

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

Daniéli Flores Dias

**ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL APLICADO AO ESTUDO DAS
POTENCIALIDADES E SUSCETIBILIDADES AMBIENTAIS E DE USO
E OCUPAÇÃO DE ROSÁRIO DO SUL/RS**

Santa Maria, RS
2017

Daniéli Flores Dias

**ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL APLICADO AO ESTUDO DAS
POTENCIALIDADES E SUSCETIBILIDADES AMBIENTAIS E DE USO E
OCUPAÇÃO DE ROSÁRIO DO SUL/RS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Geografia**.

Orientador: Prof. Dr. Romario Trentin

Santa Maria, RS
2017

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Dias, Daniéli Flores

ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL APLICADO AO ESTUDO DAS POTENCIALIDADES E SUSCETIBILIDADES AMBIENTAIS E DE USO E OCUPAÇÃO DE ROSÁRIO DO SUL/RS / Daniéli Flores Dias.- 2017.

184 p.; 30 cm

Orientador: Romario Trentin

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, RS, 2017

1. Zoneamento Geoambiental 2. Potencialidades 3. Suscetibilidades 4. Uso e Ocupação da Terra 5. Compartimentação Morfolitológica I. Trentin, Romario II. Título.

Daniéli Flores Dias

**ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL APLICADO AO ESTUDO DAS
POTENCIALIDADES E SUSCETIBILIDADES AMBIENTAIS E DE USO E
OCUPAÇÃO DE ROSÁRIO DO SUL/RS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Geografia**.

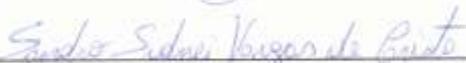
Aprovado em 23 de janeiro de 2017:



Romario Trentin, Dr.
(Presidente/Orientador)



Andrea Valli Nummer, Dra. (UFSM)



Sandro Sidnei Vargas de Cristo, Dr. (UFT)

Santa Maria, RS
2017

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho para a minha mãe Mari Stela Flores Dias, com todo o amor, carinho e gratidão!

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Santa Maria por me proporcionar um ensino público e de qualidade.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO) pela oportunidade de aprendizado e crescimento acadêmico e profissional.

Aos Professores do Departamento de Geografia pelos ensinamentos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo suporte financeiro permitindo assim a dedicação exclusiva ao curso de mestrado.

A secretária do PPGGEO Fatima Liliane Fernandes Bonilla, pela atenção e empenho para ajudar sempre no que fosse preciso.

Ao Prof. Dr. Romario Trentin pela sua orientação, disponibilidade, ensinamentos, opiniões e críticas, que foram essenciais para solucionar as dúvidas e problemas que foram surgindo ao longo da realização desse trabalho. Serei eternamente grata por esses quase cinco anos de orientação!

Ao Prof. Dr. Luis Eduardo de Souza Robaina e a Profa. Dra. Viviane Capoane por aceitarem fazer parte da banca de qualificação, com inúmeras sugestões e contribuições.

A Profa. Dra. Andrea Valli Nummer e ao Prof. Dr. Sandro Sidnei Vargas de Cristo por aceitarem participar da banca de avaliação dessa dissertação, com valiosas sugestões e contribuições.

A minha mãe Mari Stela Flores Dias por todo o amor, incentivo, paciência, apoio incondicional e, por jamais medir esforços para que eu chegasse até essa etapa da minha vida. Você é meu pilar e meu maior exemplo de superação. Obrigada por tudo, eu te amo infinitamente!

Ao meu amado pai Danilo Bairros Dias e ao meu querido padrasto Rocelito Alves Aloy, que infelizmente não estão mais aqui entre nós, mas acredito que onde estiverem jamais deixarão de guiar os meus passos.

Ao Roberto Rodrigues Moro, a pessoa com quem trilho meu caminho desde aquele 08 de junho de 2010. Obrigada por sempre apoiar as minhas decisões, pelo carinho, amizade, paciência e a compreensão nos últimos tempos pelos inúmeros momentos em que me fiz ausente!

Aos demais familiares por sempre estarem ao meu lado vibrando com cada conquista minha. Amo muito vocês!

A minha querida amiga Eloisa Penna da Rosa (que carinhosamente chamo de “mamys”) por todo o carinho que tens comigo, sempre me aconselhando e me dando suporte nos momentos em que eu pensava que tudo estava perdido, ela sempre me encorajava a seguir em frente. Agradeço também por todos os “puxões de orelha” que se fizeram necessários nos últimos tempos. Obrigada por tudo Elozinha!

As minhas queridas amigas do coração Angeli Aline Behling, Rothieri Serres Luiz, Patrícia Ziani e Helena Maria Beling pelo apoio, carinho e palavras de incentivo em todos os momentos.

Aos meus queridos amigos Vinicius Silveira dos Santos e Igor da Silva Knierin por me auxiliarem nas inúmeras vezes em que tive dificuldades com o geoprocessamento.

Aos meus queridos amigos que a Venezuela me trouxe de presente: Maria José Entrena Pineda e Rhael David Lara Partida pela amizade, apoio e companheirismo sempre.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Geologia Ambiental, Daniel Junges Menezes, Igor da Silva Knierin e Jonatas Giovanni Silva Aimon por toda a ajuda no decorrer da realização do trabalho de campo.

Aos queridos amigos Anderson Augusto Volpato Scoti e a Paula Mirela de Almeida Guadagnin pela grande ajuda ao me fornecerem as fotos e os pontos coletados nos trabalhos de campo, que foram imprescindíveis para a realização desse trabalho.

Ao Igor da Silva Knierin e ao Gabriel de Mamann Nascimento pela disponibilidade em realizar a leitura dessa dissertação.

Aos demais colegas e amigos do Laboratório de Geologia Ambiental, por dividirem comigo um ambiente tão amigável para se conviver e realizar os nossos trabalhos.

Ao amigo e colega Rodrigo Diniz Marques pela grande ajuda no decorrer desse trabalho.

Aos colegas do curso de Mestrado em Geografia que deixarão saudades. Obrigada por esses dois anos de convivência.

Enfim, agradeço a todos aqueles que me apoiaram, torceram por mim e que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

Muito Obrigada!

*“[...] Quase no fim do Rio Grande está Rosário do Sul 🎵”
(Trecho da música ‘Vem conhecer meu pago’ – Grupo Sistema Antigo)*

RESUMO

ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL APLICADO AO ESTUDO DAS POTENCIALIDADES E SUSCETIBILIDADES AMBIENTAIS E DE USO E OCUPAÇÃO DE ROSÁRIO DO SUL/RS

AUTORA: Daniéli Flores Dias
ORIENTADOR: Prof. Dr. Romario Trentin

O presente trabalho tem como objetivo geral realizar um zoneamento geoambiental aplicado ao estudo das potencialidades e suscetibilidades ambientais e de uso e ocupação no município de Rosário do Sul. A escolha pela área de estudo justifica-se em razão de já existirem diversos estudos realizados na porção oeste do Rio Grande do Sul, principalmente na Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí. Além disso, destaca-se que esse trabalho integra a proposta do Laboratório de Geologia Ambiental que possui uma linha de pesquisa direcionada aos Atlas Geoambientais Municipais, e diante disso, futuramente o município de Rosário do Sul também poderá se enquadrar dentro dessa proposta. A revisão bibliográfica do presente trabalho apresentou questões relacionadas a Abordagem Sistêmica e os Geossistemas, Metodologias para o Mapeamento do Relevo, Estudos Geoambientais e o Zoneamento Geoambiental, além da Utilização dos Sistemas de Informações Geográficas para os Estudos Geoambientais. A metodologia adotada para o presente trabalho empregou o método de investigação da abordagem sistêmica e foi dividida em três grandes etapas: Levantamento e Produção de Dados, Correlação das Informações e o Zoneamento Geoambiental do município de Rosário do Sul. Como resultados dessa pesquisa, apresenta-se primeiramente uma análise dos elementos físicos da paisagem, contemplando a hidrografia, o relevo, a litologia e os solos. Após isso, foi realizada a compartimentação morfolitológica da área de estudo, utilizando como base as características litológicas e a compartimentação do relevo do município de Rosário do Sul. Posteriormente, foi realizada uma análise temporal do uso e ocupação da terra, com o objetivo de identificar as transformações ocorridas ao longo dos últimos 20 anos na paisagem que configura a área de estudo. Por fim, apresentou-se o zoneamento geoambiental do município de Rosário do Sul, dividindo a área de estudo em cinco sistemas e nove unidades geoambientais: Sistema Caverá englobando as unidades das Colinas de Altitudes, Associação de Morros e Morrotes e os Morros e Morrotes Isolados; Sistema Depósitos Recentes composto pelas unidades Ibirapuitã e Santa Maria; Sistema Ibicuí da Armada; Sistema Santa Maria subdividido pelas unidades Botucatu, Guará, Piramboia e Sanga do Cabral; e por último o Sistema Urbano. Os sistemas e as unidades geoambientais foram caracterizados frente as potencialidades e as suscetibilidades com relação ao uso e a ocupação, sendo os sistemas Santa e Urbano os mais suscetíveis da área de estudo.

Palavras-chave: Abordagem Sistêmica. Compartimentação Morfolitológica. Uso e Ocupação. Potencialidades. Suscetibilidades.

ABSTRACT

GEOENVIRONMENTAL ZONING APPLIED IN THE STUDY OF POTENTIALITIES AND ENVIRONMENTAL SUSCEPTIBILITIES IN THE USE AND OCCUPATION OF ROSÁRIO DO SUL/RS

AUTHOR: Daniéli Flores Dias
ADVISOR: Prof. Dr. Romario Trentin

The present work has as general objective to carry out geoenvironmental zoning applied in the study of potentialities and susceptibilities and of use and occupation in the municipality of Rosário do Sul. The choice for the study area is justified because there are already several studies in the west section of Rio Grande do Sul, mainly in the Ibicuí River Basin. In addition, it should be noted that this work is part of the LAGEOLAM (Environmental Geology Laboratory) which has a line of research directed to the Municipal Geoenvironmental Atlas, and considering this, in the future the municipality of Rosário do Sul may also fit in this proposal. The bibliographic review of the present work presented questions related to the Systemic Approach and the Geosystems, Methodologies for Relief Mapping, Geoenvironmental Studies and Geoenvironmental Zoning, besides the use of Geographic Information Systems for Geoenvironmental Studies. The method adopted for the present study used the method of investigation of the systemic approach and was divided into three major steps: Data Collection and Production, Correlation of Information and the Geoenvironmental Zoning of the municipality of Rosário do Sul. As a result of this research, it presents first an analysis of the physical elements of the landscape, contemplating hydrography, relief, lithology and soils. After that, it was made the morpho-lithological compartmentalization of the study area, using as a basis the lithological characteristics and the partitioning of the relief of the municipality of Rosário do Sul. Subsequently, a temporal analysis of land use and occupation was carried out, with the aim of identifying the transformations that occurred during the last 20 years in the landscape that configure the study area. Finally, the geoenvironmental zoning of the municipality of Rosário do Sul was presented, dividing the study area into five systems and nine geoenvironmental units: Caverá System including Altitudes Hills, Association of Hillock and Earthmounds and Hillock and Isolated Earthmounds; Recent Deposits System composed of Ibirapuitã and Santa Maria units; Ibicuí da Armada System; Santa Maria system subdivided by the Botucatu, Guará, Piramboia and Sanga do Cabral units and finally the Urban System. The Geoenvironmental systems and units were characterized in terms of potentialities and susceptibilities related to use and occupation, with Santa Maria and Urban systems being the most susceptible in the study area.

Keywords: Systemic Approach. Morpho-lithological Compartmentation. Use and Occupation. Potentialities. Susceptibilities.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da área de estudo.	32
Figura 2 - Espacialização dos distritos de Rosário do Sul.	34
Figura 3 - Areeira localizada na porção nordeste do município de Rosário do Sul. ...	37
Figura 4 - Representação dos procedimentos metodológicos adotados na pesquisa.	63
Figura 5 - Distribuição da frequência das classes hipsométricas.	68
Figura 6 - Valores estabelecidos no histograma de frequência das classes de declividade.	69
Figura 7 - Valores estabelecidos no histograma de frequência para a definição do perfil de curvatura das vertentes.	71
Figura 8 - Valores estabelecidos no histograma de frequência para a definição do plano de curvatura das vertentes.	72
Figura 9 - Representação dos perfis e planos de curvatura das vertentes, com a direção do fluxo superficial no perfil de curvatura e no plano de curvatura.	73
Figura 10 - Árvore de decisão utilizada para a definição das unidades geomorfométricas.	76
Figura 11 - Espacialização dos pontos de controle coletados com o receptor GPS durante a realização dos trabalhos de campo.	80
Figura 12 - Indicação das orbita ponto do satélite no estado do Rio Grande do Sul e a localização do município de Rosário do Sul nessas orbitas.	82
Figura 13 - Esquema das informações levantadas para a definição do Zoneamento Geoambiental do município de Rosário do Sul.	87
Figura 14 – Distribuição das sub-bacias no município de Rosário do Sul.	91
Figura 15 – Distribuição das classes hipsométricas na área de estudo.	94
Figura 16 - Distribuição das classes de declividade da área de estudo.	97
Figura 17 - Distribuição das classes do perfil de curvatura na área de estudo.	100
Figura 18 - Distribuição das classes do plano de curvatura na área de estudo.	102
Figura 19 - Distribuição das formas das vertentes na área de estudo.	104
Figura 20 - Representação geomorfométrica do município de Rosário do Sul, com destaque para as unidades I a VI.	107
Figura 21 - Representação geomorfométrica do município de Rosário do Sul, com destaque para as unidades VII a XII.	110
Figura 22 - Distribuição das unidades de relevo na área de estudo.	113
Figura 23 – Representação das áreas planas no município de Rosário do Sul.	115
Figura 24 - Representação das colinas levemente onduladas no município de Rosário do Sul.	116
Figura 25 - Representação das colinas onduladas no município de Rosário do Sul.	118
Figura 26 - Representação das colinas de altitudes no município de Rosário do Sul.	119
Figura 27 - Representação da associação de morros e morrotes no município de Rosário do Sul.	121
Figura 28 - Representação dos morros isolados no município de Rosário do Sul. .	122
Figura 29 - Cornija de arenito encontrada na porção norte do município.	123
Figura 30 - Distribuição das litologias na área de estudo.	125
Figura 31 - Área com depósitos aluviais na porção nordeste do município; (B) Depósitos recentes no Arroio Sanga do Areal.	126
Figura 32 - Contato de Rocha Vulcânica com topo de Arenito Botucatu.	127

Figura 33 - Afloramento de Arenito Botucatu na porção noroeste do município.....	129
Figura 34 - Afloramento de Arenito Guará na porção centro-oeste do município... ..	130
Figura 35 - (A) Arenito micáceo da Formação Sanga do Cabral; (B) Presença de demoiselles no arenito micáceo.....	131
Figura 36 - Afloramento de Arenito Piramboia na porção leste do município.	132
Figura 37 - Distribuição das classes de solos na área de estudo.....	135
Figura 38 - Distribuição das unidades morfolíticas na área de estudo.....	142
Figura 39 - Distribuição das classes de uso e ocupação da terra no município de Rosário do Sul no ano de 1996.	148
Figura 40 - Distribuição das classes de uso e ocupação da terra do município de Rosário do Sul no ano de 2016.	151
Figura 41 - Distribuição dos sistemas e das unidades geoambientais na área de estudo.....	157
Figura 42 - Vista parcial dos morros e morrotes que compõem a Serra do Caverá na porção noroeste do município.....	159
Figura 43 - Morrotes isolados na porção noroeste da área de estudo.....	160
Figura 44 - Áreas planas utilizadas para o plantio de arroz.	163
Figura 45 - Depósitos de banco de areia nas margens do Arroio Saicãzinho na porção noroeste do município.....	164
Figura 46 - Breve representação do Sistema Geoambiental do Ibicuí da Armada.	166
Figura 47 - Breve representação do Sistema Geoambiental do Santa Maria.	167

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dados da produção agrícola e da pecuária no ano de 2015.....	36
Quadro 2 - Síntese das informações referentes aos sistemas e as unidades geoambientais do município de Rosário do Sul.	156

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização das classes de declividade propostas pelo IPT.....	69
Tabela 2 - Informações utilizadas para a definição das unidades geomorfológicas no município.....	75
Tabela 3 - Classificação das formas de relevo conforme o Instituto de Pesquisas Tecnológicas e adaptadas para a área de estudo.....	77
Tabela 4 - Classificação do Coeficiente Kappa utilizando o processo de averiguação da acurácia das informações.....	84
Tabela 5 - Quantificação da ordem dos canais da área de estudo.	89
Tabela 6 - Caracterização morfológica das sub-bacias do município.	90
Tabela 7 - Quantificação das classes hipsométricas.....	93
Tabela 8 - Quantificação das classes de declividade.....	96
Tabela 9 - Quantificação do perfil de curvatura.....	99
Tabela 10 - Quantificação do plano de curvatura.....	101
Tabela 11 - Quantificação das formas das vertentes.	103
Tabela 12 - Síntese das informações referentes as unidades geomorfológicas. ...	106
Tabela 13 - Quantificação das unidades de relevo.	112
Tabela 14 - Quantificação das litologias.....	124
Tabela 15 - Quantificação das classes de solos.	134
Tabela 16 - Quantificação das unidades morfológicas	141
Tabela 17 - Quantificação das classes de uso e ocupação da terra	147

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP's	Áreas de Preservação Permanente
BR	Rodovia Federal
CPRM	Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
ESRI	Environmental Systems Research Institute
EUA	Estados Unidos da América
FEE	Fundação de Economia e Estatística
FIBGE	Fundação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
FM	Formação
GPS	Global Position System
HAB	Habitantes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IUGS	Internacional Union of Geological Sciences
KM	Quilômetro
KM ²	Quilômetro Quadrado
LAGEOLAM	Laboratório de Geologia Ambiental
LANDSAT	Land Remote Sensing Satellite
M	Metros
MAXVER	Máxima Verossimilhança
MDE	Modelo Digital de Elevação
MG	Minas Gerais
OLI	Operational Land Imager
RADAM	Radar da Amazônia
RADAR	Radio Detection and Ranging
RS	Rio Grande do Sul
S	Sul
SC	Santa Catarina
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIG's	Sistemas de Informações Geográficas
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
TM	Thematic Mapper
UFES	Universidade Federal de Santa Maria
USGS	United States Geological Survey
UTM	Universal Transversa de Mercator
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	27
2	APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	31
2.1	BREVÊ HISTÓRICO DO MUNICÍPIO DE ROSÁRIO DO SUL	31
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	39
3.1	ABORDAGEM SISTÊMICA E OS ESTUDOS AMBIENTAIS	39
3.2	METODOLOGIAS PARA O MAPEAMENTO DO RELEVO	44
3.3	ESTUDOS GEOAMBIENTAIS	50
3.4	A UTILIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA OS ESTUDOS GEOAMBIENTAIS	55
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	61
4.1	MATERIAIS UTILIZADOS PARA A ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS	64
4.2	LEVANTAMENTO E PRODUÇÃO DE DADOS	65
4.2.1	Análise da Rede Hidrográfica	65
4.2.2	Análise do Relevo	67
4.2.3	Análise das Litologias	78
4.2.4	Análise dos Solos	79
4.2.5	Análise de Dados Secundários	81
4.3	CORRELAÇÃO DAS INFORMAÇÕES	81
4.3.1	Compartimentação Morfolitológica	81
4.3.2	Uso e Ocupação da Terra	82
4.4	ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DE ROSÁRIO DO SUL	85
5	CARACTERIZAÇÃO DOS ELEMENTOS FÍSICOS DO MUNICÍPIO DE ROSÁRIO DO SUL	89
5.1	ANÁLISE DA REDE HIDROGRÁFICA	89
5.2	ANÁLISE DO RELEVO	93
5.2.1	Hipsometria	93
5.2.2	Declividade	96
5.2.3	Curvatura das Vertentes	99
5.2.4	Unidades Geomorfométricas	106
5.2.5	Unidades de Relevo	112
5.3	ANÁLISE DAS LITOLOGIAS	124
5.3.1	Depósitos Recentes	126
5.3.2	Rochas Vulcânicas	126
5.3.3	Rochas Sedimentares	128
5.4	ANÁLISE DOS SOLOS	134
5.4.1	Solos Profundos	136
5.4.2	Solos Rasos	138
5.4.3	Solos Hidromórficos	139
6	COMPARTIMENTAÇÃO MORFOLITOLÓGICA	141
6.1	ÁREAS PLANAS	143
6.2	COLINAS SUAVEMENTE ONDULADAS	143
6.3	COLINAS ONDULADAS	144
6.4	COLINAS DE ALTITUDES	144
6.5	ASSOCIAÇÃO DE MORROS E MORROTOS	145
6.6	MORROS E MORROTOS ISOLADOS	145
7	USO E OCUPAÇÃO DA TERRA	147
7.1	USO E OCUPAÇÃO DA TERRA EM ROSÁRIO DO SUL EM 1996	149

7.2	USO E OCUPAÇÃO DA TERRA EM ROSÁRIO DO SUL EM 2016....	152
7.3	BREVE COMPARATIVO DA EVOLUÇÃO DOS USOS DA TERRA NA ÁREA DE ESTUDO NO PERÍODO DE 1996 A 2016	153
8	ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE ROSÁRIO DO SUL .	155
8.1	SISTEMA CAVERÁ	159
8.1.1	Unidade das Colinas de Altitudes	161
8.1.2	Unidade da Associação de Morros e Morrotes	161
8.1.3	Unidade dos Morros e Morrotes Isolados	162
8.2	SISTEMA DOS DEPÓSITOS RECENTES	162
8.2.1	Unidade do Santa Maria	164
8.2.2	Unidade Ibirapuitã.....	165
8.3	SISTEMA IBICUÍ DA ARMADA	165
8.4	SISTEMA SANTA MARIA.....	167
8.4.1	Unidade Botucatu	168
8.4.2	Unidade Guará	168
8.4.3	Unidade Piramboia	169
8.4.4	Unidade Sanga do Cabral	169
8.5	SISTEMA URBANO.....	169
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	171
	REFERÊNCIAS	175

1 INTRODUÇÃO

“O começo de todas as ciências é o espanto de as coisas serem o que são”.
(Aristóteles)

Atualmente, com o aumento da pressão antrópica sobre os ambientes naturais, faz-se necessária a realização de diversos estudos que contemplem os mais variados fatores ambientais (podendo esses serem bióticos ou abióticos) e que sirvam para auxiliar na elaboração de futuros zoneamentos geoambientais, mapeamentos fisiográficos e no planejamento de um determinado território.

Nesse sentido, destaca-se que o planejamento de uma determinada área não deve limitar-se apenas aos aspectos socioeconômicos, mas sim levar em consideração a análise das características que compõem o meio físico, pois não se pode pensar no espaço de uma forma fragmentada, mas sim, como um sistema amplo e integrado.

O advento das geotecnologias tornou possível através de um banco de dados georreferenciado, realizar a interpolação de informações referentes ao meio físico, possibilitando o ordenamento dessas informações, que servem para a organização e a execução de diferentes tipos de análises.

Frente a isso, destaca-se a análise morfolitológica, que consiste na interpolação dos elementos contidos nos levantamentos do relevo e das litologias. O uso de operações computacionais utilizando dados vetoriais, tem como objetivo permitir o cruzamento dessas informações que terão como produto final, a indicação das diferentes unidades morfolitológicas em uma determinada área.

Por sua vez, o uso e a ocupação da terra apresenta-se como um elemento muito importante para os estudos de natureza ambiental, pois tem como objetivo retratar as atividades antrópicas que estão causando impactos sobre os elementos físicos.

Com base nisso, apresenta-se como hipótese que a partir da integração dos elementos físicos que compõem uma determinada área, têm-se como resultado a compartimentação dessa área em unidades homogêneas, permitindo definir potencialidades e suscetibilidades com relação ao uso e a ocupação da terra, além de ser um importante instrumento de auxílio para o planejamento e o ordenamento territorial.

