brasília: Ministério de Minas e Energia. Departamento de Produção Mineral-DNPM, 1998. (Série Difusão Tecnológica; nº. 5).

KAUL, P. F. T Geologia. In: IBGE **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro, 1990

LIBAULT, A. Os **quatro níveis da pesquisa Geográfica: métodos em questão**. São Paulo: USP,1971.

LIMAVERDE, J. de A. **Produção, industrialização e comércio de gemas do Nordeste**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1980.

LOPES, L. H. A.; HOCHHEIM, N. Sistemas de informações geográficas utilizados no estudo dos efeitos das ocupações em áreas de solocriado. RS. In:2° CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO, 2., 1996, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1996. p. 31 – 89.

MARQUES, J. S. Ciência geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

MICHELIN, C. R. L. **Seqüência de formação das cavidades no basalto e seu preenchimento com zeolitas, arenito, ágata e ametista, Derrame Miolo, São Martinho da Serra, Rio Grande do Sul, Brasil**. 2007. 50 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MOREIRA, M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. 3. ed. atual. e ampl. Viçosa: Ed .UFV, 2005.

_____. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2. ed. Viçosa : UFV, 2003. 307 p.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961.

NOGUEIRA, R. N. **Modelamento Matemático em Sistemas de Informações Geográficas aplicado ao levantamento preliminar de solos**. 1996. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 2º ed. São José dos Campos: Edgard Blücher,1999.

NOVO, E. L. M. **Sensoriamento Remoto: principios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. 308 p.

PAGNOSSIN, E. M. **A atividade mineira em Ametista do Sul/RS e a incidência de silicose em guarimpeiros**. 2007. ---- f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia trandisciplinar**. Juiz de Fora: Ed. do Autor, 2000.

ROSA, R.; BRITO, J. L. S. **Introdução ao geoprocessamento**: sistema de informação geográfica. Uberlândia, 1996.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 5. ed. Uberlândia: Ed. da Universidade Federal de Uberlândia, 2003.

_____. **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. São Paulo, Contexto, 1996.

_____. Geomorfologia aplicada aos EIAS-RIMAS. In: GUERRA, A. J. , CUNHA, S. B. da (Org) **Geomorfologia e meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Brasil, 1999. p. 291-336.

_____. Geomorfologia Ambiental. In: CUNHA, S. B da e GUERRA, A. J. T. (Org.) **Geomorfologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. Cap. 8. p 351-87.

SANTOS, S. M.; PINA, M. F.; CARVALHO, M. S. Os sistemas de informações geográfica .In: CARVALHO, M. S.; PINA, M. F.; SANTOS, S. M. **Conceitos básicos de sistema de informação geográfica e cartografia aplicados à saúde**. Brasília: Organização Panamericana da Saúde, Ministério da Saúde, 2000.

SCHUMANN W **Gemas do Mundo**. 9. ed. ampl. e atual. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 2006.

SANTOS, M. **Por uma geografia nova**. 4. ed. São Paulo: HUCITEC, 1996a.

SCHERER, C. M. dos S.; FACCINI U. F.; LAVINA. E. L. Arcabouço Estratigráfico do mesozóico da bacia do Paraná. In: HOLZ, M.; ROS, L. F. de. **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Cigo/UFRGS, 2002.

SCHOBENHAUS, C; LOPES, R. da C. (Coords.) **Mapas de Integração da Bacia do Prata e Áreas Adjacentes**. Montevideo: CPRM/SEGEMAR/MOPC/DINAMIGE/SERGEOMIN, 2001. 1 CD ROM.

SEBRAE – RS. **Plano estratégico de marketing**: setor pedras. Contexto projetos em Marketing. Consórcio South Brazilian Design. Porto Alegre, 2000. 31 p.

SILVA, J. S. **Geoprocessamento para análise ambiental**. Rio de Janeiro, 2001.

SILVA, D. A. **Sistemas sensores orbitais**. São José dos Campos: Centro Técnico Aeroespacial Instituto de Estudos Avançados, 1995.

SOUZA, L. H. F. Representação gráfica de feições lineares do relevo: **proposta de aplicação de simbologia linear digital na cartografia geomorfológica**. 2006. --- f. **Dissertação (Mestrado em)** – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. Disponível em:

<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/7785/000556909.pdf?sequence=1>
Acesso: 20 nov 2007.

STRAHLER, A. N. **Geografia física**. Barcelona: Omega. 1974.
STRECK, E. V. , (Coord). **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008.

SUERTEGARAY, D. M. A.; FUJIMOTO, N. S. V. M.. Morfogênese do relevo do Estado do Rio Grande do Sul. In: VERDUM, R.; BASSO, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A. (Orgs.). **Rio Grande do Sul: paisagens e territórios em transformação**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2004.

TEIXEIRA, W. Vulcanismo: produtos e importância para a vida. In: TEIXEIRA, W. et al. (Orgs.). **Decifrando a terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

TEIXEIRA, M. B. et al. Vegetação. In: **Levantamento dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. p. 541-632. v.33.

VIEIRA, E. F. **Rio Grande do Sul: geografia física e vegetação**. Porto Alegre: Sagra, 1984. 304 p.

WILDNER, W; ORLANDI F. V; GIFFONI, L. E. Itaimbezinho e Fortaleza, RS e SC: magníficos canyons esculpidos nas escarpas Aparados da Serra do planalto vulcânico da Bacia do Paraná. In: WINGE, M. et al. (Eds.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Publicado na Internet em 01/07/2006 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio050/sitio050.pdf>

ZANON, P. C. F. Geoprocessamento aplicado ao planejamento e análise do uso da terra no município de São Martinho da serra – RS. 2001. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.