Através da associação das informações que dizem respeito as condições naturais e antrópicas do espaço, têm-se como resultado os estudos de natureza geoambiental. Dentro da ciência geográfica, os estudos geoambientais vêm sendo utilizados para apresentar as potencialidades e as suscetibilidades em relação ao uso e a ocupação da terra, utilizando-se da cartografia para a representação, interpretação e a correlação dos parâmetros que compõem a paisagem de um determinado local, permitindo compreender como se relacionam os processos de dinâmica superficial e a influência da ação antrópica.

A caracterização geoambiental tem como objetivo representar os elementos naturais que compõem o meio físico, tais como hidrografia, relevo, litologias e solos, que são a base para o entendimento da estruturação e a organização do espaço físico. Tendo em vista o processo de uso e ocupação de um determinado local, a caracterização geoambiental vem a contribuir para a seleção de áreas, conforme as suas potencialidades e suscetibilidades.

Atrelado a isso, pode-se destacar que o zoneamento geoambiental fornece subsídios para a organização territorial, pois o espaço geográfico é fragmentado em sistemas e/ou unidades homogêneas quanto as potencialidades e as suscetibilidades em relação ao uso e a ocupação, baseando-se nas condições atuais da área, tanto em fatores físicos quanto antrópicos. Nesse sentido, cabe destacar que cada um dos sistemas ou unidades é descrito e caracterizado conforme as suas potencialidades e suscetibilidades frente ao processo de uso e ocupação da terra.

A definição dos sistemas geoambientais representa a integração, através da pesquisa dos elementos físicos, frente as atividades socioeconômicas desenvolvidas pela ocupação do meio que se desenvolveram e transformaram a paisagem local. Já a unidade geoambiental caracteriza-se por destacar áreas semelhantes, mas que são passíveis de pequenas diferenciações dentro do sistema.

Sob essa ótica, destaca-se que trabalhos dessa natureza na porção oeste e sudoeste do Rio Grande do Sul podem contribuir de forma bastante significativa para o conhecimento da região em nível de municípios e da população que de forma geral, apresentam uma carência em informações a respeito de sua área territorial e de suas características físicas.

Com base nisso, o presente trabalho tem como objetivo geral “realizar um zoneamento geoambiental aplicado ao estudo das potencialidades e suscetibilidades

ambientais e de uso e ocupação no município de Rosário do Sul”. Para atender a isso, têm-se os objetivos específicos:

- ◆ Caracterizar os elementos físicos do relevo, rede de drenagem, litologias e os solos que compõem a área de estudo;
- ◆ Realizar a compartimentação morfolitológica da área de estudo;
- ◆ Analisar as transformações e o uso da terra e identificar os principais agentes causadores dos processos de transformação da paisagem;
- ◆ Avaliar as características do meio físico e antrópico determinando as potencialidades e suscetibilidades em relação ao uso e a ocupação.

A escolha pela área de estudo deu-se em virtude dessa área ser uma unidade territorial que é administrativamente planejada e, diante disso, a problema de zoneamento geoambiental conseguirá ser aplicada de maneira satisfatória.

Outro ponto chave desse trabalho é ter como base para a caracterização do município duas dissertações de mestrado que foram realizadas em sub-bacias que abrangem a área de estudo – Caracterização e Mapeamento da Vegetação Florestal e sua relação com os componentes do relevo na Bacia Hidrográfica do Arroio Caverá – Oeste do RS/Brasil (Guadagnin, 2015) e Zoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí da Armada – RS: Potencialidades e Suscetibilidade (Scoti, 2015) – que serviram de base para o início dos trabalhos da presente dissertação.

Além disso, destaca-se que esse trabalho integra a proposta do Laboratório de Geologia Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria (LAGEOLAM/UFSM), que possui uma linha de pesquisa denominada de “Série Atlas Geoambientais Municipais”, e diante disso, futuramente o município de Rosário do Sul poderá se enquadrar dentro dessa proposta.

Com base nisso, destaca-se que a presente dissertação de mestrado foi redigida em nove capítulos, assim caracterizados:

No primeiro capítulo foi apresentado a introdução do trabalho, contendo o problema de pesquisa, hipótese, objetivos e a justificativa pela escolha da área de estudo.

O segundo capítulo foi responsável por apresentar uma breve caracterização da área de estudo, trazendo informações referentes ao histórico do município, aspectos turísticos, sociais e econômicos.

Por sua vez, o terceiro capítulo referiu-se as concepções teóricas que deram suporte a proposta do trabalho, tendo como objetivo estruturar através de conceitos-

chaves a base teórica da presente dissertação. Sendo assim, a revisão bibliográfica abordou questões relacionadas a Abordagem Sistêmica, Metodologias para o Mapeamento do Relevo, Estudos Geoambientais e a Utilização dos Sistemas de Informações Geográficas para os Estudos Geoambientais.

Já o quarto capítulo é responsável por tratar dos procedimentos que foram empregados no decorrer da pesquisa, apresentando uma proposta metodológica para a elaboração do zoneamento geoambiental.

A partir do quinto capítulo são apresentados os resultados e as discussões que serviram como base para a definição do zoneamento geoambiental. Diante disso, no decorrer desse capítulo foi apresentada a análise dos elementos físicos da paisagem que contempla a hidrografia, o relevo, a litologia e os solos.

O sexto capítulo apresentou a compartimentação morfolitológica da área de estudo, tendo como base as características das litologias e a compartimentação do relevo do município de Rosário do Sul.

No decorrer do sétimo capítulo, foi apresentada uma análise temporal do uso e ocupação da terra no município, de forma a identificar as transformações ocorridas ao longo dos últimos 20 anos (1996-2016) na paisagem que configura a área de estudo.

O oitavo capítulo foi responsável por apresentar o zoneamento geoambiental de Rosário do Sul, dividindo o município em sistemas e unidades geoambientais e caracterizando os mesmos, frente as potencialidades e as suscetibilidades de cada porção da área de estudo.

Por fim, foram apresentadas as considerações finais do trabalho e as efetivas recomendações para subsidiar o planejamento territorial do município e a tomada de decisões.

2 APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

*Rosário do Sul, Rosário do Sul
Do povo gaúcho contente e feliz
Orgulho da gente, cidade bendita
Que sonha e palpita no sul do país”.
(Trecho do Hino de Rosário do Sul)*

O município de Rosário do Sul (Figura 1) está localizado na porção sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas de 30°00'55" e 30°45'01" de latitude sul e 55°43'15" e 54°37'19" de longitude oeste. De uma forma mais ampla, está inserido na Mesorregião do Sudoeste Rio-Grandense e na Microrregião da Campanha Central.

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) o município possui uma área territorial de 4.369,32 km², uma população total de 40.773 habitantes e uma densidade demográfica de 9,09 hab/km².

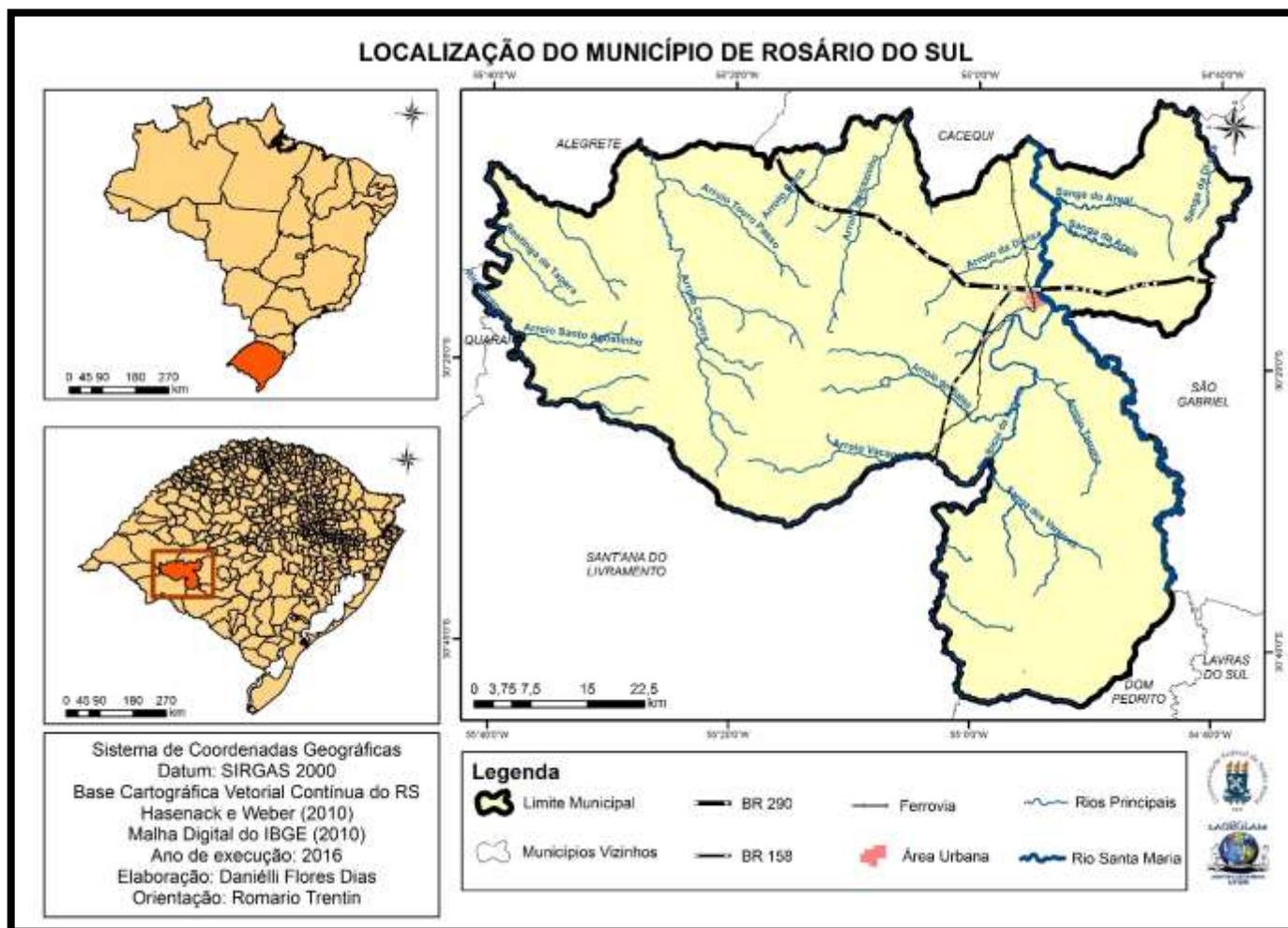
O município de Rosário do Sul encontra-se a aproximadamente 386 km de distância da capital Porto Alegre e limita-se com os seguintes municípios: Alegrete (a noroeste), Cacequi (ao norte), Dom Pedrito (ao sul), Quaraí (a oeste), Santana do Livramento (a sudoeste) e São Gabriel (a leste). Conforme a Prefeitura Municipal (2016), o município possui uma localização privilegiada, pois situa-se no corredor do Mercosul com ligação através da BR 290 e com isso, possui acesso facilitado para todas as regiões do Rio Grande do Sul.

2.1 BREVE HISTÓRICO DO MUNICÍPIO DE ROSÁRIO DO SUL

No ano de 1809, quando o território do Rio Grande de São Pedro dividiu-se em quatro municípios, a área de Rosário do Sul¹ passou a pertencer ao atual município de Rio Pardo, conforme o Alvará daquele ano. Já no ano de 1819, Rosário do Sul passou a pertencer ao atual município de Cachoeira do Sul, de acordo com o Alvará de 26 abril do respectivo ano. Quando o município de Alegrete foi criado em 25 de outubro de 1831 e São Gabriel em 04 de abril de 1846, sua área acabou sendo desmembrada para formar esses dois municípios.

¹ O histórico e o processo de ocupação do município de Rosário do Sul foi descrito com base em informações encontradas no site oficial da Prefeitura Municipal, no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e no Portal da Câmara de Vereadores do município de Rosário do Sul.

Figura 1 - Localização da área de estudo.



Com relação ao processo de ocupação, desde 06 de agosto de 1814 quando a Carta de Concessão da Sesmaria do Passo do Rosário foi dada a José Machado de Souza pela Capitania de São Pedro, em nome do Príncipe Regente, a área começou a ter vida, a partir da instalação de barqueiros e canoeiros que cruzavam o caudaloso Rio Santa Maria; além disso, o comércio de madeira teve início com muitos indígenas e comerciantes que por ali passavam fixando raízes, constituindo famílias e permanecendo na povoação que se formava.

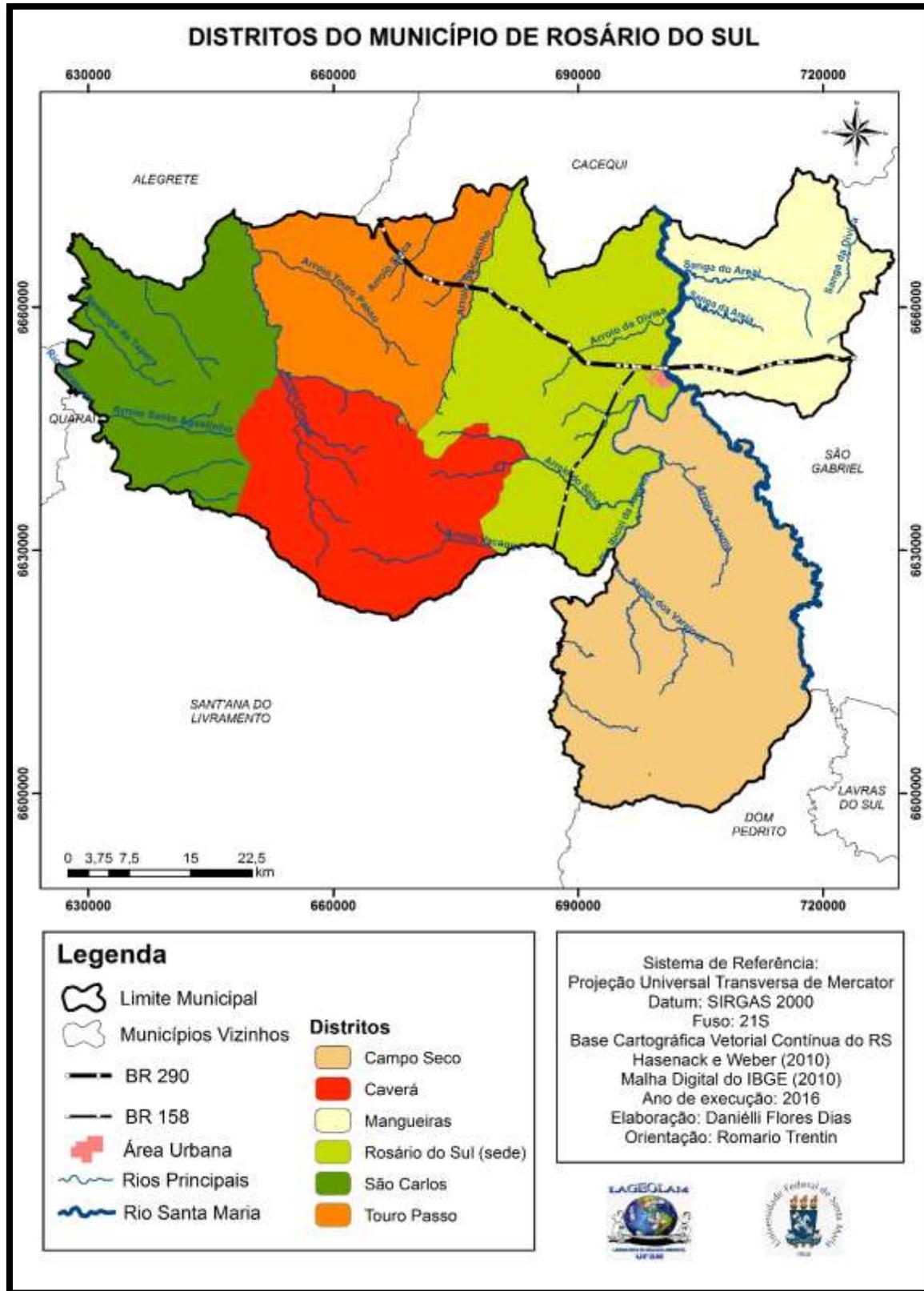
Atrelado a isso, ressalta-se que foi em janeiro de 1862 que instalaram-se os primeiros moradores da povoação. Três anos antes, no dia 15 de dezembro de 1859, a Assembleia Provincial criou a Freguesia do Passo do Rosário, que sob a influência de algumas pessoas, foi transferida para o Passo do Saicã, onde foi construída uma capela sob a invocação de São Pedro.

Em 1867, através da Lei Provincial nº 1.020, Rosário do Sul foi emancipado reunindo parte das áreas dos municípios de Alegrete e São Gabriel. Nessa data, a Freguesia foi elevada à categoria de Vila, com áreas e divisões estabelecidas nos artigos 2º e 4º da Lei Emancipadora. A incorporação da primeira Câmara Municipal e cujo pleito realizado em 15 de dezembro de 1876, elegeu seis vereadores e treze suplentes.

No dia 1º de janeiro de 1939, a partir do Decreto Nacional nº 311 de 02 de março de 1938, Rosário do Sul (naquela época denominado apenas por "Rosário") foi elevada à categoria de cidade, constituído por seis distritos: Rosário, Batista Correia, Caverá, Capela Saican, São Sebastião e Touro Passo. A partir do Decreto Estadual nº 720 de 29 de dezembro de 1944, o município passou a denominar-se Rosário do Sul.

Em sua divisão territorial estabelecida em 1988 e que permanece até os dias atuais, o município é constituído por seis distritos: Rosário do Sul (sede), Campo Seco, Caverá, Mangueiras, São Carlos e Touro Passo e 34 bairros. A Figura 2 espacializa os distritos no município de Rosário do Sul.

Figura 2 - Espacialização dos distritos de Rosário do Sul.



Fonte: Elaborado pela autora (2016).

◆ *Aspectos Turísticos*

Conforme dados da Prefeitura Municipal (2016), o município de Rosário do Sul é conhecido pela sua diversidade de pontos turísticos, sejam eles históricos, naturais ou religiosos. Dentre eles, destaca-se a Praia das Areias Brancas que é considerada a mais bela praia fluvial do Rio Grande do Sul. Esse local recebeu essa denominação, em razão dos seus quase 3 km de areias finas e brancas, que é palco de uma extensa área de lazer que turistas e munícipes desfrutam durante a temporada de verão.

A Serra do Caverá é um outro ponto turístico natural da área de estudo. Consiste em uma cadeia composta de picos quebrados, encravados entre as coxilhas pampeanas por cerros limpos e moderadamente ondulados. Segundo alguns historiadores, esse local foi palco de batalhas e revoluções e, além disso, protege o município de Rosário do Sul contra fortes ventos e tempestades.

Por sua vez, com inauguração datada do ano de 1969, a Ponte Marechal José de Abreu localiza-se sobre o Rio Santa Maria. Considerada a maior ponte de concreto armado da metade sul do Rio Grande do Sul, possui 1.772 metros de extensão e serve como ligação entre os municípios das regiões leste e oeste do Rio Grande do Sul através da BR 290, além de servir como passagem para os turistas argentinos e uruguaios para as praias do litoral gaúcho e catarinense.

Já no turismo religioso, se destaca o Monumento Nossa Senhora de Fátima, que localiza-se na Praça do Estudante. Construído em alvenaria, possui forma cilíndrica que mede aproximadamente 26 metros de altura e no seu topo está a imagem de Nossa Senhora de Fátima. Esse monumento é uma réplica do monumento existente na cidade de Fátima em Portugal, é diante disso, é considerado um dos mais altos monumentos religiosos em homenagem a esta santa na América do Sul.

Por fim, no turismo histórico ganha destaque a Batalha do Passo do Rosário ou também denominada como Batalha do Ituzaingó que ocorreu em 20 de fevereiro de 1827, entre os exércitos do Brasil e da Argentina. Essa batalha não teve vencedores e acabou originando a República Oriental do Uruguai.

◆ *Aspectos Econômicos*

De acordo com dados disponibilizados nos portais da FEE e do IBGE, Rosário do Sul é um município que possui sua matriz produtiva baseada no setor primário,

onde sua produção está fortemente vinculada para a agricultura, com as culturas de arroz, soja, milho, feijão, hortifruti e, mais recentemente, a citricultura. Com relação a pecuária, destaca-se que no município de Rosário do Sul a criação de bovinos, ovinos, caprinos, suínos e bubalinos são as mais representativas. O Quadro 1 representa os dados de produção agrícola e da pecuária referentes ao ano de 2015 no município de Rosário do Sul.

Quadro 1 - Dados da produção agrícola e da pecuária no ano de 2015.

PRODUÇÃO AGRÍCOLA (2015)	
Produto	Quantidade em toneladas
Arroz	171.200
Batata Doce	120
Laranja	1.115
Mandioca	600
Melancia	10.500
Milho	5.000
Pêssego	35
Tangerina	720
Tomate	1.115
Soja	73.920
Uva	112
PRODUÇÃO DA PECUÁRIA (2015)	
Rebanho	Número de cabeças
Bovinos	345.174
Bubalinos	1.294
Caprinos	901
Equinos	13.668
Galináceos	55.000
Ovinos	153.136
Suínos	3.350
Vacas Ordenhadas	3.400
Lã	488.000 kg
Leite de Vaca	8.200 mil litros
Mel de Abelha	70.000 kg
Ovos de Galinha	207 mil dúzias

Fonte: IBGE (2015).

Com relação ao extrativismo mineral, segundo informações disponibilizadas no portal da Prefeitura Municipal, atualmente existem três empresas que realizam a

extração de areia no município de Rosário do Sul. Essa atividade constitui-se em uma importante fonte de renda para mais de 100 famílias que residem as margens do Rio Santa Maria. A Figura 3 representa uma das três areeiras do município de Rosário do Sul.

Figura 3 - Areeira localizada na porção nordeste do município de Rosário do Sul.



Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 27 de outubro de 2015.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

“Todos os que se iniciam no conhecimento das ciências da natureza – mais cedo ou mais tarde, por um caminho ou por outro – atingem a ideia de que a paisagem é sempre uma herança. Na verdade, ela é uma herança em todo o sentido da palavra: herança de processos fisiográficos e biológicos, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente as herdaram como território de atuação de suas comunidades”.

(Aziz Ab'Saber)

Esse capítulo tem como objetivo fundamental estruturar através de conceitos-chaves a base teórica da dissertação. Sendo assim, enfatiza as abordagens que nortearam a pesquisa acadêmica com a forma que se buscou os resultados condizentes aos objetivos propostos.

Diante disso, a revisão bibliográfica do presente trabalho abordou as seguintes questões: Abordagem Sistêmica e os Estudos Ambientais, Metodologias para o Mapeamento do Relevo, Estudos Geoambientais e a Utilização dos Sistemas de Informações Geográficas para os Estudos Geoambientais.

3.1 ABORDAGEM SISTÊMICA E OS ESTUDOS AMBIENTAIS

A Teoria Geral dos Sistemas foi desenvolvida pelo biólogo húngaro Ludwig von Bertalanffy no ano de 1936 e apresentada em caráter inaugural no Seminário Filosófico que ocorreu na cidade de Chicago (EUA) no ano de 1937.

Em uma breve discussão inicial sobre os sistemas abertos e fechados, Bertalanffy (1950, p. 23) aponta que

From the physical of view, the characteristic state of the living organism is that of an open system. A system is closed if on material enters or leaves it; it is open if there is import and export and, therefore, change of the components. Living systems are open systems, maintaining themselves in exchange of materials with environment and in continuous building up and breaking down of their components.

No ano de 1977, a obra de Bertalanffy traduzida para a língua portuguesa com o nome de “Teoria Geral dos Sistemas”, remeteu a discussão de que os princípios gerais se caracterizam por serem aplicáveis aos sistemas em geral, quer sejam eles de natureza física, biológica ou sociológica. Nesse sentido, a teoria se constitui como uma ferramenta útil que é capaz de fornecer modelos a serem utilizados em diferentes campos do conhecimento.

O autor ainda destaca que o surgimento da Teoria Geral dos Sistemas ocorreu em um momento em que o modelo mecanicista e o tratamento por parte de diversos assuntos, se mostravam insuficientes para atender os problemas de caráter teórico vigentes, necessitando um novo modelo de análise que pudesse preencher essas lacunas.

O geógrafo francês Jean Tricart (1977) expôs que o conceito de sistema é o melhor instrumento lógico que dispomos para estudar os problemas relacionados ao meio ambiente, pois ele permite adotar uma atitude dialética entre a necessidade da análise e a necessidade contrária de uma visão de conjunto, capaz de ensejar uma atuação eficaz sobre o meio ambiente. Para o autor, um sistema é um conjunto de fenômenos que se processam mediante os fluxos de matéria e energia, sendo que esses fluxos originam as relações de dependência mútua entre os fenômenos.

Quando se trata da abordagem sistêmica aplicada aos estudos ambientais, em especial no campo das geociências, Christofolletti (1979) destaca que essa abordagem serviu para melhor focalizar as pesquisas e delinear com maior exatidão o setor de estudo dessa ciência, além de propiciar oportunidades para reconsiderações críticas de muitos dos seus conceitos.

Já no ano de 1982, Antônio Christofolletti comentou que a visão sistêmica incorporada a Nova Geografia² através da Teoria Geral dos Sistemas, poderá auxiliar o geógrafo como um instrumento teórico e conceitual que facilitará a compreensão de conjuntos complexos, tais como a organização espacial e os estudos relacionados a temática espacial.

Ross (1995) enfatizou que a teoria dos sistemas como um sistema aberto permite identificar um sistema maior ou menor. Isso se dá a partir dos fluxos de matéria e energia espontâneos ou ativados pelas leis da física e da química, que são responsáveis pela compreensão de conjuntos complexos, tais como a organização espacial e os estudos relacionados a temática ambiental. Para esse autor, o que diferencia um sistema do outro é a intensidade dos fluxos e da dinâmica das trocas de matéria e energia, da atmosfera, biosfera, hidrosfera e litosfera.

Já para Christofolletti (1999) estudos ambientais aplicados a geografia considera “[...] a funcionalidade interativa da geosfera-biosfera, focalizando a existência de unidades de organização englobando os elementos abióticos e bióticos”.

² Também conhecida como “Geografia Teorético-Quantitativa”.

Dessa forma, o autor caracteriza o meio ambiente como um conjunto dos componentes da geosfera-biosfera, condizente com o sistema ambiental físico, ressaltando a importância das ações humanas que fazem o uso desse ambiente para a sobrevivência, desenvolvimento e crescimento da sociedade.

Vicente e Perez Filho (2003) destacam que a abordagem sistêmica na Geografia insere-se na própria necessidade de reflexão sobre a apreensão analítica do complexo ambiental, através da evolução e interação de seus componentes, sendo nesse contexto que surgem as propostas de cunho sistêmico e sua fundamentação integrada da abordagem do objeto de estudo e do entendimento do todo (sistema) e de sua inerente complexidade.

Conforme destaca De Nardin e Robaina (2006), a Geografia começa a utilizar a abordagem sistêmica, como subsídio para uma melhor compreensão das análises realizadas, em especial nos estudos ambientais, criando-se oportunidades de reconsiderar as críticas e os conceitos utilizados, contribuindo ainda para melhor focalizar as pesquisas e delinear com maior exatidão o setor de estudo dessa ciência.

Christofoletti (1999) destaca ainda, a incorporação de conceitos como o de ecossistema, conceito utilizado pela Biologia e pela Ecologia e que, incorporado a Geografia, dá origem ao conceito de “Geossistema”. O geossistema, enquanto conceito permitiu a inserção da dimensão humana, como um dos elementos da análise.

O conceito de geossistema foi concebido entre os muros da Escola Soviética e teve como precursor Sotchava (1977), que no ano de 1963 remeteu a discussão em torno desse método, sendo que a sua análise geossistêmica está associada aos sistemas territoriais naturais inter-relacionados no tempo e no espaço, como parte de um todo, que possui sua estrutura influenciada pelos fatores sociais e econômicos. Para esse autor, os geossistemas tratam de sistemas naturais, tendo em vista ainda, o estabelecimento de uma tipologia aplicável as manifestações geográficas que tem como premissa fundamental o reconhecimento de uma conexão real entre o elementos biofísicos e a esfera socioeconômica.

No ano de 1972, Sotchava propôs que o geossistema teria por objetivo utilizar-se de uma análise integrada, estabelecendo a conexão entre a natureza e a sociedade humana. Além dos fenômenos essencialmente naturais, também levaria em consideração, os fatores econômicos e sociais.

No Brasil, a utilização dos artigos publicados pelo geógrafo francês Georges Bertrand (1972), trouxeram uma importante contribuição para as pesquisas, por empregar o conceito de geossistema como base para os estudos da organização do espaço. Para este autor, o geossistema correspondia a um modelo de interpretação da paisagem, e como tal, buscava o entendimento desta a partir dos elementos que a compõe, resultando da combinação de um potencial ecológico (subsistema abiótico, englobando o clima, a hidrologia e a geomorfologia), uma exploração biológica (subsistema biótico, contendo a vegetação, o solo e a fauna) e uma ação antrópica (subsistema antrópico).

Este autor ainda classificou a paisagem em seis níveis taxonômicos: zona, domínio, região (unidades superiores), geossistema, geofáceis e geótopos (unidades inferiores). Esta classificação coloca o geossistema na condição de interface entre as unidades superiores e inferiores, o que possibilita a melhor visualização dos processos que interferem na paisagem.

De acordo com Sothava (1977), a principal concepção do geossistema é a conexão da natureza com a sociedade, pois embora os geossistemas sejam fenômenos naturais, todos os fatores econômicos e sociais influenciando a sua estrutura e particularidades especiais são levados em consideração durante a sua análise.

Entre os muros da Escola Francesa, Bertrand (1972, p. 02) propôs uma discussão conjunta para “geossistema” e “paisagem” enquanto categorias de análise integrada na geografia

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparados. É, numa determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpetua evolução.

Conforme Monteiro (2001), o geossistema constitui um sistema singular e complexo, onde interagem os elementos humanos, físicos, químicos e biológicos, e onde os elementos socioeconômicos não fazem parte de um sistema antagônico e oponente, todavia estão incluídos no funcionamento do sistema. O autor considera que os elementos do sistema antrópico influenciam nos processos e fluxos de matéria e energia (dinâmica da paisagem), repercutindo inclusive nas respostas da estruturação espacial geossistêmica.

Ainda de acordo com este autor, a aplicação do método geossistêmico auxilia nas estruturas dos chamados subsistemas, através de uma hierarquia da dinâmica espacial e ambiental e também natural e social, que apresentam caráter vertical e horizontal, desempenhando a análise geográfica de forma estruturada e hierárquica.

Assim, pode-se perceber que abordagem sistêmica dentro da Geografia, representa uma forte tendência da sobreposição conceitual entre o geossistema e a paisagem, sendo muitas vezes discutidos de forma associada ou até mesmo, considerados como a mesma categoria de análise.

Oliveira (2003) ao estudar a problemática em questão, concluiu que o geossistema representa um conjunto orgânico e dinâmico composto por elementos bióticos, abióticos e antrópicos regido por relações variáveis no tempo e no espaço, enquanto que a paisagem corresponderia a materialização de um estado do geossistema através de uma combinação particular e histórica de seus constituintes. Dessa forma, Nascimento e Sampaio (2004, p. 168) postulam

O geossistema deu a Geografia Física melhor caráter metodológico, até então complexo e mundialmente indefinido, facilitando e incentivando os estudos integrados da paisagem. Dessa forma, pode-se afirmar que o método geossistêmico acalhou bastante as análises ambientais em Geografia, pois [...] possibilita um prático estudo do espaço geográfico com a incorporação da ação social na interação natural com o potencial ecológico e a exploração biológica.

Segundo Guerra e Marçal (2006), os geossistemas são definidos como fenômenos naturais (aspectos geomorfológicos, climáticos, hidrológicos e fitogeográficos) que englobam os fenômenos antrópicos (aspectos sociais e econômicos) que somados representam a paisagem modificada ou não pela sociedade.

Conforme Dias e Santos (2007) em termos teórico-metodológico, o geossistema aproxima-se do conceito de paisagem como paisagem global, na qual se evidencia a preocupação com a interação natureza-sociedade e na análise geossistêmica, o geossistema é uma categoria de sistemas naturais regidos por leis, modificados ou não pelas ações antrópicas.

A partir do que foi exposto, pode-se destacar que a abordagem sistêmica dentro dos estudos ligados a geografia física se mostrou muito eficaz, pois permitiu uma integração entre os diferentes componentes do espaço. Nesse sentido, ressalta-se ainda que o zoneamento proposto seguiu essa lógica, pois os sistemas geoambientais

foram definidos a partir da correlação entre os elementos analisados, definindo-se assim, as potencialidades e as suscetibilidades frente ao uso e a ocupação de cada porção da área de estudo.

3.2 METODOLOGIAS PARA O MAPEAMENTO DO RELEVO

Entre a década de 1960 e 1970, as influências da Teoria Geral dos Sistemas começaram a se fazer presentes no território brasileiro. A partir desse momento, os estudos relacionados ao equilíbrio dinâmico passaram a ser desenvolvidos e tiveram como grande entusiasta o geógrafo Antônio Christofolletti.

De acordo com Christofolletti (1980), a geomorfologia é a ciência que estuda a gênese e a evolução das formas de relevo sobre a superfície terrestre. Ela surge com o objetivo principal de caracterizar uma região e representar as formas atuais da superfície, incluindo também informações a respeito da morfometria e a morfogênese do terreno (ROSS, 1992).

Conforme aponta Penteado (1983, p. 2), a descrição do relevo deve fornecer informações completas da geometria das formas, as quais “[...] devem ser quantificadas, a fim de, permitir correlações para o estabelecimento de índices para a elaboração das teorias e generalizações”.

Nesse sentido, pode-se destacar que a partir do início da década de 1970, houve uma grande revolução do Sensoriamento Remoto com o lançamento de satélites e a incorporação de computadores e Sistemas de Informações Geográficas, permitindo que a Geomorfologia Brasileira desfrutasse de uma gama intensa de dados numéricos e qualitativos referentes ao relevo e toda a sua estruturação (MARQUES, 1994).

Christofolletti (1994) pontua a relevância da geomorfologia enquanto ciência, auxiliando na compreensão das formas da terra que constituem o sistema ambiental físico e condicionam as atividades humanas e as suas respectivas disposições espaciais.

Guerra e Guerra (2008) ressaltam que a geomorfologia surge como 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, são considerados os fatores construtores e destruidores do relevo terrestre.

Já nas discussões propostas por Florenzano (2008), a geomorfologia é a ciência que estuda a gênese e a composição das formas de relevo, além dos processos nela atuantes. De acordo com a autora, a análise do relevo assume grande importância para as ciências que estudam os componentes da superfície terrestre, bem como, na definição da fragilidades e vulnerabilidades do meio ambiente e no estabelecimento da legislação para a sua ocupação e proteção. Enquanto componente do estrato geográfico, o relevo constitui o palco das atividades humanas e, dependendo de suas características, favorece ou dificulta a ocupação humana dos ambientes terrestres.

Diante disso, destaca-se que a geomorfologia, associada a outras ciências ou usufruindo de novas técnicas, tem se feito de extrema importância para as análises sociais e ambientais, sendo hoje indispensável em estudos que visem a qualidade do meio ambiente, bem como, um planejamento integrado do espaço geográfico.

Seguindo essa linha de pensamento, Robaina et al (2010, p. 22) destacou a importância da geomorfologia no ordenamento do espaço e da caracterização geomorfológica, salientando que

Para o ordenamento territorial é necessário compreender o espaço como um conjunto de ações localizadas sobre a dimensão física. A geomorfologia aparece, então, como ferramenta fundamental para o estudo dos suportes físicos do relevo, tanto à gênese das formas, como no que se refere aos processos morfogenéticos que controlam a evolução da paisagem. Atualmente, a caracterização geomorfológica vem apresentando uma posição relevante no planejamento ambiental. Isso se deve ao fato de os processos geomorfológicos desempenharem um papel natural como agentes da evolução do relevo.

Ross (1990) aponta que a pesquisa geomorfológica torna-se dependente da escala de trabalho e do mapeamento final. Para o autor, nem sempre é possível operacionalizar uma pesquisa em escalas de trabalho e conformação final iguais, sendo bastante comum a utilização de duas ou três escalas diferentes.

Cassetti (1994) destaca que o relevo assume um importante papel no processo de ocupação do espaço, fator que inclui as propriedades de suporte ou recurso, na qual as modalidades de apropriação respondem pelo comportamento da paisagem e suas consequências.

Nesse sentido, destaca-se que a abordagem geomorfológica nos estudos geoambientais dirige-se a uma geomorfologia que tem suas bases conceituais nas ciências da Terra, porém com fortes vínculos nas ciências humanas, à medida que

serve como suporte para o entendimento dos ambientes naturais, onde as sociedades humanas organizam o espaço físico-territorial (ROSS, 1998).

O uso do geoprocessamento e do sensoriamento remoto em experimentos estatísticos e cartográficos auxiliados por diversos tipos de *hardwares* e *softwares* existentes no mercado, revestem-se de grande importância para a elaboração dos mapeamentos geomorfológicos, ampliando o poder pragmático da Geomorfologia, que se constitui como um importante subsídio para o planejamento ambiental (Guerra e Cunha, 1998). Ainda de acordo com esses autores, a metodologia de mapeamento geomorfológico tem como base a ordenação de fenômenos mapeados, seguindo uma determinada escala cartográfica.

O relevo apresenta uma diversidade de formas e de processos que associados principalmente as características geológicas e climáticas predominantes, o que torna bastante complexa a tarefa de representá-lo em um único documento. Cunha, Mendes e Sanchez (2003) postulam que essas dificuldades podem estar associadas aos diferentes procedimentos técnicos, a escala de trabalho e ao objetivo do pesquisador.

Conforme Trentin (2011), as formas de relevo não são componentes independentes na paisagem e, conseqüentemente, sua evolução também não é. Quando se pretende entender a evolução da forma de relevo de uma determinada área, torna-se necessário considerar as características geológicas, climáticas, hidrológicas, pedológicas e biológicas da respectiva área, bem como a atuação antrópica, pois o homem também é um componente do meio e um agente modificador de extrema atuação.

Trentin e Robaina (2012) expõe que o estudo da geomorfologia permite a análise espaço-temporal dos processos atuantes no modelado do relevo terrestre, possibilitando identificar ou prever processos de degradação ambiental relacionados aos elementos físicos em uma determinada área. Dessa forma, a análise geomorfológica constitui-se em um importante instrumento de análise e determinação de ações mitigadoras ou preventivas para evitar esses impactos ao meio ambiente.

Conforme Ab'Saber (1969) a introdução de métodos mais específicos e objetivos para a cartografia geomorfológica no Brasil, ocorreu nas décadas de 1940 e 1950, onde o geógrafo francês Francis Ruellan incentivou o uso direto das fotografias aéreas na obtenção de cartas geomorfológicas detalhadas, pois antes disso, eram utilizados croquis geomorfológicos elaborados por técnicos do Conselho Nacional de Geografia, e diante disso, esse método rapidamente se tornou obsoleto e de pouca

utilidade e os documentos elaborados passar a ter apenas o valor da ilustração didática.

Ainda na mesma obra, Ab'Saber traz uma importante contribuição a teoria geomorfológica no Brasil, estabelecendo três níveis de abordagem: (1) trata da compartimentação topográfica regional, seguida da caracterização e a descrição das formas de relevo desses compartimentos; (2) busca informações sobre a estrutura superficial das paisagens referentes aos compartimentos derivados, através de observações geológicas dos depósitos e geomorfológicos das feições antigas e recentes do relevo; (3) procura entender os processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais, busca compreender a fisiologia da paisagem através da dinâmica climática e insere o homem como agente dos processos da morfodinâmica.

A cartografia geomorfológica no Brasil teve uma grande contribuição a partir da década de 1970, a partir da elaboração dos mapas que compõem o Projeto RADAMBRASIL³, que, posteriormente, a partir de vários documentos de diferentes épocas e autorias, deu origem ao Manual Técnico de Geomorfologia (IBGE, 2009), que apresenta uma metodologia para o mapeamento geomorfológico, trazendo conceitos básicos do tipo de relevo ilustradas por meio de blocos-diagramas e imagens de radar.

A cartografia geomorfológica é entendida como um importante instrumento na representação do relevo da superfície terrestre e de acordo com alguns autores (Tricart, 1975; Chorley e Haggett, 1975; Libault, 1975) constitui-se em um dos principais métodos para o estudo e a pesquisa em geomorfologia, além de também poder ser utilizada no planejamento ambiental, fornecendo informações sobre as potencialidades, vulnerabilidades, restrições e riscos de ocupação e possíveis intervenções na paisagem (ROSS, 1990).

Conforme a Fundação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1986) através do Projeto RADAMBRASIL, a cartografia geomorfológica é uma evolução metodológica que fixa, claramente, diferentes etapas com graduais e

³ Criado no ano de 1970, o Projeto RADAM (Radar da Amazônia) teve como objetivo realizar o levantamento dos recursos do solo e do subsolo da Amazônia. Com o auxílio de um avião equipado com radar e instrumentos específicos, obtiveram-se imagens por sensoriamento remoto. A partir do ano de 1975, passou a denominar-se "Projeto RADAMBRASIL" e foi ampliado para cobrir todo o território brasileiro, permitindo a realização de um completo mapeamento cartográfico, geológico, geomorfológico, pedológico, da vegetação e do potencial da terra, que permitiu um maior conhecimento do território nacional nos aspectos referentes as suas potencialidades. Esse projeto foi extinto no ano de 1985.

constantes avanços fundamentados em dois pontos essenciais: o aumento do nível interpretativo pelo mais apurado controle das relações imagem-terreno e a reorganização das informações conseguidas por meio de uma expressão gráfica que procura traduzir no mapa, toda a visão geral e a riqueza de detalhes fornecidas pela imagem de radar e por informações obtidas através de bibliografias e/ou trabalhos de campo.

Destaca-se ainda, que a cartografia geomorfológica é um instrumento de análise síntese da pesquisa geomorfológica e, conforme, Ross (1990) as formas de relevo e os processos geomorfológicos tem grande importância, tanto pelo fato de constituírem o substrato físico sobre o qual se desenvolvem as atividades humanas, como por responderem, muitas vezes de forma agressiva as alterações provocadas por tais atividades.

Por sua vez, Casseti (2005) destaca que a cartografia geomorfológica se constitui em um importante instrumento na espacialização dos fatos geomorfológicos, permitindo representar a gênese das formas de relevo e as suas relações com a estruturas e os processos, bem como, com a própria dinâmica dos processos, considerando as suas particularidades.

De acordo com De Nardin (2009), os mapas geomorfológicos, ao contrário dos demais mapas temáticos, possuem um grau de complexidade. Isso decorre, pois, as formas de relevo e os processos geomorfológicos tem grande importância, tanto pelo fato de constituírem o substrato físico sobre o qual se desenvolvem as atividades humanas, como por responderem, muitas vezes de forma agressiva as alterações provocadas por tais atividades.

Dessa forma, o mapa geomorfológico corresponde a uma síntese de estudos especializados e um documento que contém um grande número de informações necessárias para o monitoramento ambiental, pois retrata a distribuição espacial de formas, materiais e processos.

Conforme Cabral (2014), a compartimentação geomorfológica é considerada como um produto intermediário, porem fundamental na definição das características geoambientais, visto que apresenta o agrupamento das características físicas levantadas e analisadas, tornando-se a base para a caracterização geoambiental, quando relacionada a dinâmica do uso e a ocupação da terra.

Robaina et al (2015) define que as formas de relevo e as litologias constituem o substrato físico sobre o qual se desenvolvem as atividades humanas e dessa forma,

trabalhos de zoneamentos que determinam unidades homogêneas fundamentais para o entendimento dos processos geomorfológicos e como as ações geomorfológicas podem interferir no meio. Esses trabalhos que cruzam as informações referentes ao relevo e as litologias são chamados de zoneamentos morfolitológicos.

Além disso, destaca-se também que os parâmetros de relevo representam importantes fatores condicionantes aos processos de dinâmicas superficiais, permitindo, desse modo, levantamentos fundamentais na definição de atividades de planejamento.

De acordo com Wood (1996) a parametrização do relevo refere-se a representação quantitativa das características morfológicas da paisagem descritas de forma contínua por meio de equações aplicadas a modelos numéricos de representação altimétrica que derivam os atributos geomorfométricos. Os atributos topográficos podem ser parametrizados a partir de diversas variáveis, dentre elas, destacam-se: altitude, declividade, perfil de curvatura e plano de curvatura, que são responsáveis pela compartimentação geomorfométrica de uma determinada área.

Diante disso, pode-se destacar que o perfil e o plano de curvatura são extremamente importantes para o entendimento dos processos (Chagas, 2006 e Sirtoli et al, 2008). O primeiro refere-se ao caráter côncavo e convexo do terreno, quando analisado em perfil (Valeriano, 2003); e o segundo refere-se ao caráter convergente e divergente dos fluxos de matéria sobre o terreno, quando esse é analisado em projeção horizontal (VALERIANO e CARVALHO JUNIOR, 2003).

Por fim, salienta-se que alguns estudos realizados na porção oeste do estado do Rio Grande do Sul pelo LAGEOLAM reforçam ainda mais a importância dos estudos geomorfométricos para fins de planejamento e gestão da área em análise. Diante disso, destacam-se os seguintes trabalhos desenvolvidos pelo grupo de pesquisa: Compartimentação Geomorfométrica da Bacia Hidrográfica do Arroio Caverá-RS (Guadagnin e Trentin, 2014), Relação entre as Variáveis Geomorfométricas e a Vegetação Florestal na Bacia Hidrográfica do Arroio Caverá-Oeste do RS (Guadagnin, Trentin e Alves, 2015) e Compartimentação Geomorfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Itu/RS (TRENTIN, ROBAINA e SILVEIRA, 2015).

3.3 ESTUDOS GEOAMBIENTAIS

Desde meados da década de 1990, a Geologia Ambiental é um dos campos das Geociências que mais vem se desenvolvendo. Esse campo tem como princípio fundamental o estudo dos impactos antrópicos na superfície terrestre. O termo “Geoambiental”, adotado pela *International Union of Geological Sciences* (IUGS), refere-se a atuação dos profissionais das geociências nos estudos ligados ao meio ambiente.

Diante disso, essa atuação contempla aplicações dos conhecimentos técnicos do meio físico aos diversos instrumentos e mecanismos de gestão ambiental, utilizando-se da cartografia, que inclui os bancos de dados e a utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's). Portanto, a incorporação do termo Geoambiental amplia o campo da atuação profissional e favorece a integração de especialistas e experiências de áreas afins (DA SILVA e DANTAS, 2010).

Nesse sentido, os estudos geoambientais podem ser vistos como um instrumento de ordenamento territorial que busca identificar as potencialidades e as suscetibilidades quanto ao uso e a ocupação humana, propondo uma forma harmônica da relação entre a sociedade e a natureza. Diante dessa perspectiva, Cendrero (1990, p. 66) destaca

Os estudos geoambientais podem ser considerados como um enfoque das geociências voltado para o desenvolvimento ambientalmente sustentável e para a prevenção e mitigação de problemas geoambientais, problemas derivados da interação dos seres humanos com o meio físico.

Os estudos geoambientais diferenciam-se em razão das suas características intrínsecas da multidisciplinaridade, visão sistêmica do meio físico e linguagem acessível a outros profissionais, apontando as potencialidades e as suscetibilidades frente ao uso e a ocupação da terra, englobando ainda informações sobre diversos temas, tais como: geologia, geomorfologia, solos, aptidão agrícola, geotecnia, riscos geológicos, uso e ocupação, cobertura vegetal, clima e águas superficiais.

Esses estudos ainda objetivam o planejamento, a gestão e o ordenamento do território, formando uma ampla gama de conhecimentos de um determinado território, disponibilizando informações que podem atender a diversos usos e funcionalidades.

Especificamente, procura-se através do planejamento e do ordenamento territorial definir cartograficamente os setores de um território que apresentam peculiaridades de qualidade ambiental e dependendo da situação encontrada, propor o melhor uso, preservação e até mesmo, a recuperação e/ou a reabilitação das áreas que se encontram degradadas por atividades incompatíveis com sua vocação de uso (MASSON et al, 1990).

De acordo com Ross (1990), o planejamento não pode ser formulado a partir de uma leitura estática do ambiente, mas inserida no processo de ocupação que norteia o desenvolvimento e a apropriação do território e seus recursos.

A partir dessa perspectiva, destaca-se que uma das técnicas associadas a esses estudos é o da Cartografia Geoambiental. Por essa razão, os mapas geoambientais são o produto de uma análise integrada ou da síntese, gerando mapas temáticos resultantes dessa interação.

Um dos precursores dos trabalhos relacionados a essa temática foi Cendrero (1975) que realizou no norte da Espanha um mapeamento geológico-ambiental baseando-se na metodologia e nos conceitos empregados pelo Departamento de Geologia Econômica do Texas (EUA). O produto final foi a confecção de um mapa geológico-ambiental que poderia ser utilizado no planejamento, principalmente nas unidades para depósito de lixo, preservação ambiental e áreas adequadas à construção.

A partir da década de 1990, a cartografia geoambiental passou a desenvolver-se intensamente no Brasil. Seu desenvolvimento metodológico vem se aprimorando com vários pesquisadores de diversas instituições, produzindo documentos de zoneamento geoambiental.

Com isso, Carvalho (2004) comenta que “[...] as cartas geoambientais são cartas temáticas, preparadas para fins específicos, podendo ser editadas isoladamente ou reunindo diferentes cartas nos designados Atlas Geoambientais”. Com relação a cartografia geoambiental, Vedovello (2004, s.p.) postula

A cartografia geoambiental pode ser entendida de forma ampla, como todo o processo envolvido na obtenção, análise, representação, comunicação e aplicação de dados e informações do meio físico, considerando-se as potencialidades e fragilidades naturais do terreno, bem como, os perigos, riscos, impactos e conflitos decorrentes da interação entre as ações humanas e o ambiente fisiográfico. Pode-se por isso, incorporar elementos bióticos, antrópicos e socioculturais em sua análise e representação.

Fiori (2004) ao discorrer sobre a cartografia geoambiental, destacou que esta ocupa-se da elaboração de mapas e de informações referentes aos problemas geoambientais, frequentemente ocasionados por um desequilíbrio do meio físico ligados principalmente a fenômenos de erosão, escorregamento, assoreamento, enchentes, inundações e circulação de água, que podem ser associados ou não a ocupação humana.

De acordo com Amaral e Ross (2004), a cartografia geoambiental consiste em relacionar os dados de geologia, geomorfologia, pedologia, clima, vegetação e de uso da terra. Assim, a avaliação integrada e sistêmica desses fatores permite a análise das suscetibilidades dos ambientes frente a ação antrópica, possibilitando a elaboração de possíveis propostas para o seu uso sustentável.

Higashi (2004) utilizando-se da cartografia geoambiental, estabeleceu unidades geoambientais no município de São Francisco do Sul (SC), com o intuito de analisar o comportamento das unidades de solos na área de estudo, utilizando os SIG's como uma ferramenta de auxílio ao diagnóstico de impactos causados ao meio ambiente.

De acordo com Cendrero (2004, p. 526), as metodologias utilizadas para o desenvolvimento dos mapas geoambientais podem levar em consideração o enfoque analítico, que se utiliza da cartografia temática ou o enfoque sintético, que segundo o autor, apresentam as seguintes diferenças

[...] the analytical approach considers the earth surface as the result of a "vertical overlay" of a series of environmental features or components (subsoil, soil, land cover, active processes, human elements, etc). Accordingly, it is represented by means of a series of thematic maps depicting those features separately. Thematic maps can later be combined in various ways to obtain different types of assessments. The synthetic approach considers the Earth surface as a mosaic formed by the "horizontal joining" of a series of pieces as in a puzzle. Integrated, "homogeneous" map unit are the defined, represent and assessed for different purposes

Souza, Sobrera e Prado Filho (2005), utilizaram-se da cartografia geoambiental para a elaboração do "Plano Diretor Ambiental e Urbanístico do Município de Mariana (MG)", avaliando qualitativamente as características gerais dos terrenos, os conflitos de uso e os principais impactos ambientais existentes tendo como objetivo fornecer subsídios para o ordenamento territorial na escala 1:50.000.

Sendo assim, no decorrer dos últimos anos, os zoneamentos geoambientais vem ganhando espaço nas discussões que norteiam a ciência geográfica, em razão da sua importância, pois tem como objetivo fundamental servir como um instrumento

estratégico para o planejamento regional, com forte vinculação ao parcelamento do solo e as definições de uso.

Segundo estudos realizados por Jimenez-Rueda et al (1995), o zoneamento geoambiental consiste no estudo sistemático de uma região com o objetivo de obter informações sobre as variáveis litológicas, morfoestruturais, microclimáticas, fisiográficas e coberturas/unidades de alteração intempérica, definindo com isso as zonas geoambientais⁴, que apresentam as potencialidades de suporte do meio físico de acordo com os seus condicionantes naturais, em função dos modificadores socioeconômicos. Essas informações permitem a adequação das necessidades socioeconômicas as possibilidades físicas e ecológicas da região, resultando na ocupação ordenada e sustentável do território.

De Nardin (2007, 2009) comenta que o zoneamento geoambiental pode ser caracterizado como um instrumento de auxílio no planejamento e no ordenamento territorial seja em escala regional ou local. Com base nisso, pode-se salientar que a proposta de zoneamento geoambiental procura definir através de uma abordagem sistêmica, as potencialidades e as suscetibilidades do meio físico frente ao uso e a ocupação, sendo que este pode ser estudado tanto no limite de um município ou até mesmo uma unidade de federação, desde que se consiga estabelecer uma correlação entre a morfolitologia e o uso e a ocupação da terra.

Embora o limite de uma bacia hidrográfica seja bastante utilizado nas pesquisas de caráter ambiental, não se pode desprezar outras formas de delimitação de áreas. Sendo assim, Schirmer (2012) destaca que o limite municipal é um exemplo que acaba sendo pouco utilizado em análises ambientais, mas se torna necessário em determinadas pesquisas para entender o processo de desenvolvimento e até mesmo das influências sociais, econômicas e políticas de determinados municípios em seu ambiente. O autor ainda considera que os estudos geoambientais que utilizam como limite o município possuem maior relevância para os órgãos públicos.

De acordo com Robaina e Schirmer (2012), o produto do zoneamento geoambiental tem como objetivo mostrar a espacialização da área em sistemas e unidades, com as suas principais características, a fim de definir as condições de potencialidades e suscetibilidades frente ao uso e a ocupação, de cada porção estabelecida na área de estudo.

⁴ Para esse trabalho, adotou-se o termo "Sistema Geoambiental".

Scoti (2015) destaca que o processo de mapeamento geoambiental, consiste em uma metodologia centrada na divisão da área de estudo em classes de terreno hierarquizadas, a partir de características gerais geológico-geomorfológicas e do uso e ocupação. Dessa forma, a união dessas informações possibilita a fragmentação da área de estudo em unidades homogêneas, onde é possível definir as potencialidades e as suscetibilidades de cada porção do terreno.

Atrelado a isso, comenta-se que o zoneamento geoambiental fornece a organização da área de estudo em sistemas e unidades com características semelhantes quanto as potencialidades e as suscetibilidades frente ao uso e a ocupação devido as condições atuais da área, referentes tanto as características físicas quanto as características de ação antrópica que constituirão a sua dinâmica atual.

Pesquisadores Laboratório de Geologia Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria vem desenvolvendo atividades de mapeamento e zoneamento na região oeste e sudoeste do Rio Grande do Sul e utilizam como limite espacial as bacias hidrográficas e, mais recentemente os limites municipais. Diante disso, alguns trabalhos desenvolvidos pelo laboratório são resumidos a seguir:

Com objetivo de analisar e mapear as unidades geoambientais na bacia hidrográfica do Rio Itu, utilizando uma escala de 1:50.000, Trentin (2007) destaca que a teoria e a metodologia desse estudo foram holísticos e realizados através de multicomponentes, buscando uma síntese conforme a teoria do sistema integrada em uma análise geoambiental. Os componentes geoambientais foram as condições geológicas-geomorfológicas, atributos do relevo, condições climáticas, solo, vegetação e a atividade humana. Após a análise desses documentos produzidos em diferentes etapas, gerou-se o mapa geoambiental, que indicou as possibilidades e limitações para a ocupação do ambiente.

Ao desenvolver um zoneamento geoambiental no oeste do Rio Grande do Sul com ênfase em bacias hidrográficas, De Nardin (2009) pontuou que o objetivo principal desse trabalho era desenvolver um zoneamento geoambiental que permitisse avaliar e diagnosticar as potencialidades e fragilidades da paisagem frente aos elementos geomorfológicos e aos usos da terra. A metodologia empregada incluiu mapeamentos temáticos com o auxílio de SIG's e trabalhos de campo e laboratório, que serviram como base para o zoneamento geoambiental, refletindo uma condição climática, geomorfológica e de uso e ocupação, favoráveis ao desencadeamento de

processos erosivos intensos, como voçorocas e arenização. Diante disso, foram definidos seis sistemas e nove unidades geoambientais com características potenciais e limitantes para cada compartimento da paisagem.

Ao propor um mapeamento geomorfológico seguida de uma caracterização geoambiental na bacia hidrográfica do Rio Itu, Trentin (2011) definiu que o objetivo principal desse trabalho era analisar e caracterizar as unidades geoambientais da área de estudo e classifica-las quanto as aptidões e restrições a ocupação através de suas potencialidades e fragilidades frente aos elementos geomorfológicos e ao uso e ocupação da terra. A metodologia utilizada pelo autor empregou a utilização de SIG's para as análises e a manipulação dos dados que incluíram mapeamentos temáticos, levantamento de campo e análises de laboratório, priorizando a definição das características de distribuição da precipitação, a compartimentação geomorfológica e os processos de uso e ocupação da terra, que serviram de base para compartimentação geoambiental. Com base nisso, foram definidos seis sistemas geoambientais com tipos de potencialidades e fragilidades distintas de cada sistema.

Por fim, ao estabelecer um zoneamento geoambiental na bacia hidrográfica do Rio Ibicuí da Armada, Scoti (2015) destacou que o objetivo geral desse trabalho era realizar um zoneamento geoambiental dessa bacia, utilizando como subsídio informações referentes ao meio físico e ao uso e a ocupação. O autor justifica a escolha pela área de estudo, em razão dessa apresentar processos significativos de dinâmica superficial e econômica, além de ser uma área rica em termos de geologia, hidrografia e feições geomorfológicas. A partir disso, foram definidos seis sistemas e duas unidades geoambientais com tipos de potencialidades e suscetibilidades distintas.

3.4 A UTILIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA OS ESTUDOS GEOAMBIENTAIS

Os Sistemas de Informações Geográficas podem ser considerados como um importante instrumento de apoio para o desenvolvimento de aplicações voltados para o meio ambiente, visando facilitar a integração de dados espaciais, permitindo a proposição de alternativas para a diminuição dos impactos antrópicos sobre o meio físico.

De acordo com Queiroz (1996), os SIG's podem ser utilizados como instrumento de análise temporo-espacial, para a modelagem e simulação de situações, apoiando aplicações do tipo: fornecimento de subsídios à elaboração da política de uso e ocupação da terra, planejamento e gerenciamento de equipamentos urbanos e monitoramento ambiental.

Em uma visão mais técnica e sistemática, Câmara e Medeiros (1998) trazem os SIG's como instrumentos computacionais que permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e ao criar banco de dados georreferenciados.

No âmbito da ciência geográfica, utiliza-se as mais diversas ferramentas disponibilizadas pelas geotecnologias, como a cartografia digital, os sistemas de informações geográficas, sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento. Frente a isso, Buzai (2000, p. 20) postula

[...] computacionales, y recién iniciados los othenta aparece la primera reflexion sobre su rol em la cartografia, a su consideracion como 'revolucion tecnologica' que traerá un notable impacto a partir de la automatizacion de las taxas geograficas.

Nesse sentido, os Sistemas de Informações Geográficas podem ser entendidos como um conjunto de programas ou *softwares*, que tornam possíveis o armazenamento e o tratamento de dados sob diversos aspectos dentro do espaço geográfico. Dentro dessa perspectiva, Silva (2003, p. 88) ainda comenta

Os sistemas de informação georreferenciados ou Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) são usualmente aceitos como sendo uma tecnologia que possui o ferramental necessário para realizar análises com dados espaciais e, portanto, oferece, ao ser implementada, alternativas para o entendimento da ocupação e utilização do meio físico, compondo o chamado universo das Geotecnologias, ao lado do Processamento Digital de Imagens e da Geoestatística.

Destaca-se ainda que o termo Sistemas de Informações Geográficas é utilizado para sistemas que efetivam “[...] o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também de sua localização espacial” (CÂMARA, DAVIS e MONTEIRO, 2000, p. 42).

Ainda conforme esses autores (2000, p. 2) “[...] os primeiros Sistemas de Informação Geográfica surgiram na década de 1960, no Canadá, como parte de um

programa governamental para criar um inventário de Recursos Naturais”. Xavier da Silva (2001), define que a utilização de ferramentas de Geoprocessamento e dos Sistemas de Informações Geográficas em âmbito nacional, foram iniciados a partir do ano de 1975, através do projeto RADAMBRASIL, que necessitava de um sistema que visava racionalizar a geração, armazenamento, recuperação e a análise do enorme acervo de dados ambientais primários e interpretativos (correspondiam a geomorfologia, geologia, vegetação, solos e o uso potencial da terra), gerados pelo projeto e que deveriam recobrir todo o território brasileiro. Atrelado a isso, pode-se salientar que foi a partir do início da década de 1980, que a utilização de ferramentas computacionais para a análise e modelagem espacial passou a ser uma tendência seguida por inúmeros pesquisadores no Brasil e no mundo.

Os SIG's tornam possível a representação de entidades reais, como estradas, hidrografia, cobertura vegetal entre outros, através da utilização de quatro elementos gráficos fundamentais: pontos, linhas, polígonos e gráficos ou textos (INPE, 2002).

Segundo Fiori (2004), a síntese dos mapas temáticos e a integração dos parâmetros para a definição adequada dos limites de cada unidade são facilitadas pelas ferramentas de Cartografia Digital e dos Sistemas de Informações Geográficas.

Para Valeriano (2008) é de grande interesse, no contexto da modelagem de dados do meio físico em SIG's, a possibilidade de simular digitalmente técnicas de medição de variáveis topográficas. O autor ainda destaca que “[...] os estudos aplicados a caracterização da paisagem com variáveis morfométricas tem sido favorecido com o desenvolvimento de métodos automáticos de extração dessas variáveis” (VALERIANO, 2008, p. 73).

De acordo com Florenzano (2008, p. 33), “[...] os avanços tecnológicos dos novos sensores remotos, que produzem imagens com melhor resolução espacial, espectral, radiométrica e temporal, além do recurso estereoscópio, permitem ao Geomorfólogo mapear, medir e estudar uma variedade de fenômenos geomorfológicos com maior rapidez e precisão”.

Com relação ao Sensoriamento Remoto, Novo (1992) define que esse utiliza-se de sensores modernos, equipamentos para processamento e transmissão de dados, aeronaves entre outros, com o objetivo de estudar a superfície terrestre por meio do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e os elementos do planeta em suas diferentes manifestações. As imagens obtidas pelo sensoriamento remoto permitem uma visão de conjunto multitemporal de extensas

áreas do planeta. Essas imagens mostram os ambientes e as suas transformações causadas pelos fenômenos naturais (erosão, inundações, movimentos de massa, etc.) e aquelas causadas pela ação antrópica (desmatamento, queimadas, expansão urbana, etc.). Nesse sentido, Schirmer (2015) comenta que as imagens de satélite são ideais para o mapeamento do uso da terra, uma vez que as diferentes formas de utilização da superfície terrestre refletem a energia solar de forma diferenciada.

Com relação ao Geoprocessamento, Ferreira (2008, s/p.) salienta que esse “[...] permite que as informações gerem respostas rápidas e confiáveis que subsidiem a tomada de decisão”. Dessa forma, com o avanço das geotecnologias, os estudos relacionados ao espaço tornaram-se mais eficientes e diante disso, já não é mais necessário um amplo conhecimento teórico para realizar a confecção de cartogramas que indiquem as características do espaço geográfico.

Robaina et al. (2009) abordam a importância do geoprocessamento, sendo uma ferramenta imprescindível nos estudos ambientais, principalmente aplicado aos zoneamentos geoambientais, pois permite uma abordagem complexa e integradora das relações entre a natureza e a sociedade, fundamental para a realização das práticas eficientes da gestão ambiental.

A cartografia digital surgiu como uma ferramenta de elaboração e manipulação de produtos no formato digital, sendo considerada uma inovação no ramo cartográfico, o que era feito anteriormente de forma manual, agora passa a facilitar o trabalho de seus usuários automatizando as atividades, denotando mais flexibilidade e precisão no produto final. Nesse sentido, o geoprocessamento engloba toda a tecnologia de cartografia digital com outras tecnologias, como o sensoriamento remoto, SIG's, entre outros (CABRAL, 2014).

Nessa perspectiva, os SIG's contribuem na evolução da tecnologia, abrangidas pelo geoprocessamento, sendo esta definida como “técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas” (SANTOS, 2015).

As técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento tornaram-se ferramentas úteis e indispensáveis no monitoramento da dinâmica de uso e ocupação da terra, pelo fato de propiciar maior frequência na atualização dos dados, agilidade nos processamentos e viabilidade econômica.

Com relação a cartografia geomorfológica, pode-se destacar que no decorrer dos últimos anos ela vem se desenvolvendo, em razão de utilizar-se das geotecnologias como suporte para os seus trabalhos, apropriando-se de dados e

ferramentas de sensoriamento remoto que permitem níveis de informações detalhados.

Trentin (2011) ainda define que os métodos e técnicas de mapeamento geomorfológico tem sido cada vez mais aperfeiçoados pelo emprego de geotecnologias do Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, sobretudo pelo uso crescente dos Sistemas de Informação Geográfica. Nesse sentido, pode-se destacar que a utilização dos SIG's para a geração dos mapas temáticos, garantem agilidade e eficiência no processo de manipulação e tratamento dos dados, assim como, na tomada de decisões.

Por fim, ainda é de extrema importância ressaltar a aplicabilidade dos dados geográficos, uma vez que esses estão disponibilizados em diferentes formatos e que podem ser manipulados por diversos *softwares*, apresentando assim, como uma importante ferramenta para a análise em pequenas e médias escalas.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

“A metodologia deve representar a ‘espinha dorsal’ de qualquer pesquisa. Para aplicação de determinada metodologia é preciso, por um lado, dominar o conteúdo teórico e conceitual e, por outro, ter habilidade de manuseio do instrumental técnico de apoio, e não confundir, como habitualmente acontece nas atividades de pesquisa, técnicas operacionais com método”.

(ROSS, 1990, p. 32)

Nesse capítulo são apresentados os materiais e os procedimentos metodológicos na elaboração do presente trabalho, procurando atender ao objetivo geral e aos objetivos específicos propostos para essa pesquisa.

Enquanto concepção teórica, a metodologia adotada para a presente pesquisa empregou o método de investigação da abordagem sistêmica, tendo como base norteadora a proposta desenvolvida por Christofolletti (1980).

Na execução da proposta de Zoneamento Geoambiental para o município de Rosário do Sul, os procedimentos utilizados foram enquadrados nos quatro níveis da pesquisa geográfica propostos por Libault (1971). Em razão disso, em sua obra intitulada “Os Quatro Níveis da Pesquisa Geográfica”, o autor apresenta um encadeamento de métodos distribuídos em quatro etapas genéricas aplicadas a qualquer pesquisa em geografia. Os quatro níveis são, respectivamente:

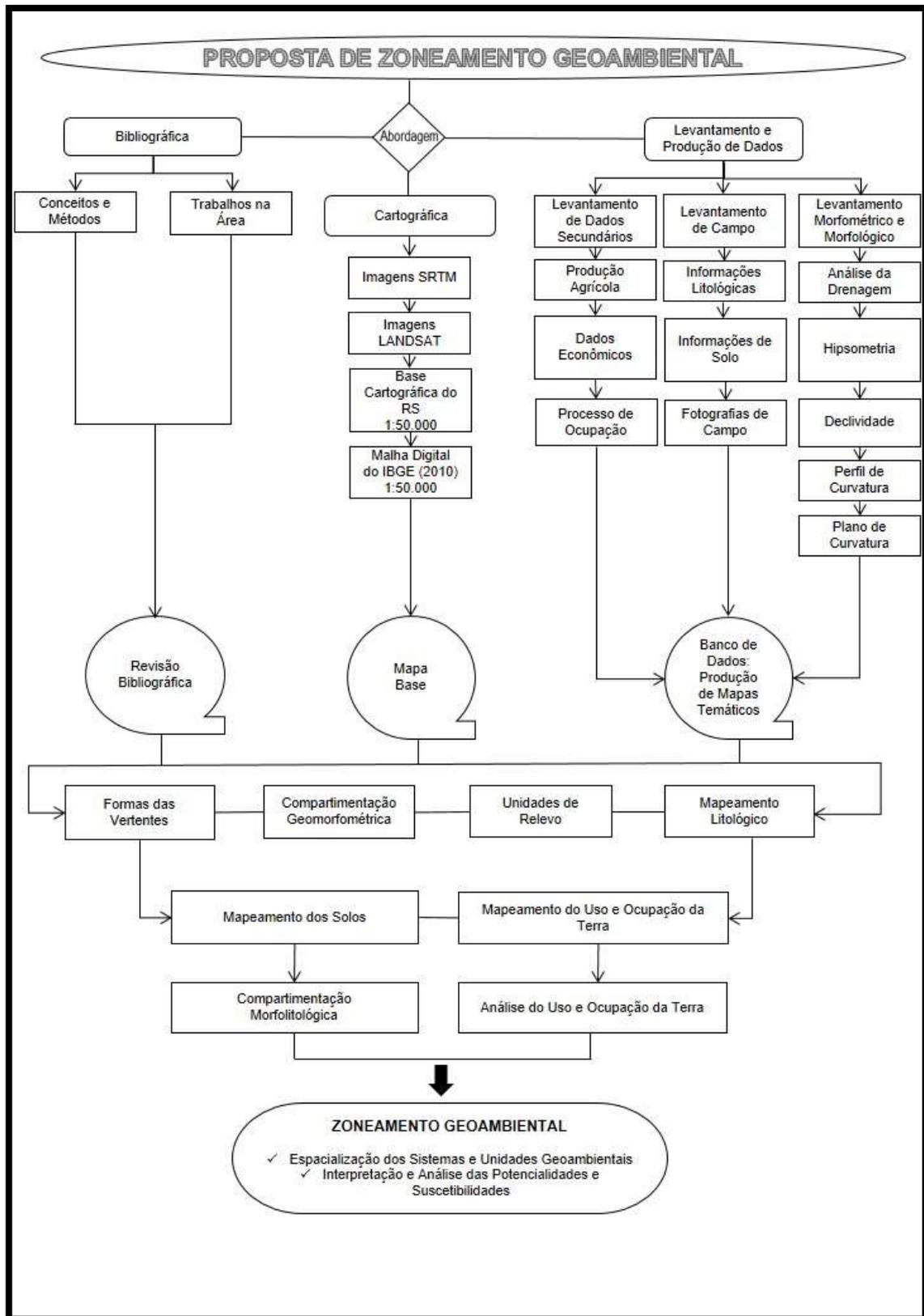
- ◆ **Nível Compilatório:** que caracteriza-se pela obtenção, seleção e compilação dos dados pertinentes a pesquisa intentada. Destaca-se que nesse primeiro nível é preciso ter critério e cuidado no momento da seleção dos dados, para que não ocorra o desperdício de informações relevantes e, ainda, é nesse momento que o pesquisador começa a direcionar o corpo da pesquisa.
- ◆ **Nível Correlatório:** é nesse momento que os dados compilados são correlacionados no sentido de viabilizar as futuras interpretações. É nesse nível que os dados são agrupados segundo a natureza de cada um, remetendo-se ao processo de classificação e hierarquização dos mesmos.
- ◆ **Nível Semântico:** contempla a interpretação dos dados, o que é feito a partir da atribuição de significado aos mesmos. Eles deixam de ser apenas informações brutas e passam a ter relação direta com a realidade estudada. É nesse nível que o trabalho chega as suas conclusões finais.

- ◆ **Nível Normativo:** consiste na etapa síntese do trabalho, apresentada em forma de produtos simplificados e visuais que sejam capazes de subsidiar atividades de intervenção humana sobre o meio físico natural e social.

Dentro do zoneamento geoambiental foram seguidas as concepções de cartografia adotadas por Zuquette (1987, 1993), seguindo as metodologias aplicadas por De Nardin (2007, 2009), Trentin (2007, 2011) e Scoti (2015).

Os procedimentos técnicos e operacionais utilizados no decorrer da pesquisa foram adaptados de De Nardin (2009) e Trentin (2011) e encontram-se resumidos no fluxograma da Figura 4.

Figura 4 - Representação dos procedimentos metodológicos adotados na pesquisa.



4.1 MATERIAIS UTILIZADOS PARA A ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS

- ◆ Base Cartográfica Vetorial Contínua do Estado do Rio Grande do Sul desenvolvida por Hasenack e Weber (2010) na escala 1:50.000: essa base foi utilizada para identificar a rede hidrográfica da área de estudo.
- ◆ Malha Digital do IBGE (2010): também em escala 1:50.000, essa base foi utilizada para definir o limite territorial do município de Rosário do Sul.
- ◆ Imagens de RADAR da missão SRTM com resolução espacial 3 arcsec (90 metros) obtidas junto ao USGS: foram utilizadas como base para a elaboração do MDE da área estudo.
- ◆ Imagens de satélite disponíveis no *software* ArcGIS® 10.1 desenvolvido pela ESRI através do serviço *Basemap – World Imagery*: constitui-se em um banco de dados que integra diversos tipos de imagens de satélite sob diferentes escalas. Essas imagens foram utilizadas para ajustes na base de dados da área de estudo.
- ◆ Imagens de satélite da Série LANDSAT obtidas junto ao USGS: foram utilizadas como base para a elaboração da análise temporal do uso e ocupação da terra no município de Rosário do Sul. Para isso, foram utilizadas imagens dos anos de 1996 e 2016, com intuito de realizar uma análise da transformação do espaço durante um período de 20 anos.
- ◆ ArcGIS® 10.1, Google Earth Pro, ENVI® 4.8 e CorelDRAW® X5: *softwares* utilizados respectivamente para a geração do banco de dados georreferenciado e a elaboração dos mapas temáticos, análise e interpretação dos resultados, geração dos mapas de uso e ocupação da terra e edição final e *layout* dos mapas temáticos e perfis topográficos. Na interface do usuário do *software* ArcGIS® 10.1 foi criado um *Geodatabase*, onde foi definido como Sistema de Referência o Sistema Universal Transversal de Mercator (UTM), com *Datum* SIRGAS 2000, Fuso 21, Hemisfério Sul.
- ◆ GPS *Garmin Etrex*: Sistema de Posicionamento Global utilizado para a localização dos pontos de controle obtidos durante a realização dos trabalhos de campo.

4.2 LEVANTAMENTO E PRODUÇÃO DE DADOS

4.2.1 Análise da Rede Hidrográfica

A análise morfométrica da rede hidrográfica do município de Rosário do Sul, primeiramente, passou pelo processo de refinamento a partir do levantamento dos dados primários que correspondem a Base Cartográfica Vetorial Contínua do Rio Grande do Sul (HASENACK e WEBER, 2010).

Posteriormente, a base cartográfica passou pelo processo de ajuste manual dos vetores – linhas e polígonos – que correspondem a rede de drenagem e ao rio principal, respectivamente. Esse processo ocorreu no *software* ArcGIS® 10.1 através da utilização da ferramenta *Edit Features*, onde o processo de vetorização realizou-se a partir da sobreposição da rede hidrográfica sobre as imagens de satélite do serviço *Basemap – World Imagery*, disponíveis no SIG.

Com a finalidade de se individualizar as análises do meio físico, optou-se por compartimentar a área de estudo em cinco sub-bacias: Arroio Caverá, Arroio da Divisa, Arroio Saicã, Nascentes do Rio Ibirapuitã e Rio Santa Maria.

A partir da correção dos traçados dos canais e da definição da sub-bacias da área de estudo, realizou-se a análise e a caracterização dos parâmetros morfométricos da rede hidrográfica do município de Rosário do Sul. Os parâmetros analisados foram: Área das Sub-bacias, Número de Segmentos de Canais Fluviais, Comprimento Total dos Segmentos de Canais Fluviais, Hierarquia Fluvial e Densidade de Drenagem, descritos a seguir:

4.2.1.1 Área das Sub-bacias

A área das sub-bacias do município de Rosário do Sul foram definidas a partir do cálculo realizado na tabela de atributos com o auxílio da ferramenta *Calculate Geometry*, disponível no *software* ArcGIS® 10.1. A área total de cada sub-bacia delimitada dentro do limite municipal da área de estudo foi expressa em km² e o somatório delas correspondem a área total do município de Rosário do Sul.

4.2.1.2 Número de Segmentos de Canais Fluviais

O número total de segmentos de canais fluviais da área de estudo foi definido a partir do somatório dos canais de todas as ordens encontrados no município de Rosário do Sul. Assim como no item anterior, o cálculo foi realizado na tabela de atributos disponível no *software* ArcGIS® 10.1.

4.2.1.3 Comprimento dos Segmentos de Canais Fluviais

De acordo com Trentin (2011), esse atributo representa as variáveis dimensionais expressas geralmente em quilômetros e que permitem uma avaliação das alterações em termos de perda ou ganho na extensão de caminhos para o escoamento linear das águas nas bacias hidrográficas. Para o município de Rosário do Sul, foi calculado o comprimento mínimo, médio, máximo e total dos segmentos fluviais da área de estudo.

4.2.1.4 Hierarquia Fluvial

A definição da hierarquia fluvial da rede hidrográfica do município de Rosário do Sul, seguiu a proposta de classificação estabelecida por Strahler (1952, apud CHRISTOFOLETTI, 1980) em razão dessa ser a que melhor descreve a composição da rede hidrográfica da área de estudo.

A classificação estabelecida por Strahler, diz que os menores canais, ou seja, aqueles que não possuem tributários, são considerados canais de primeira ordem, estendendo-se da nascente até a confluência; o encontro de dois canais de primeira ordem origina um de segunda ordem; por sua vez, da união de dois canais de segunda ordem surge um canal de terceira ordem e, assim, sucessivamente.

4.2.1.5 Densidade de Drenagem

De acordo com Horton (1945, apud CHRISTOFOLETTI, 1980), a densidade de drenagem é um parâmetro que relaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área total da bacia. Essa relação pode ser expressa através da seguinte equação:

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Onde: Dd é a densidade de drenagem; Lt é o comprimento total dos canais fluviais expressos em km; A é a área total das bacias hidrográficas expressas em km².

Com base nisso, Strahler (1952) classifica o valor da densidade de drenagem em três grupos:

- ✓ Dd menor que 7,5 km/km² - baixa densidade de drenagem
- ✓ Dd entre 7,5 km/km² e 10,0 km/km² - média densidade de drenagem
- ✓ Dd maior que 10,0 km/km² - alta densidade de drenagem

4.2.2 Análise do Relevo

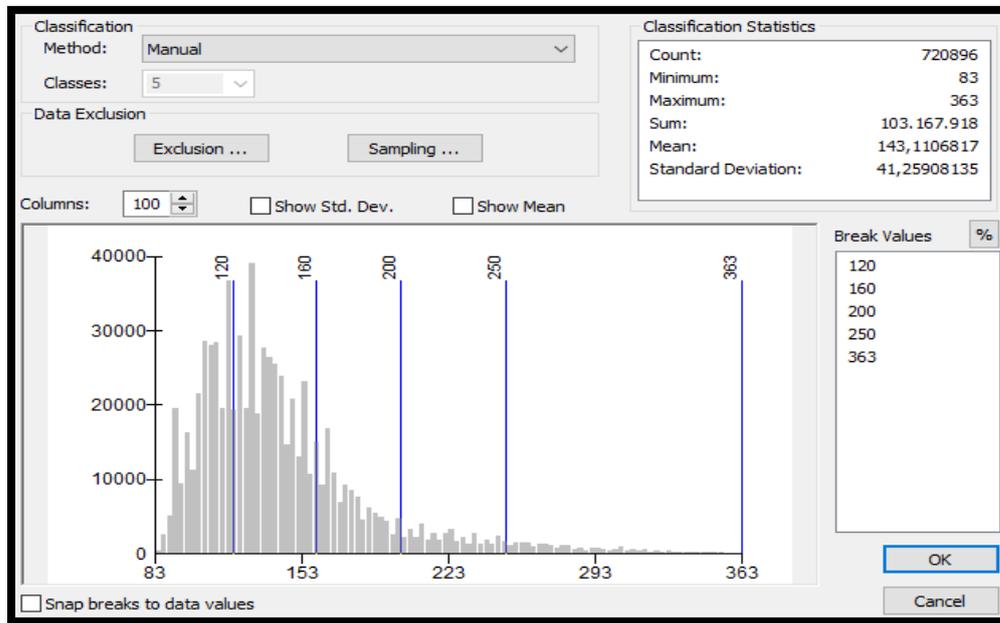
4.2.2.1 Hipsometria

O estudo topográfico do município de Rosário do Sul, foi realizado a partir da análise do MDE que possibilitou estipular cinco classes hipsométricas representadas em altitudes: <120 metros, entre 120 e 160 metros, entre 160 e 200 metros, entre 200 e 250 metros e >250 metros.

Na elaboração do mapa hipsométrico, foi utilizado como MDE as imagens de RADAR SRTM com resolução espacial de 90 metros, que passaram pelo processo de preenchimento e correção dos pixels nulos, através da utilização da ferramenta *Fill* disponível no módulo *Spatial Analyst* do ArcGIS® 10.1. A partir da correção da base cartográfica, realizou-se a classificação através da utilização da ferramenta *Reclassify* do ArcGIS® 10.1, de acordo com as classes hipsométricas definidas anteriormente e além disso, o arquivo foi transformado para o formato vetorial através da ferramenta *Raster to Polygon* do ArcGIS® 10.1 e a partir disso, realizou-se a quantificação das classes hipsométricas em quilômetros quadrados (km²) e em valores percentuais (%).

Por fim, a Figura 5 tem como objetivo representar o histograma de frequência criado a partir da interface do usuário no *software* ArcGIS® 10.1, com a distribuição da frequência das classes hipsométricas para o município de Rosário do Sul.

Figura 5 - Distribuição da frequência das classes hipsométricas.



Fonte: Interface do Usuário do ArcGIS® 10.1 (2016).

4.2.2.2 Declividade

O estudo das declividades tem por objetivo avaliar a inclinação das vertentes, representando um importante parâmetro na identificação das potencialidades e suscetibilidades de uma determinada área, vinculando-se aos processos de dinâmica recorrentes, como a deposição, erosão e os movimentos de massa.

Nesse sentido, para o município de Rosário do Sul foram definidas quatro classes de declividades de forma que melhor retratassem o comportamento das vertentes na área de estudo. Diante disso, foram definidas as seguintes classes de declividades: <2%, entre 2% e 5%, entre 5% e 15% e >15%, que seguem a proposta de classificação estabelecida pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT, 1981) e que são caracterizadas na Tabela 1.

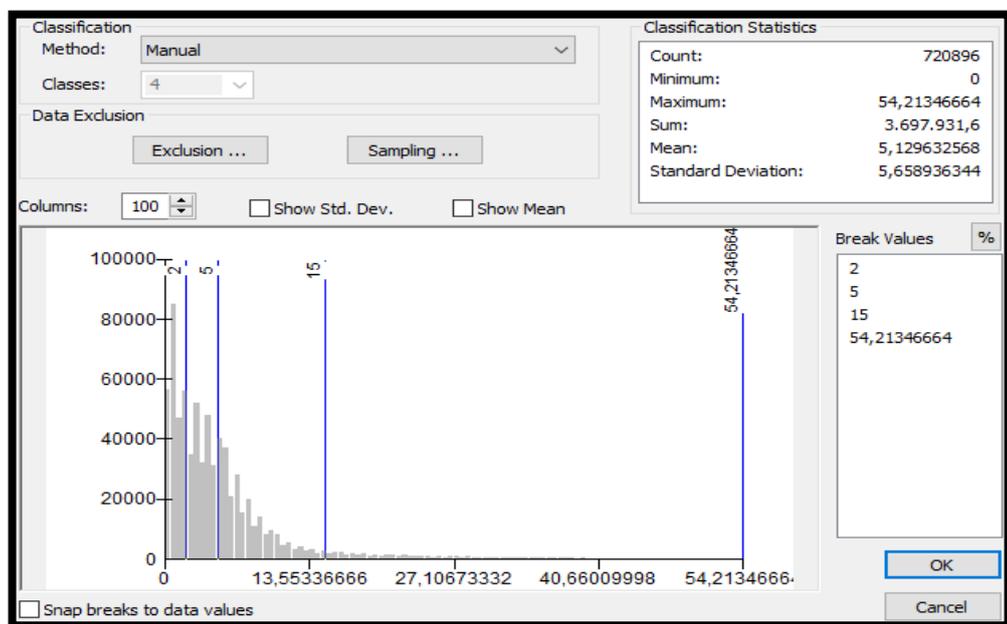
Tabela 1 - Caracterização das classes de declividade propostas pelo IPT.

Classe	Características
2%	Áreas muito planas e, quando próximas as drenagens, estão sujeitas à ocorrência das inundações.
5%	Área de baixa declividade e onde se registram os processos deposicionais. A partir dessa inclinação, os processos erosivos passam a ser mais significativos.
15%	Faixa que define o limite máximo para o emprego da mecanização na agricultura, além de serem áreas propícias à ocorrência dos processos de movimentos de massa.

Fonte: De Nardin (2009), adaptado do IPT (1981).

Por sua vez, na Figura 6 é apresentado o histograma de frequência criado a partir da interface do usuário no *software* ArcGIS® 10.1, com a distribuição da frequência das classes de declividade para o município de Rosário do Sul.

Figura 6 - Valores estabelecidos no histograma de frequência das classes de declividade.



Fonte: Interface do Usuário no ArcGIS® 10.1 (2016).

Frente a isso, destaca-se que o mapa de declividade do município de Rosário do Sul foi elaborado a partir da utilização da ferramenta *Slope* disponível no módulo *Spatial Analyst* do ArcGIS® 10.1, tendo como base cartográfica as imagens ajustadas de RADAR SRTM com resolução espacial de 90 metros. Posteriormente, o arquivo raster foi convertido para polígonos, através da ferramenta *Raster to Polygon* do ArcGIS® 10.1, que possibilitaram a quantificação das classes de declividade.

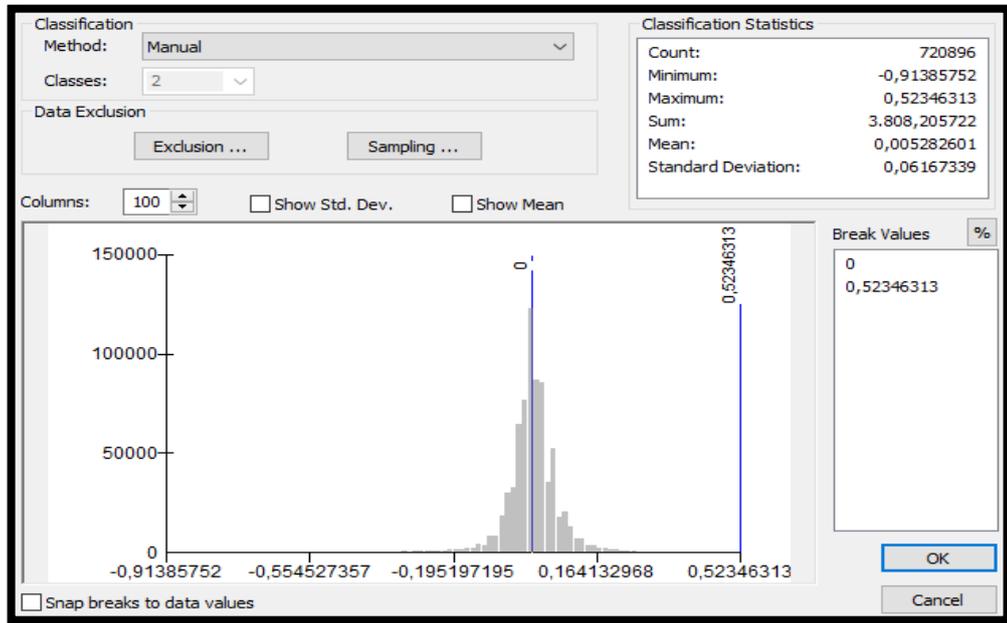
4.2.2.3 *Curvatura das Vertentes*

As curvaturas das vertentes respondem como fatores condicionantes aos fluxos de energia das encostas, que determinam a orientação, a intensidade do escoamento e a infiltração do fluxo nas encostas.

A análise das curvaturas das vertentes para o município de Rosário do Sul foi realizada através do perfil e do plano de curvatura e foi classificada a partir da utilização da ferramenta *Curvature*, disponível no módulo *Spatial Analyst* do ArcGIS® 10.1 e teve como dado primário o MDE oriundo das imagens ajustadas de RADAR SRTM, com resolução espacial de 90 metros. A partir disso, obteve-se como produto final dois arquivos raster, um referente ao perfil de curvatura e outro ao plano de curvatura.

O perfil de curvatura foi analisado através do histograma de frequência, onde definiram-se os valores negativos ($< 0,00$) para as vertentes convexas e valores positivos ($> 0,00$) para as vertentes côncavas, conforme representa a Figura 7. Destaca-se que não foram utilizados os perfis de curvatura retilíneos, em razão desse tipo de curvatura ser raro na área de estudo e apresentar valor nulo no histograma de frequência.

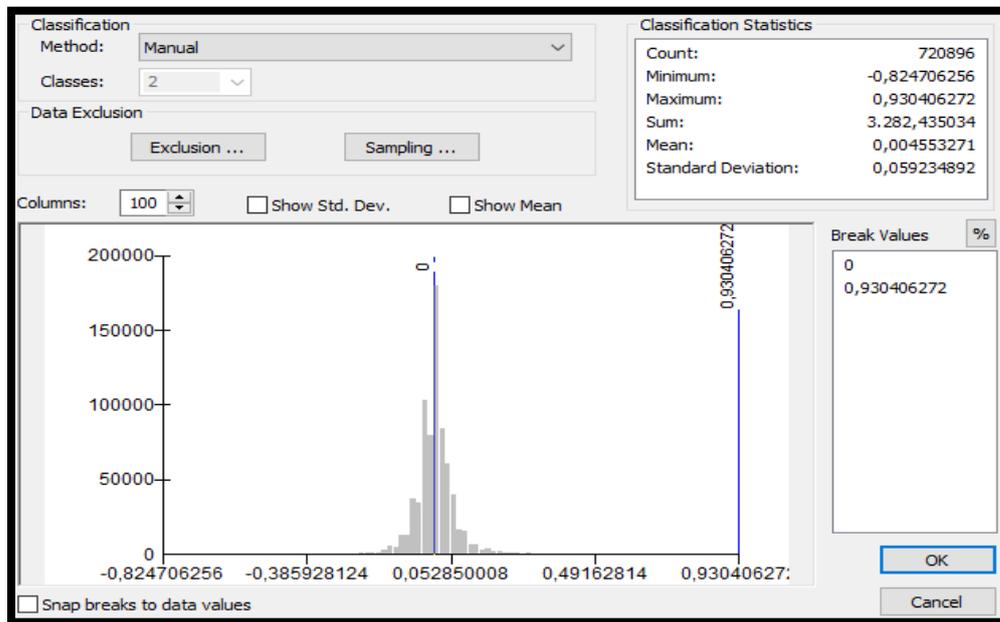
Figura 7 - Valores estabelecidos no histograma de frequência para a definição do perfil de curvatura das vertentes.



Fonte: Interface do Usuário no ArcGIS® 10.1 (2016).

Por sua vez, o plano de curvatura foi classificado com base no histograma de frequência, onde definiram-se os valores negativos ($< 0,00$) para as vertentes convergentes e valores positivos ($> 0,00$) para as vertentes divergentes, conforme representa a Figura 8. Cabe destacar que para o plano de curvatura, não se adotou a classe planar, em função desse tipo de curvatura, assim como nos perfis retilíneos, serem raros na área de estudo e apresentarem valor de curvatura nulo (0,00) no histograma de frequência.

Figura 8 - Valores estabelecidos no histograma de frequência para a definição do plano de curvatura das vertentes.

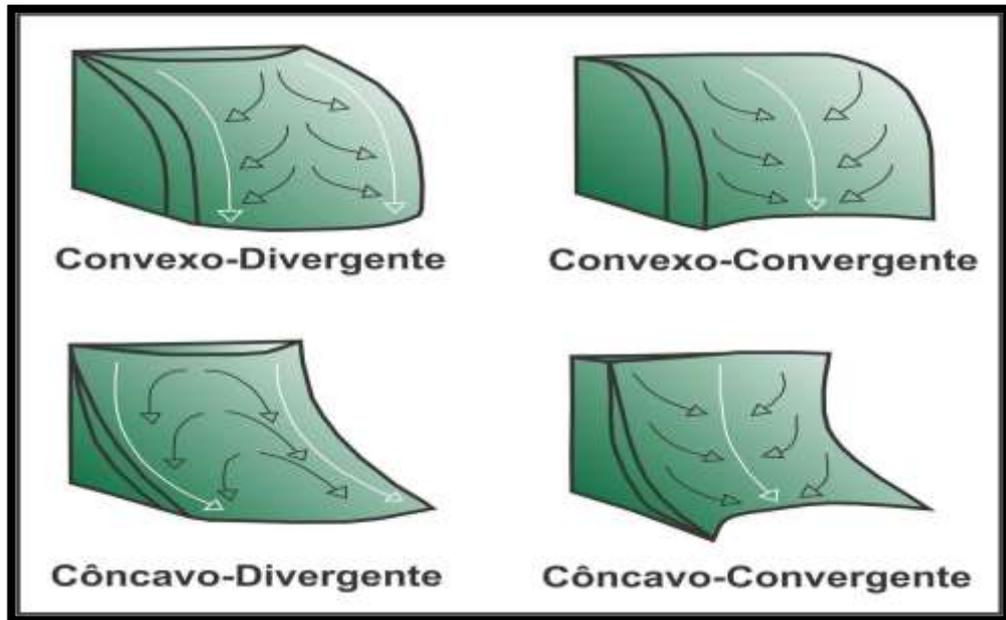


Fonte: Interface do Usuário no ArcGIS® 10.1 (2016).

Com a finalidade de combinar o perfil e o plano de curvatura das vertentes da área de estudo, foi utilizada a ferramenta *Combine* no módulo *Spatial Analyst* disponível no ArcGIS® 10.1 e como entrada de dados, adotou-se os arquivos obtidos na classificação do perfil e do plano de curvatura das vertentes.

Dessa forma, como resultado obteve-se quatro classes para as formas das vertentes da área de estudo: Convexo-Convergente, Convexo-Divergente, Côncavo-Convergente e Côncavo-Divergente, que são ilustradas na Figura 9.

Figura 9 - Representação dos perfis e planos de curvatura das vertentes, com a direção do fluxo superficial no perfil de curvatura e no plano de curvatura.



Fonte: Knierin (2015), adaptado de Hugget (1975).

Após isso, os arquivos do perfil e do plano de curvatura e a combinação dos mesmos, foram convertidos para o formato vetorial com a ferramenta *Raster to Polygon* do ArcGIS® 10.1, com o intuito de quantificar as formas das vertentes.

4.2.2.4 Unidades Geomorfométricas

A compartimentação geomorfométrica do município de Rosário do Sul, realizou-se a partir da proposta de mapeamento automatizado apresentado por Silveira e Silveira (2013), seguindo os preceitos de Iwasahi e Pike (2007). O relevo da área de estudo também foi analisado seguindo a proposta de mapeamento geomorfométrico descrito por Guadagnin e Trentin (2014) e Trentin, Robaina e Silveira (2015) que se baseia em um cruzamento de índices topográficos gerados através do ambiente georreferenciado de um SIG e hierarquizados através de uma árvore de decisão com valores pré-definidos, com base no conhecimento da área de estudo e através de quatro variáveis morfométricas: altitude, declividade, plano de curvatura e perfil de curvatura.

A partir da criação do modelo digital do terreno, foram geradas as demais informações que correspondem a compartimentação geomorfométrica da área de estudo. A primeira informação adquirida desse modelo corresponde as declividades do município, que foram geradas através do polinômio de Horn (1981). A declividade corresponde a um dos mais importantes parâmetros na análise das vertentes, pois tem como característica representar a sua inclinação. Sendo assim, as informações correspondentes as declividades foram discriminadas em duas classes, cujo limite é de 5%, onde as altas declividades estão sujeitas aos processos denudacionais, enquanto que as baixas declividades estão mais vulneráveis aos processos agradacionais.

Com relação ao atributo altitude destaca-se que para a compartimentação geomorfométrica da área de estudo, adotou-se a média da amplitude altimétrica do município de Rosário do Sul (280 metros), correspondendo a 140 metros.

Por sua vez, em ambientes de SIG, o perfil da vertente é analisado de acordo com o seu valor de curvatura e representado por meio do histograma de frequência. Diante disso, conforme destaca Valeriano (2003), as vertentes retilíneas possuem valor de curvatura nulo, as vertentes côncavas valor de curvatura positivo e as vertentes convexas valor de curvatura negativo. Isso se explica em função do processamento em SIG's gerar um raster com valores que variam de -5 a +5 aproximadamente, onde os valores negativos correspondem as vertentes convexas, os valores muito próximo de zero são as curvaturas planas e os valores positivos as curvaturas côncavas. Esse raster foi reclassificado em apenas duas classes e conforme representa a Tabela 2, a classe 1 (convexa) corresponde a todos os valores negativos e a classe 2 (côncava) corresponde a todos os valores positivos.

Por fim, a classificação do plano das vertentes em ambientes de SIG's é analisada de acordo com seu histograma de frequência que indica o valor da referida curvatura. Semelhante ao perfil da vertente, os valores nulos correspondem a inexistência da curvatura em vertentes planas, os valores positivos representam curvatura divergente e os valores negativos representam a curvatura convergente. Esse raster também foi reclassificado em apenas duas classes, onde a classe 1 (convergente) corresponde a todos os valores negativos e a classe 2 (divergente) corresponde a todos os valores positivos.

Tabela 2 - Informações utilizadas para a definição das unidades geomorfométricas no município.

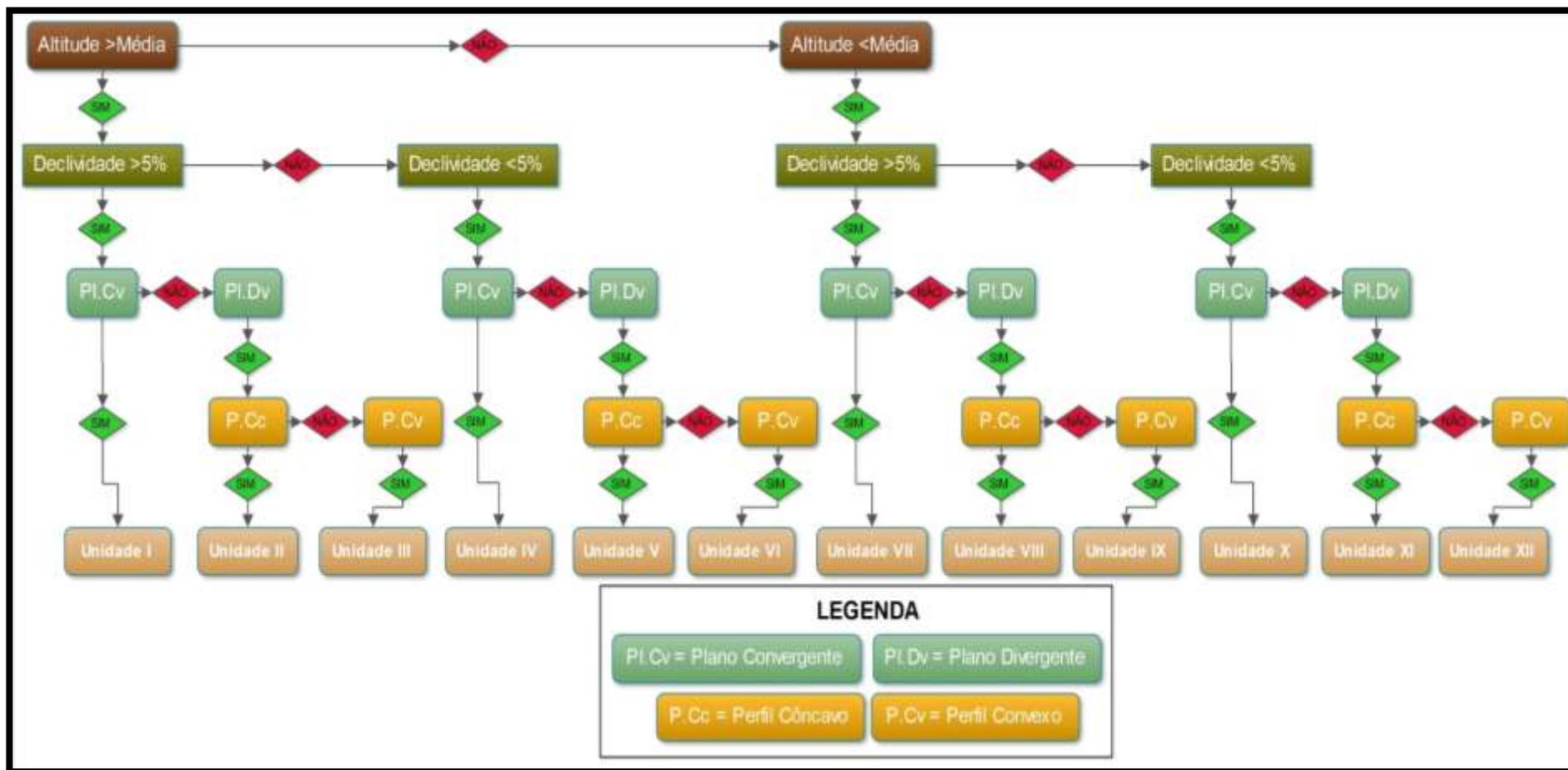
Altitude	Declividade	Perfil	Plano
1 - <140m	1 - <5%	1 - Convexo	1 - Convergente
2 - >140m	2 - >5%	2 - Côncavo	2 - Divergente

Fonte: Adaptado de Guadagnin e Trentin (2014).

Através do cruzamento das informações utilizando-se a árvore de decisão (Figura 10), foram identificadas 12 unidades geomorfométricas que representam a distribuição espacial dos parâmetros estudados. Diante disso, obteve-se como produto final o mapa das unidades geomorfométricas, onde utilizou-se a ferramenta *Combine* do módulo *Spatial Analyst*, disponível no ArcGIS®.

Por fim, os arquivos raster foram convertidos para o formato vetorial, através da utilização da ferramenta *Raster to Polygon* do ArcGIS® 10.1, que possibilitaram a quantificação das classes geomorfométricas.

Figura 10 - Árvore de decisão utilizada para a definição das unidades geomorfométricas.



4.2.2.5 Unidades de Relevo

A definição das unidades de relevo do município de Rosário do Sul, realizou-se com o intuito de individualizar as áreas com determinadas características de homogeneidade, considerando a análise combinada dos atributos morfométricos da área de estudo: hipsometria, declividade e comprimento das vertentes analisadas através de perfis topográficos.

Com base nisso, utilizou-se como base a proposta de classificação do relevo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1981), conforme representa a Tabela 3, sendo essa proposta modificada e adaptada seguindo algumas particularidades do relevo da área de estudo.

Tabela 3 - Classificação das formas de relevo conforme o Instituto de Pesquisas Tecnológicas e adaptadas para a área de estudo.

Amplitude Altimétrica	Declividade	Formas de Relevo
<100 metros	<2%	Áreas Planas
	2 – 5%	Colinas Suaves
	5 – 15%	Colinas
	>15%	Morrotes
>100 metros	>15%	Morros

Fonte: Adaptado do IPT (1981).

A elaboração do mapa de unidades de relevo do município de Rosário do Sul, realizou-se a partir do processo de vetorização manual, onde foram sobrepostos os *layers* de hipsometria e declividade e, além disso, contando também com o auxílio dos perfis topográficos, das curvas de nível, pontos cotados e a rede visual das imagens de satélite disponibilizadas pelo serviço *Basemap – World Imagery* do ArcGIS® 10.1 e também pelo *software Google Earth Pro*.

Com base nisso, foram definidas as seguintes unidades de relevo para a área de estudo: Áreas Planas, Colinas Levemente Onduladas, Colinas Onduladas, Colinas de Altitude, Associação de Morros e Morrotes e Morros e Morrotes Isolados. Nesse mesmo mapa, foram traçados alguns perfis topográficos que demonstram o

comportamento do relevo da área de estudo, além da demarcação de algumas cornijas⁵, que são bastante comuns na região oeste do Rio Grande do Sul.

Com relação aos perfis topográficos, destaca-se que esses foram traçados com o objetivo de determinar a amplitude e o comprimento das vertentes das unidades de relevo identificadas no município de Rosário do Sul. Para a elaboração dos mesmos, utilizou-se as ferramentas *Interpolate Line* e *Profile Graph* disponíveis no módulo *3D Analyst* do ArcGIS® 10.1. Posterior a isso, os perfis foram organizados no *software* CorelDRAW® X5 para o *layout* final, a definição das escalas e o exagero vertical dos mesmos.

Por fim, ocorreu o agrupamento das classes vetorizadas no município, através da utilização da ferramenta *Dissolve* disponível no *software* ArcGIS® 10.1 e posterior a isso, as classes foram quantificadas.

4.2.3 Análise das Litologias

A análise da distribuição das litologias encontradas no município de Rosário do Sul, realizou-se tendo como base o “Mapeamento Geológico do Estado do Rio Grande do Sul” desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil na escala 1:750.000 (Wildner et al, 2006) e o auxílio de alguns trabalhos do LAGEOLAM desenvolvidos em regiões próximas da área de estudo: Zoneamento Morfolitológico da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí e sua Relação com os Processos Superficiais e o Uso do Solo (Robaina et al, 2015), Determinação dos Litótipos Aflorantes na Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí, RS (TRENTIN, ROBAINA e SCCOTI, 2015).

Após a obtenção das informações, as unidades litológicas da área de estudo foram refinadas e detalhadas a partir dos resultados obtidos com a realização dos trabalhos de campo no município de Rosário do Sul, e assim, foram definidas as seguintes litologias: Depósitos Recentes, Rochas Vulcânicas Fácies Gramado, Rochas Vulcânicas Fácies Alegrete, Arenitos da Formação Botucatu, Arenitos da Formação Guará, Arenitos da Formação Sanga do Cabral, Arenitos da Formação Piramboia, Argilitos da Formação Rio do Rasto e Folhelhos do Subgrupo Estrada Nova. Posterior a isso, ocorreu a quantificação das unidades litológicas da área de estudo.

⁵ Esse termo vem do italiano “*Corniche*” e significa coroa. As cornijas são formas abruptas salientes de dimensões variadas, capeadas por uma camada de rocha dura (GUERRA e GUERRA, 2005).

4.2.4 Análise dos Solos

A análise das classes de solos realizou-se tendo como base o “Mapeamento dos Solos do Brasil” desenvolvido pelo IBGE (2013) na escala 1:250.000. Após a obtenção das informações, as classes de solos da área de estudo foram refinadas e detalhadas a partir dos resultados obtidos com a realização dos trabalhos de campo. Foram identificadas as seguintes classes de solos no município de Rosário do Sul: Argissolos, Chernossolos, Gleissolos, Luvisolos, Neossolos, Planossolos e Vertissolos. Posterior a isso, as classes de solos foram quantificadas em quilômetros quadrados (km²) e em valores percentuais (%).

➤ *Trabalhos de Campo*

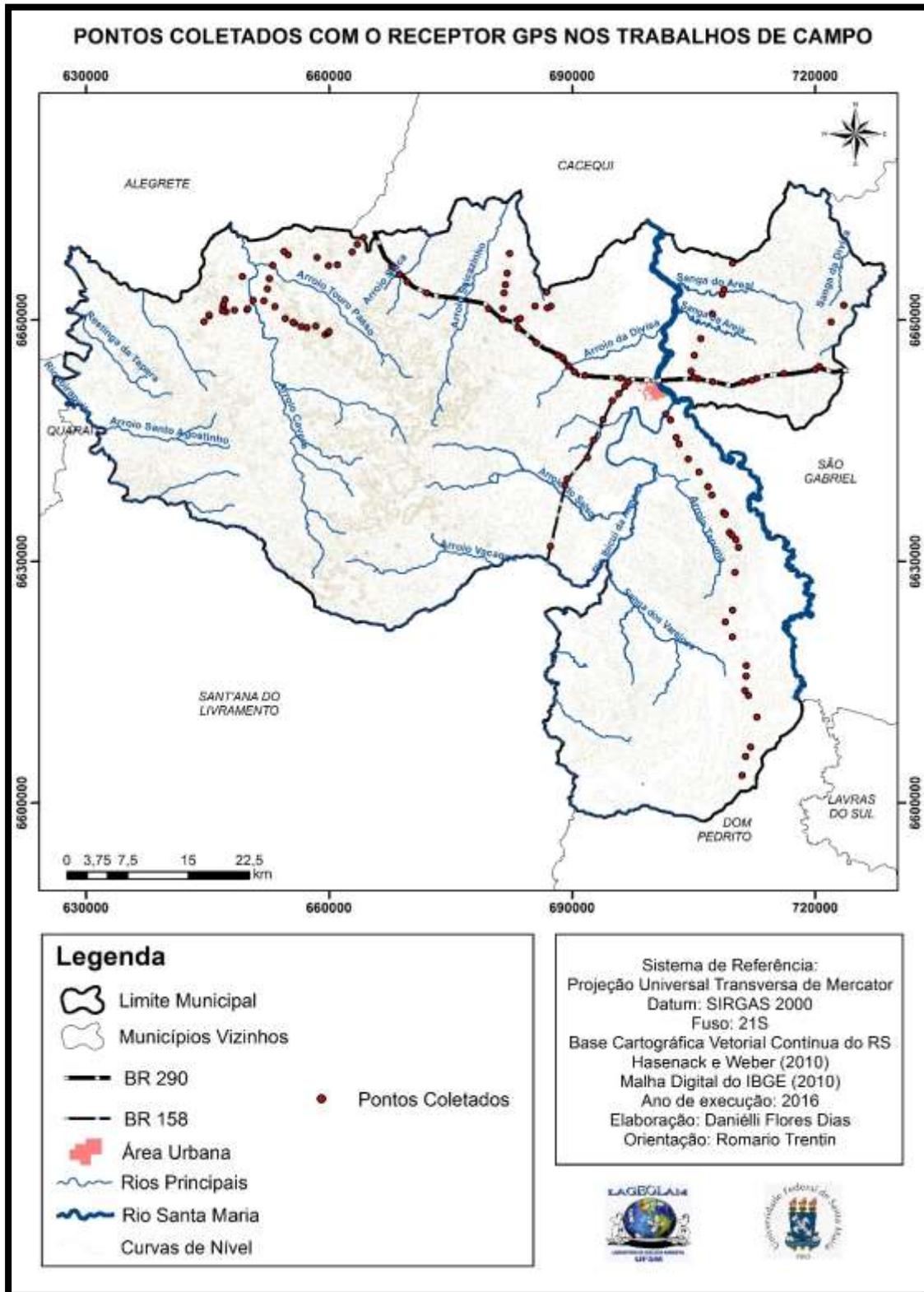
Os trabalhos de campo no município de Rosário do Sul foram realizados de forma investigativa, tendo como objetivo buscar a identificação litológica da área, os tipos de relevo, as classes de solos e o uso e a ocupação da terra na área de estudo, de modo a entender a influência da agricultura na transformação da paisagem.

Nesse sentido, destaca-se que os trabalhos de campo foram de extrema importância para a entender a configuração da paisagem no município de Rosário do Sul. Para o estudo de Rosário do Sul foram realizados três trabalhos de campo na área pelo LAGEOLAM: (1) em 25 de abril de 2013, com o intuito de mapear e caracterizar as sub-bacia do Arroio Caverá e do Arroio Saicã, (2) em 10 de fevereiro de 2014, com o objetivo de caracterizar a porção sul do município, principalmente na área que corresponde a sub-bacia do Rio Ibicuí da Armada; (3) em 27 de outubro de 2015, que teve como objetivo analisar e caracterizar as porções noroeste, centro-oeste e nordeste do município.

No decorrer dessas atividades realizou-se o levantamento de fotográfico, onde as fotos foram utilizadas para caracterizar as litologias e os sistemas geoambientais do presente trabalho e, além disso, a base cartográfica foi realizada por métodos primários, a partir da utilização de um receptor GPS.

Diante disso, na Figura 11 é possível perceber os pontos coletados com receptor GPS, durante os trabalhos de campo realizados no município de Rosário do Sul.

Figura 11 - Espacialização dos pontos de controle coletados com o receptor GPS durante a realização dos trabalhos de campo.



4.2.5 Análise de Dados Secundários

As informações de caráter histórico e socioeconômico da área de estudo foram obtidas em órgãos oficiais, como a Fundação de Economia e Estatística (FEE), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e as páginas oficiais da Câmara de Vereadores e da Prefeitura Municipal, que possibilitaram caracterizar e compreender a evolução dos setores econômicos e como ocorreu o processo de ocupação no município de Rosário do Sul.

4.3 CORRELAÇÃO DAS INFORMAÇÕES

Essa etapa da pesquisa foi responsável pela correlação entre as informações referentes ao meio físico e antrópico identificados no decorrer do trabalho. O cruzamento e a correlação das informações produzidas, permitiram obter um material cartográfico que resumiu o diagnóstico ambiental de cada etapa, que serviu para a compartimentação morfolitológica da área de estudo e, posteriormente, para definição do zoneamento geoambiental do município de Rosário do Sul.

Diante disso, destaca-se que o cruzamento das informações obtidas no decorrer das etapas iniciais foi realizado no *software* ArcGIS® 10.1 onde ocorreu a sobreposição dos *layers* e, posteriormente, o processo de vetorização manual dos mesmos.

4.3.1 Compartimentação Morfolitológica

O produto final da análise dos elementos físicos foi constituído por unidades morfolitológicas, que representam a associação dos elementos contidos nos levantamentos de relevo e litologias. Diante disso, a elaboração do mapa das unidades morfolitológicas do município de Rosário do Sul, realizou-se a partir do processo de vetorização manual, onde foram sobrepostos os *layers* das litologias e das unidades de relevo.

Com base nisso, para o município de Rosário do Sul foram estabelecidas as seguintes unidades morfolitológicas: Áreas Planas com Depósitos Recentes, Colinas Suaves sobre Arenitos, Colinas Suaves em Rochas Vulcânicas, Colinas Onduladas sobre Arenitos, Colinas Onduladas sobre Arenitos Marinhos, Colinas Onduladas em Rochas Vulcânicas, Colinas de Altitudes em Rochas Vulcânicas, Associação de

Morros e Morrotes em Rochas Vulcânicas, Morros e Morrotes Isolados sobre Arenitos e Morros e Morrotes Isolados em Rochas Vulcânicas.

Por último, realizou-se o agrupamento das classes vetorizadas na área de estudo, através da utilização da ferramenta *Dissolve* disponível no *software* ArcGIS® 10.1 e posterior a isso, as classes morfolitológicas foram quantificadas.

4.3.2 Uso e Ocupação da Terra

A construção dos mapas de uso e ocupação da terra e as suas respectivas análises ocorreram a partir da utilização das imagens do satélite LANDSAT 5 TM para o ano de 1996 e LANDSAT 8 OLI para 2016 com orbita ponto 223/81 e 224/81, conforme representa a Figura 12. Essas imagens foram obtidas através do *web site* do USGS, disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Para o ano de 1996 utilizou-se uma imagem do dia 16 de maio do respectivo ano; já para 2016, utilizou uma imagem datada do dia 16 de janeiro do respectivo.

Figura 12 - Indicação das orbita ponto do satélite no estado do Rio Grande do Sul e a localização do município de Rosário do Sul nessas orbitas.



Fonte: Elaborado pela autora (2016).

O processo de classificação das imagens realizou-se por meio da utilização do *software* Envi[®] 4.8, onde foram coletadas amostras referentes as classes de uso e ocupação da terra estabelecidas na área de estudo:

- ◆ **Corpos d'água:** composta pela rede de drenagem e os açudes da área de estudo;
- ◆ **Vegetação arbóreo-arbustiva:** áreas de cobertura vegetal de características naturais, compostas principalmente pela mata ciliar e pela vegetação em áreas íngremes.
- ◆ **Bancos de Areia:** localizados nas margens dos rios Santa Maria e Ibicuí da Armada;
- ◆ **Campos:** consistem naquelas áreas com cultivo de pastagens onde ocorre a prática da pecuária extensiva, através da criação de bovinos. Destaca-se que nessas áreas não ocorrem muitos cuidados com a vegetação, que vão desde gramíneas até a presença de arbustos ou algumas árvores de maior porte.
- ◆ **Lavouras:** áreas agrícolas onde ocorre principalmente o cultivo do arroz e da soja. Nessas áreas também foram agrupados os solos expostos, que são áreas com reduzida cobertura vegetal, identificadas em períodos de preparo do solo para o plantio.
- ◆ **Silvicultura:** consiste nas áreas onde ocorreu a implantação de espécies exóticas, principalmente pinus e eucaliptos.

Na classificação do uso da terra, para a determinação da classe dos corpos d'água foram adquiridas 35 amostras para o ano de 1996 e 48 amostras para 2016; na classe correspondente a vegetação arbóreo-arbustiva foram adquiridas 46 amostras para o ano de 1996 e 52 amostras para 2016; para a classe dos bancos de areias, coletou-se 26 amostras referentes ao ano de 1996 e 31 amostras para 2016; já na classe dos campos foram adquiridas 67 amostras para 1996 e 60 amostras para o ano de 2016; por fim, na classe que corresponde as lavouras, foram coletadas 66 amostras para o ano de 1996 e 71 amostras para 2016.

A classificação das imagens no *software* Envi[®] 4.8 realizou-se a partir da utilização do algoritmo Maxver (máxima verossimilhança), que consiste em uma ferramenta de classificação supervisionada, que utiliza parâmetros estatísticos em sua classificação, visando as áreas homogêneas ou aquelas que possuem o mesmo valor numérico.

Através da classificação supervisionada das imagens de satélites, foi possível observar como ocorre a distribuição espacial dos diferentes tipos de uso da terra, bem como, realizar uma breve análise e descrever as condições de uso e ocupação nos diferentes períodos.

Nesse sentido o Coeficiente Kappa (representado pela Tabela 4) foi utilizado para expressar a taxa de concordância entre o observador e a amostragem, a fim de averiguar o grau de acurácia de classificação.

Tabela 4 - Classificação do Coeficiente Kappa utilizando o processo de averiguação da acurácia das informações.

Coeficiente de Kappa	Classificação
<0,00	Quase Inexistente
0,00 – 0,20	Pequena
0,21 – 0,40	Insatisfatória
0,41 – 0,60	Satisfatória
0,61 – 0,80	Substancial
0,81 – 1,00	Quase Perfeita

Fonte: Landis e Koch (1977).

Com relação a classificação supervisionada para os anos de 1996 e 2016, destaca-se que o Coeficiente de Kappa obtido para a averiguação da acurácia dessas classificações foi de 0,86 e 0,91 respectivamente, onde esse resultado de acordo com a tabela apresentada na metodologia desse trabalho, é considerado como quase perfeito.

A partir do mapa das classes de uso da terra, ocorreu a transformação da matriz para vetor, com a utilização da ferramenta *Raster to Polygon* disponível no *software* ArcGIS® 10.1. Posterior a isso, pode-se refazer a edição vetorial das classes, através de uma revisão das regiões classificadas. Nessa revisão aplicou-se o conhecimento prévio da região, onde ocorreu o ajuste das áreas que foram classificadas de forma errada. Na classificação realizada para o ano de 1996 a classe dos solos expostos preparados para as plantações foram agrupados as lavouras; e as sombras foram anexadas a classe da vegetação arbóreo-arbustiva. Já na classificação do ano de 2016, a classe dos solos expostos após a colheita foram agrupados as lavouras.

Com relação a ocupação do município de Rosário do Sul, obteve-se a classe da área urbana (nos mapas finais nomeados como “urbano”), que foi vetorizada

manualmente, em decorrência da confusão na classificação automatizada com a classe dos bancos de areia. Após a vetorização, atribuiu-se um novo código identificador para essa classe e as áreas das classes de usos foram novamente calculadas.

De forma geral, destaca-se que as formas de uso foram identificadas, espacializadas, caracterizadas e quantificadas, permitindo assim, obter a configuração do uso e a ocupação do município de Rosário do Sul.

4.4 ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DE ROSÁRIO DO SUL

Na última etapa da pesquisa foi efetuada a síntese de todas informações coletadas, analisadas e interpretadas no decorrer do trabalho, sendo apresentadas na forma de um quadro síntese e em um mapa para a melhor compreensão dos resultados. A avaliação das potencialidades e suscetibilidades serviram de apoio para a caracterização do zoneamento geoambiental, que corresponde ao produto final desse trabalho.

Para o município de Rosário do Sul foram estabelecidas cinco sistemas e nove unidades geoambientais, a saber: (1) Sistema Caverá, composto pelas unidades das Colinas de Altitudes, Associação de Morros e Morrotes, Morros e Morrotes Isolados; (2) Sistema dos Depósitos Recentes, subdividido pelas unidades Santa Maria e Ibirapuitã; (3) Sistema Ibicuí da Armada; (4) Sistema Santa Maria, agrupando as unidades Botucatu, Guará, Piramboia, Sanga do Cabral; (5) Sistema Urbano.

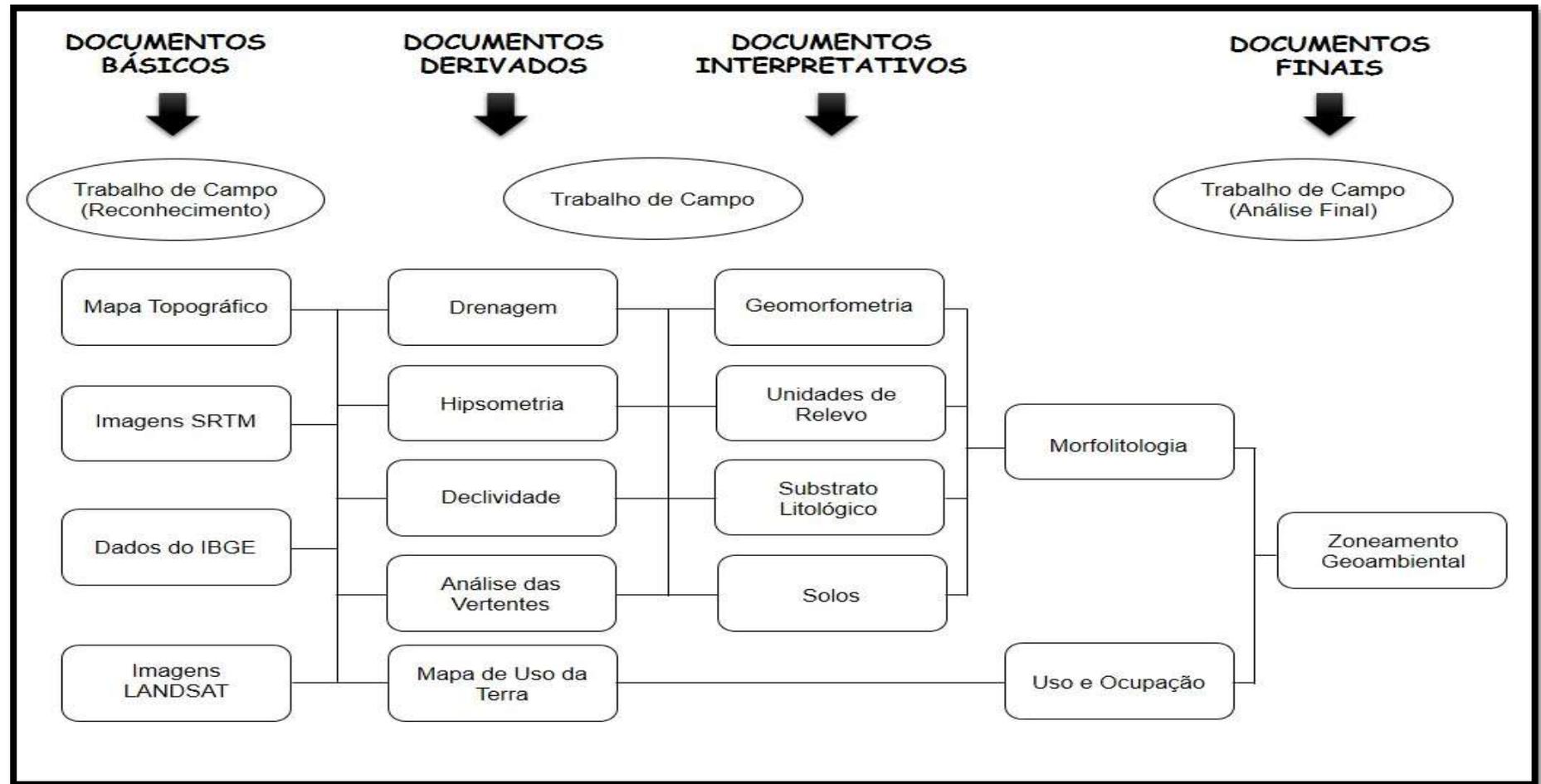
As potencialidades são características intrínsecas de determinadas áreas que apresentam a capacidade de realização, produção e execução de determinadas atividades que acarretam em benefícios ambientais e socioeconômicos.

As suscetibilidades referem-se as características de um determinado espaço, apresentando as restrições para a execução de determinadas atividades. Essas restrições podem ser relacionadas as características de elementos naturais e as intervenções antrópicas que podem intensificar ou desencadear os processos erosivos e/ou perda de biodiversidade.

Destaca-se ainda que a proposta de Zoneamento Geoambiental apresentada, fundamenta-se em uma análise integrada dos componentes antrópicos e naturais a partir de uma caracterização dos elementos básicos que foram esses componentes, através da cartografia analítica e a partir da interpretação analítico-integrativa se

chega aos documentos síntese (documentos finais) que concretizam o zoneamento (DE NARDIN, 2009). Nesse sentido, ressalta-se que todas as informações levantadas, processadas, analisadas e correlacionadas, foram mapeadas na escala 1:50.000 e serviram como base para a caracterização geoambiental da área de estudo. As categorias de informação analisadas e levantadas correspondem às classes de documentos básicos, derivados, interpretativos e finais, que em termos cartográficos representam a cartográfica e a de síntese, conforme a proposta apresentada de De Nardin (2009) e que podem ser visualizados na Figura 13.

Figura 13 - Esquema das informações levantadas para a definição do Zoneamento Geoambiental do município de Rosário do Sul.



5 CARACTERIZAÇÃO DOS ELEMENTOS FÍSICOS DO MUNICÍPIO DE ROSÁRIO DO SUL

“Quem o rio contemplar das barrancas vendo as águas e a vida passar, essas praias de areias tão brancas dentro d’alma vai sempre levar”.

(Trecho do Hino de Rosário do Sul)

5.1 ANÁLISE DA REDE HIDROGRÁFICA

O município de Rosário do Sul possui suas terras drenadas por dois sistemas hidrográficos: na porção leste pela sub-bacia do Rio Santa Maria e na porção oeste pela sub-bacia do Rio Ibirapuitã. De uma forma mais ampla, o município está inserido na Região Hidrográfica do Rio Uruguai dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí.

A área total de contribuição do município de Rosário do Sul a esses dois sistemas hidrográficos é de 4.369,32 km², apresentando de maneira geral um padrão de drenagem retangular-dendrítico, nos quais distribuem-se em 3.019 segmentos de canais fluviais que juntos somam 5.734,43 km, conferindo uma densidade de drenagem de 1,31 km/km².

Na Tabela 5 são apresentados os dados de quantificação dos segmentos de canais fluviais do município de Rosário do Sul.

Tabela 5 - Quantificação da ordem dos canais da área de estudo.

Ordem	L	Lt min	Lt med	Lt max	Lt
1 ^a	2.303	0,009 km	1,44 km	9,69 km	3.326,58 km
2 ^a	538	0,003 km	1,95 km	11,27 km	1.052, 29 km
3 ^a	131	0.002 km	4,18 km	20,77 km	547,76 km
4 ^a	32	0,007 km	11,34 km	42,21 km	363,15 km
5 ^a	6	2,89 km	21,87 km	39,63 km	131,27 km
6 ^a	5	2,53 km	14,16 km	28,55 km	70,83 km
7 ^a	3	1,19 km	60,35 km	99,01 km	181,05 km
8 ^a	1	61,49 km	61,49 km	61,49 km	61,49 km
Total	3.019	0,0009 km	1,89 km	99,01 km	5.734,43 km

Legenda: Número total de segmentos de canais (L), Comprimento mínimo dos canais (Lt min), Comprimento médio dos canais (Lt med), Comprimento máximo dos canais (Lt max), Comprimento total dos canais (Lt).

Fonte: Elaborado pela autora (2016).

Os sistemas hidrográficos foram divididos em cinco sub-bacias, assim denominadas: Arroio Caverá, Arroio da Divisa, Arroio Saicã, Nascentes do Rio Ibirapuitã e Rio Santa Maria.

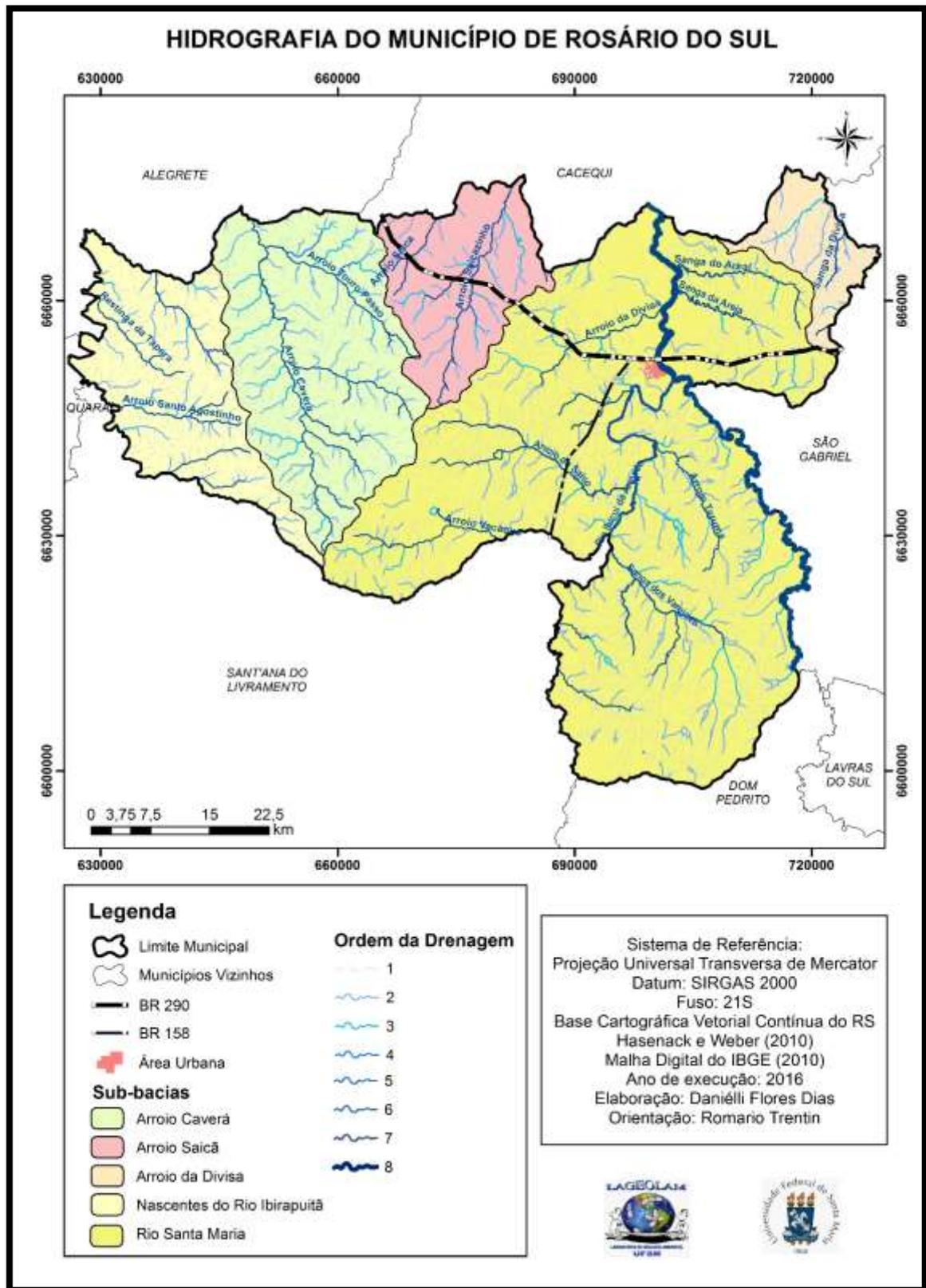
Na Tabela 6 é apresentada a síntese dos parâmetros morfométricos que caracterizam as sub-bacias na área de estudo. Já a Figura 14 representa as sub-bacias definidas no município, além da hierarquia fluvial conforme Strahler (1952, apud CHRISTOFOLETTI, 1980).

Tabela 6 - Caracterização morfométrica das sub-bacias do município.

Sub-bacias	A	AM	L	Lt	Dd	H
Arroio Caverá	785,39 km ²	17,97%	598	960,17 km	1,22 km/km ²	6 ^a
Arroio da Divisa	171,41 km ²	3,93%	140	226,81 km	1,32 km/km ²	6 ^a
Arroio Saicã	383,83 km ²	8,78%	278	478,29 km	1,24 km/km ²	5 ^a
Nascentes do Rio Ibirapuitã	518,47 km ²	11,86%	381	653,42 km	1,26 km/km ²	6 ^a
Rio Santa Maria	2.510,22 km ²	57,46%	1.622	3.415,74 km	1,36 km/km ²	8 ^a
Total	4.369,32 km²	100%	3.019	5.734,43 km	1,31 km/km²	8^a

Legenda: Área da sub-bacia (A), Área em porcentagem no município (AM), Número total de segmentos de canais (L), Comprimento total dos canais (Lt), Densidade de Drenagem (Dd), Hierarquia Fluvial.
Fonte: Elaborado pela autora (2016).

Figura 14 – Distribuição das sub-bacias no município de Rosário do Sul.



◆ *Sub-bacia do Arroio Caverá*

O Arroio Caverá é afluente da margem direita do Rio Ibirapuitã e drena a segunda maior área dentro do município de Rosário do Sul, representando 17,97% do total da área de estudo. A sub-bacia do Arroio Caverá localiza-se na porção noroeste do município, contando com 598 segmentos de canais fluviais que somam 960,17 km, conferindo uma densidade de drenagem de 1,22 km/km² e hierarquia fluvial de 6ª ordem.

◆ *Sub-bacia do Arroio da Divisa*

O Arroio da Divisa é afluente da margem esquerda do Rio Cacequi e drena a menor área dentro do município, que representa apenas 3,93% do total da área de estudo. A sub-bacia do Arroio da Divisa localiza-se no extremo nordeste do município, contando com 140 segmentos de canais fluviais que somam 226,81 km, conferindo uma densidade de drenagem de 1,32 km/km² e hierarquia fluvial de 6ª ordem.

◆ *Sub-bacia do Arroio Saicã*

O Arroio Saicã é afluente da margem esquerda do Rio Santa Maria e drena a segunda menor área dentro do município de Rosário do Sul, representando 8,78% do total da área de estudo. A sub-bacia do Arroio Saicã localiza-se na porção norte do município, contando com 278 segmentos de canais fluviais que somam 478,29 km, conferindo uma densidade de drenagem de 1,24 km/km² e hierarquia fluvial de 5ª ordem.

◆ *Sub-bacia das Nascentes do Rio Ibirapuitã*

As Nascentes do Rio Ibirapuitã são afluentes da margem direita do Rio Ibirapuitã e drenam a terceira maior área que representa 11,86% do total da área de estudo. A sub-bacia das Nascentes do Rio Ibirapuitã localiza-se em toda a faixa oeste do município, contando com 381 segmentos de canais fluviais que somam 653,42 km, conferindo uma densidade de drenagem de 1,26 km/km² e hierarquia fluvial de 6ª ordem.

◆ *Sub-bacia do Rio Santa Maria*

O Rio Santa Maria escoa no sentido sul-norte, sendo que suas nascentes encontram-se no Escudo Sul-Rio-Grandense, principalmente no município de Dom Pedrito e seu curso se desenvolve no sentido da Depressão Periférica. Destaca-se também que a área urbana do município de Rosário do Sul, situa-se nas margens do baixo curso desse rio. A sub-bacia do Rio Santa Maria drena a maior área dentro do município, representando 57,46% do total da área de estudo. Compõe a faixa norte e sul, contando com 1.622 segmentos de canais fluviais que somam 3.415,74 km, conferindo uma densidade de drenagem de 1,36 km/km² e hierarquia fluvial de 8ª ordem.

5.2 ANÁLISE DO RELEVO

5.2.1 Hipsometria

O município de Rosário do Sul localiza-se em uma área de transição entre a Depressão Periférica e o Planalto da Campanha. A área de estudo apresenta como menor cota altimétrica o valor de 83 metros, que localiza-se junto ao Rio Santa Maria e como maior cota altimétrica o valor de 363 metros, localizado junto a Serra do Caverá, resultando assim, em uma amplitude altimétrica de 280 metros.

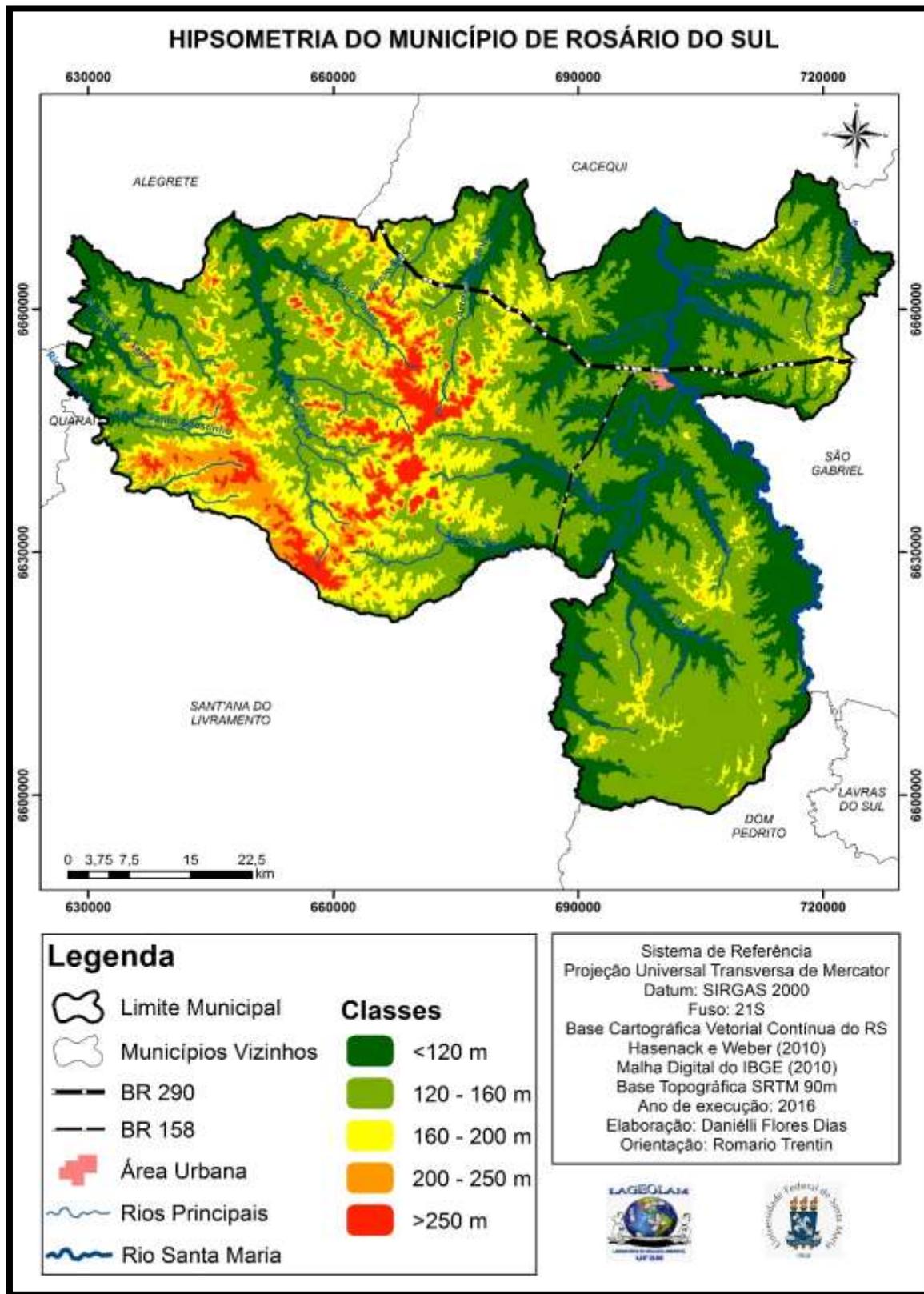
A partir da Tabela 7 e da Figura 15 pode ser analisada a quantificação e a distribuição espacial das classes hipsométricas do município de Rosário do Sul.

Tabela 7 - Quantificação das classes hipsométricas.

Classes Hipsométricas	Área (km²)	Área (%)
<120 m	1.303,61	29,83
120 – 160 m	2.002,98	45,84
160 – 200 m	660,37	15,11
200 – 250 m	254,64	5,82
>250 m	147,70	3,40
Total	4.369,32	100

Fonte: Elaborado pela autora (2016)

Figura 15 – Distribuição das classes hipsométricas na área de estudo.



Fonte: Elaborado pela autora (2016).

◆ *Altitudes inferiores a 120 metros*

Representa 29,83% do total da área do município, sendo assim, a segunda classe hipsométrica com maior expressividade no município. Essa classe abrange porções do extremo leste e oeste do município, em algumas porções ao norte e ao sul, mas com maior expressividade na porção centro-oeste do município de Rosário do Sul. Destaca-se ainda que é nessa classe hipsométrica que localiza-se a área urbana do município de Rosário do Sul.

Esses locais que correspondem a essa classe hipsométrica, caracterizam-se por apresentarem as menores altitudes dentro da área de estudo, associando-se aos segmentos fluviais de maior hierarquia fluvial. Dentre eles, destacam-se: Rio Santa Maria (8ª ordem), Rio Ibicuí da Armada (7ª ordem), Arroio Caverá (6ª ordem), Rio Cacequi (6ª ordem), Rio Ibirapuitã (6ª ordem) e Arroio Vacaquá (5ª ordem).

◆ *Altitudes entre 120 e 160 metros*

Representa 45,84% do total da área do município, constituindo na classe mais expressiva dentro do município de Rosário do Sul. Essa classe abrange porções do centro, leste e oeste do município, mas com maior expressividade na porção sul do município. Essa classe hipsométrica associa-se aos segmentos fluviais de média ordem, nos quais, destacam-se: Arroio Carrapicho (4ª ordem), Arroio Restinga dos Três Cerros (4ª ordem), Arroio Santo Agostinho (4ª ordem), Arroio do Salso (3ª ordem) e Arroio Saicã (3ª ordem).

◆ *Altitudes entre 160 e 200 metros*

Representa 15,11% e abrange porções ao sul e a nordeste da área de estudo, mas com maior expressividade nas porções oeste do município de Rosário do Sul, demarcando os divisores de água das sub-bacias localizadas nas porções centro-oeste do município.

◆ *Altitudes entre 200 e 250 metros*

Representa 5,82% do total da área do município e abrange algumas porções no noroeste e no sul, porém com maior expressividade nas porções sudoeste e oeste, demarcando o início da Serra do Caverá.

◆ *Altitudes superiores a 250 metros*

Por fim, a classe hipsométrica com altitudes superiores a 250 m representa 3,40% da área do município, constituindo assim, a classe hipsométrica menos expressiva dentro do município de Rosário do Sul. Essa classe abrange porções no centro-oeste e sudoeste do município, correspondendo a Serra do Caverá.

5.2.2 Declividade

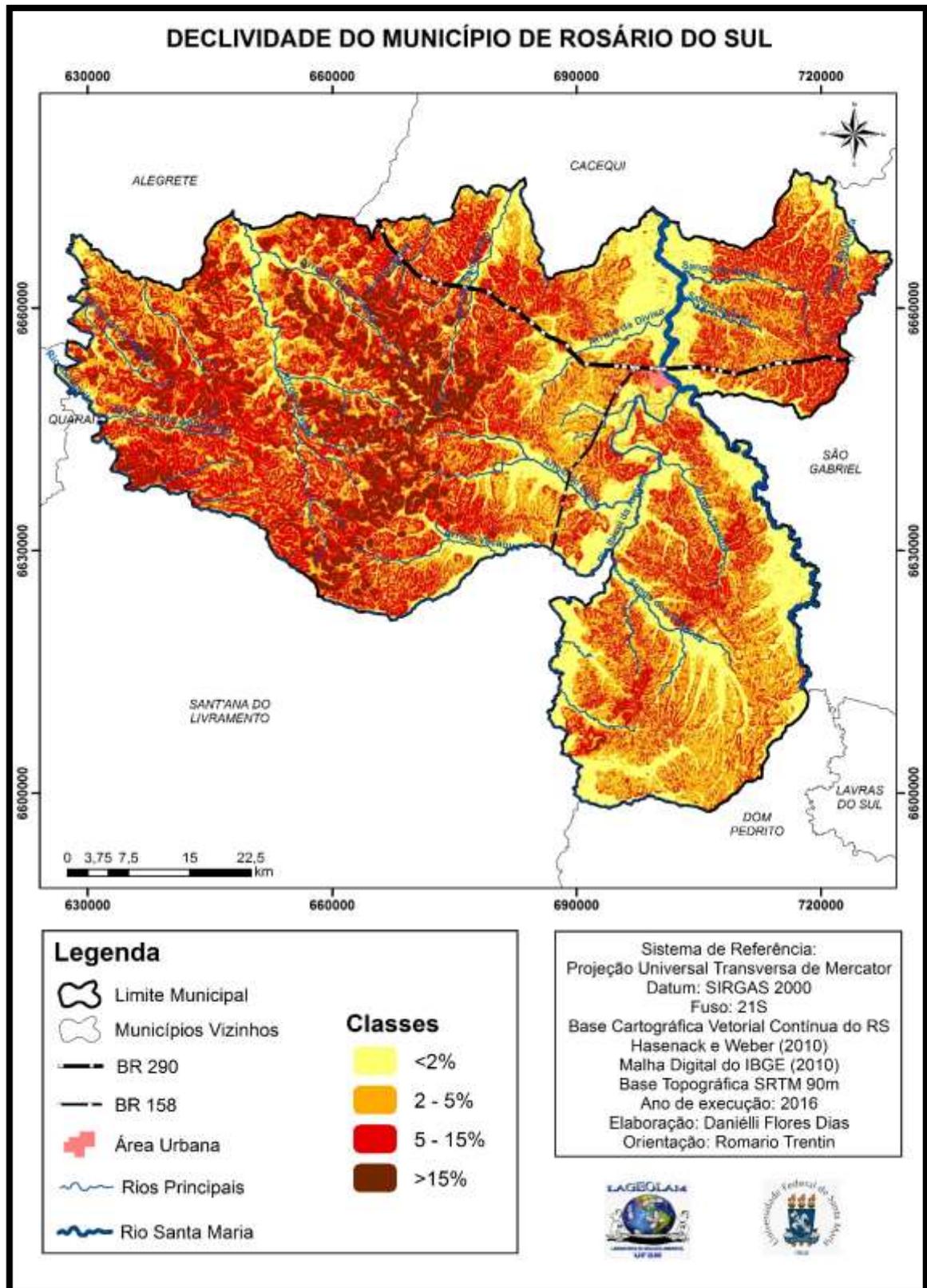
As classes de declividades no município de Rosário do Sul podem ser visualizadas na Tabela 8 e na Figura 16, onde são apresentadas a quantificação das classes de declividade e sua distribuição espacial na área de estudo.

Tabela 8 - Quantificação das classes de declividade.

Classes de Declividade	Área (km²)	Área (%)
<2%	1.231,98	28,19
2 – 5%	1.449,08	33,16
5 – 15%	1.439,93	32,95
>15%	248,33	5,70
Total	4.369,32	100

Fonte: Elaborado pela autora (2016).

Figura 16 - Distribuição das classes de declividade da área de estudo.



Fonte: Elaborado pela autora (2016).

◆ *Declividades inferiores a 2%*

Representa 28,19% do total da área de estudo, sendo a terceira classe mais expressiva dentro do município de Rosário do Sul. Essa classe distribui-se nas porções sudoeste, nordeste, sul, norte e no extremo oeste da área de estudo. Apresenta-se associada aos canais principais do município e nas planícies de inundação, principalmente do Rio Santa Maria, Rio Ibicuí da Armada, Arroio Caverá, Arroio da Divisa, Arroio do Salso, Arroio Saicãzinho e Arroio Sanga dos Varejões. Essa classe está associada as vertentes levemente onduladas e as áreas de planície. Frente aos processos superficiais agradacionais predominantes, observa-se nas áreas planas, a deposição de sedimentos fluviais oriundos de áreas mais elevadas, assim como, o assoreamento dos cursos d'água com a formação de bancos de areia, especialmente no Rio Santa Maria e Rio Ibicuí da Armada.

◆ *Declividades entre 2 e 5%*

Representa 33,16% do total da área de estudo, sendo a classe mais expressiva dentro do município de Rosário do Sul. Essa classe distribui-se nas porções nordeste, norte e sudoeste, nas terras drenadas pelo Arroio Caverá, Arroio Saicã e Sanga do Areal. Pode-se destacar que nessa classe, o uso da terra está associado principalmente as atividades agropastoris.

◆ *Declividades entre 5 e 15%*

Representa 32,95% do total da área de estudo, sendo a segunda classe mais expressiva dentro do município de Rosário do Sul. Essa classe distribui-se nas porções centro-oeste, nordeste e oeste, nas terras drenadas pelo Arroio Vacaquá, Sanga da Areia e pelos afluentes do Rio Ibirapuitã. Apresenta um relevo levemente ondulado e por vezes mais ondulado, com o uso da terra destinado principalmente as atividades agropastoris, assim como as declividades anteriores.

◆ *Declividades superiores a 15%*

Representa 5,70% do total da área de estudo, sendo a classe menos expressiva dentro do município de Rosário do Sul. Essa classe encontra-se distribuída em uma faixa que corresponde a poção noroeste-sudoeste do município, além de algumas porções no sudeste da área de estudo. Na Serra do Caverá, predomina um relevo fortemente ondulado, marcado por vertentes íngremes e mais escarpadas, com a presença de vegetação mais silvestre que compõem as matas de encostas, além de ser as áreas das nascentes de alguns sistemas fluviais: Arroio Caverá, Arroio Saicãzinho, Arroio Vacaquí e Arroio do Salso.

5.2.3 Curvatura das Vertentes

5.2.3.1 Perfil de Curvatura

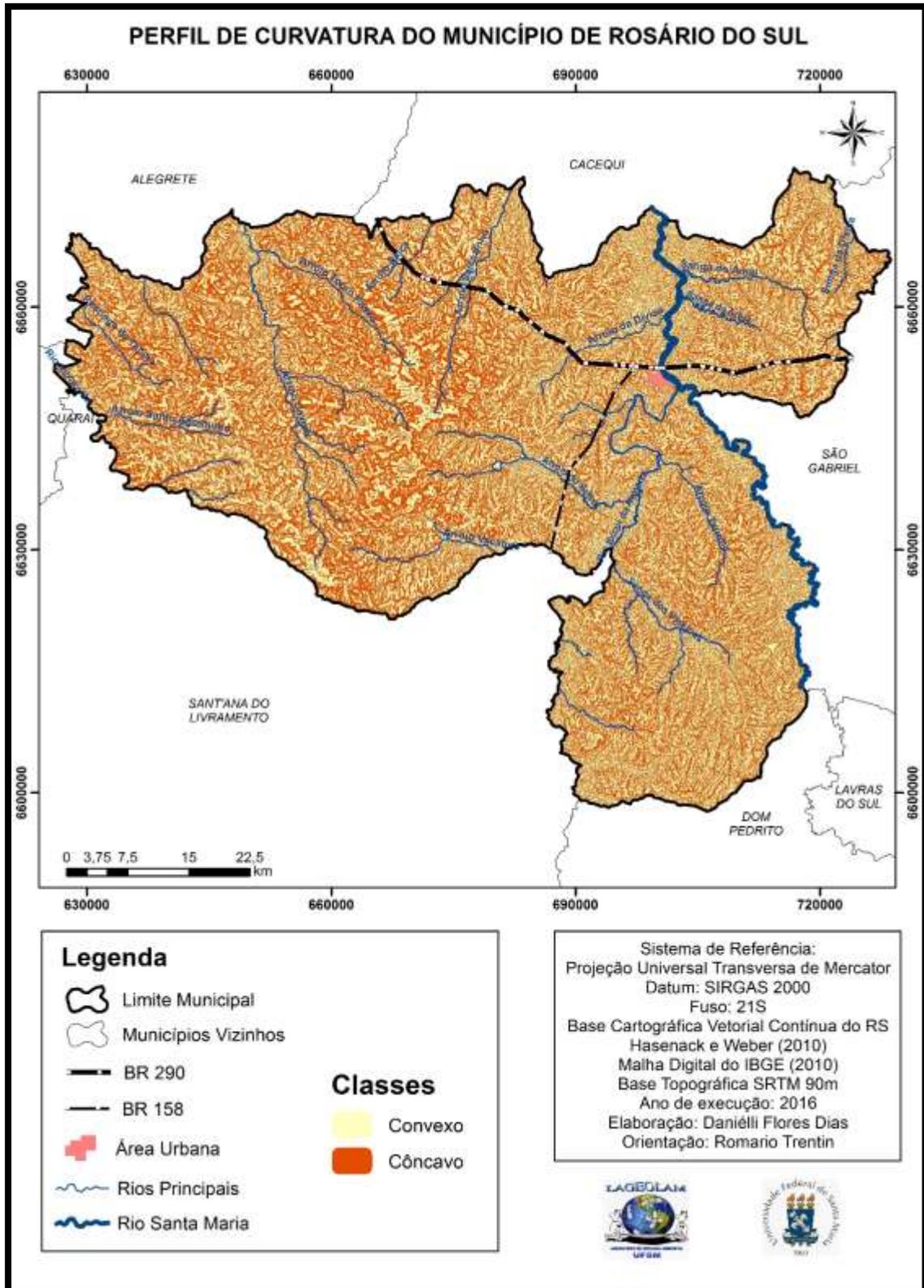
O perfil de curvatura do município de Rosário do Sul foi classificado em vertentes côncavas e convexas e a quantificação de cada classe e a espacialização das mesmas no município, podem ser visualizadas na Tabela 9 e na Figura 17.

Tabela 9 - Quantificação do perfil de curvatura.

Classe	Área (km²)	Área (%)
Convexo	2.096,33	47,97
Côncavo	2.272,99	52,03
Total	4.369,32	100

Fonte: Elaborado pela autora (2016).

Figura 17 - Distribuição das classes do perfil de curvatura na área de estudo.



Fonte: Elaborado pela autora (2016).

◆ *Perfil de Curvatura Convexo*

As vertentes convexas destacam-se principalmente na porção centro-oeste do município, na qual encontra-se localizada a Serra do Caverá e representam 47,97% da área de estudo. Essas vertentes associam-se aos segmentos da encosta onde ocorre o início do processo de escoamento, na qual muitos fatores influenciam, como: volume de precipitação, umidade/saturação do solo, tipo de solo e cobertura do solo. Sendo assim, conforme o aumento da velocidade dos fluxos, começam a predominar os processos de escoamento sobre os de infiltração, e isso ocorre a medida em que as declividades do perfil são mais acentuadas nas vertentes.

◆ *Perfil de Curvatura Côncavo*

As vertentes côncavas relacionam-se com as drenagens e representam 52,03% da área de estudo. De maneira geral, esse tipo de curvatura apresenta-se associado aos segmentos de média vertente até a sua base, onde os fluxos são mais significativos, caracterizando-se assim, áreas suscetíveis aos processos de erosão.

5.2.3.2 Plano de Curvatura

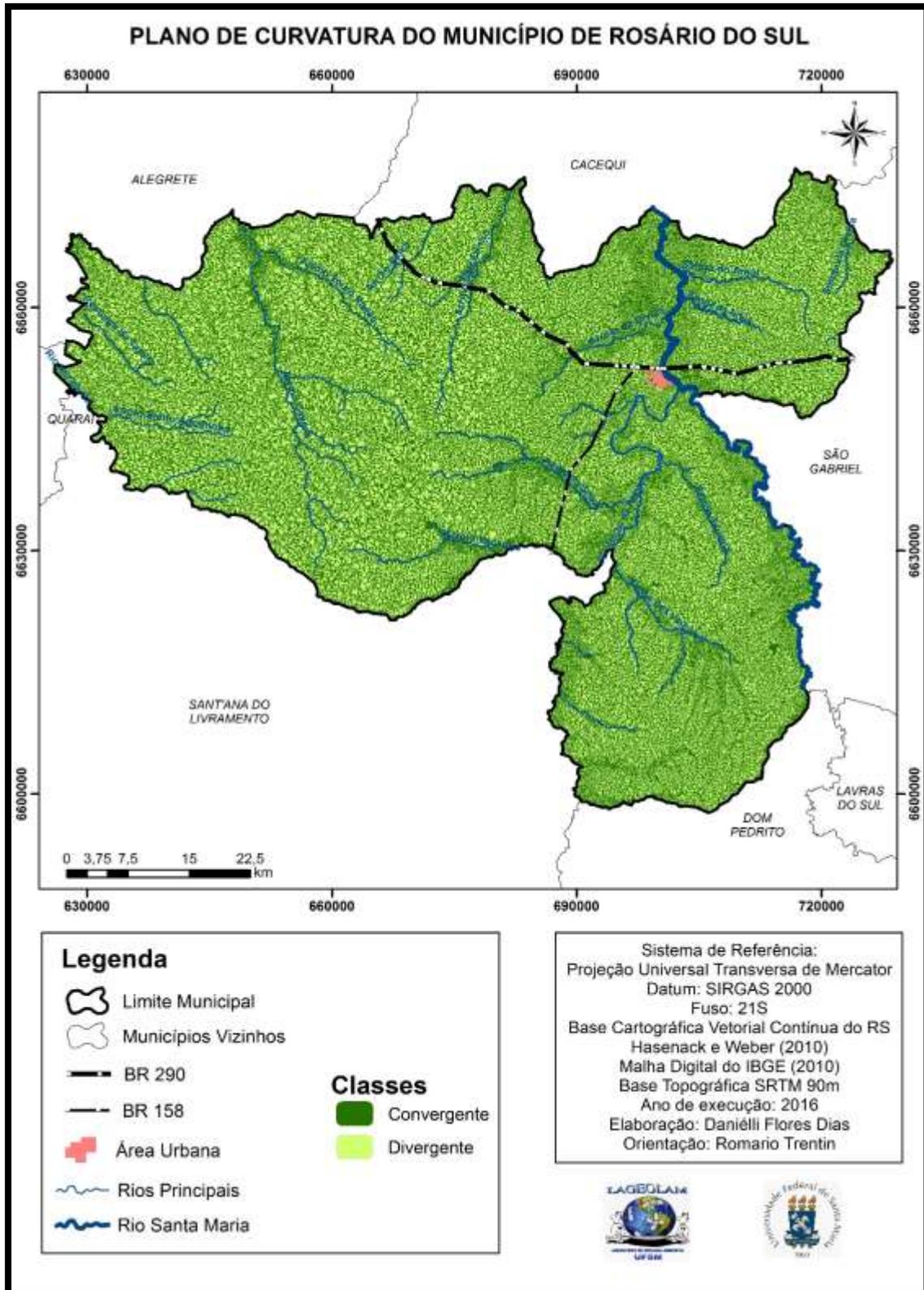
O plano de curvatura do município de Rosário do Sul foi classificado em vertentes convergentes e divergentes e a quantificação de classe e a espacialização das mesmas no município, podem ser visualizadas na Tabela 10 e na Figura 18.

Tabela 10 - Quantificação do plano de curvatura.

Classe	Área (km²)	Área (%)
Convergente	2.286,14	52,32
Divergente	2.083,18	47,68
Total	4.369,32	100

Fonte: Elaborado pela autora (2016).

Figura 18 - Distribuição das classes do plano de curvatura na área de estudo.



Fonte: Elaborado pela autora (2016).

◆ *Plano de Curvatura Convergente*

Representando 52,32% da área de estudo, essa classe associa-se principalmente com a rede de drenagem, marcando as áreas das vertentes onde predominam os processos de concentração dos fluxos juntos a sua base, formando a partir disso, os canais da rede de drenagem.

◆ *Plano de Curvatura Divergente*

Representam 47,68% do total da área de estudo, abrangendo as áreas do topo das vertentes até o seu segmento médio e caracterizam-se pelos processos de dispersão dos fluxos nas encostas.

5.2.3.3 Formas das Vertentes

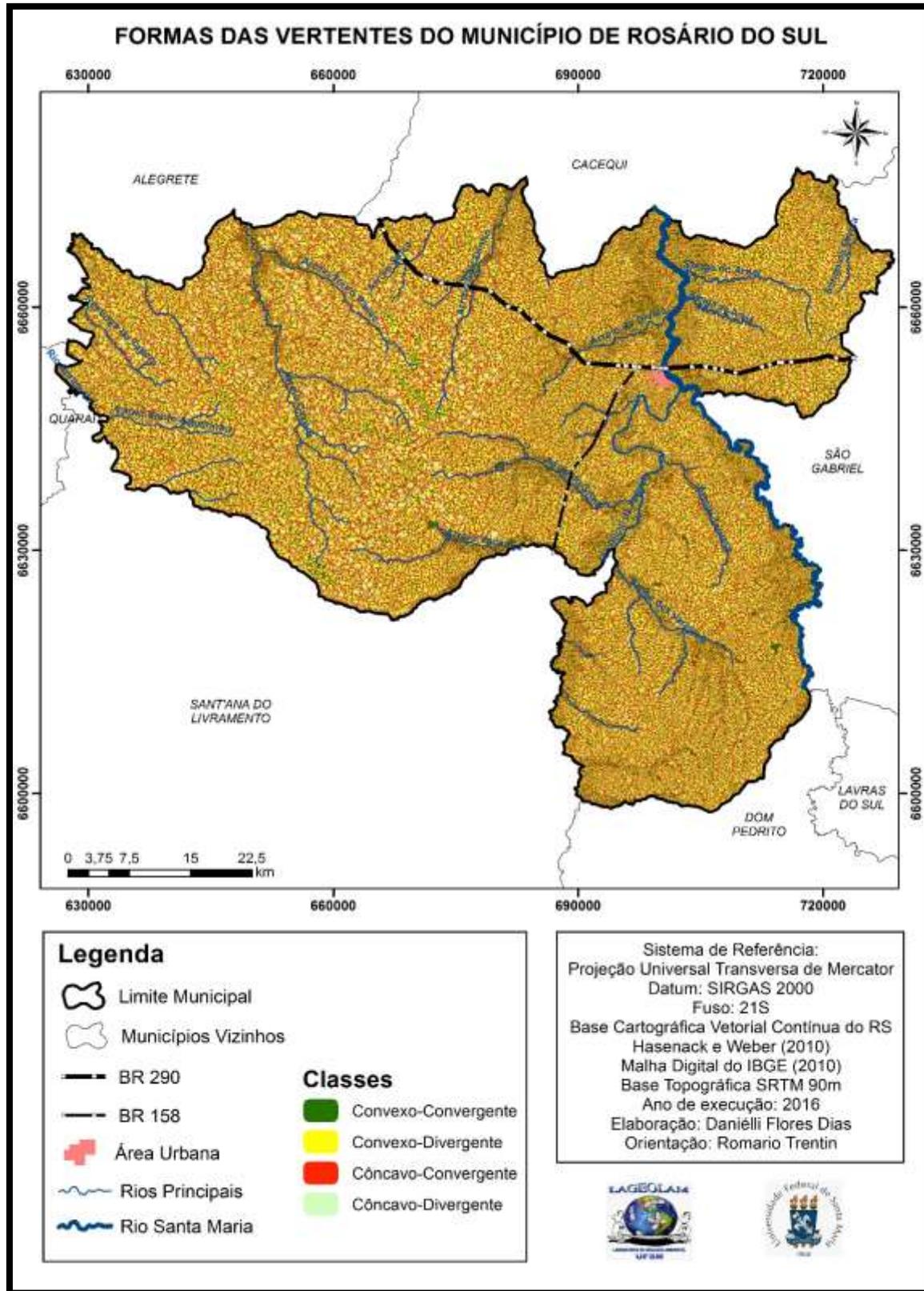
As formas das vertentes do município de Rosário do Sul foram classificadas em vertentes côncavo-convergente, côncavo-divergente, convexo-convergente e convexo-divergente. A quantificação de cada classe e a espacialização das mesmas no município, podem ser visualizadas na Tabela 11 e na Figura 19.

Tabela 11 - Quantificação das formas das vertentes.

Classe	Área (km²)	Área (%)
Côncavo-Convergente	1.535,68	35,14
Côncavo-Divergente	737,31	16,87
Convexo-Convergente	750,45	17,17
Convexo-Divergente	1.345,88	30,82
Total	4.369,32	100

Fonte: Elaborado pela autora (2016).

Figura 19 - Distribuição das formas das vertentes na área de estudo.



Fonte: Elaborado pela autora (2016).

◆ *Côncavo-Convergente*

Representa 35,14% do total da área de estudo, sendo a classe com maior expressividade no município. Corresponde ao segmento médio até a base das vertentes, caracterizando-se pelo acúmulo e a concentração máxima dos fluxos de escoamento das vertentes. Nos sistemas de drenagens, essa classe corresponde ao leito dos segmentos dos canais fluviais, principalmente os de menor hierarquia, como os de primeira e segunda ordem.

◆ *Côncavo-Divergente*

Representa 16,87% do total da área de estudo, essa classe associa-se desde o segmento médio até a base das vertentes. Quando estão associadas as cornijas e aos morrotes, marcam a sua porção inferior e, nas áreas próximas as drenagens, relacionam-se as áreas de planície com processos predominantes de dispersão dos fluxos associados ao plano divergente e de maior velocidade dos escoamentos no ponto de inflexão do perfil convexo para côncavo, e com velocidades menores, à medida em que a encosta se aproxima da sua base.

◆ *Convexo-Convergente*

Representando 17,17% do total da área do município, essa classe possui alguns pontos de maior densidade, associando-se as áreas de leito fluvial das sub-bacias hidrográficas. Já nas vertentes, correspondem as áreas superiores da encosta, que vão desde o terço superior até o segmento médio. Destaca-se também, que são nessas áreas que ocorre o aumento da energia dos fluxos superficiais, com o predomínio dos mesmos sobre os processos de infiltração do terreno, bem como, marcam o início da concentração dos escoamentos, devido ao plano de curvatura convergente.

◆ *Convexo-Divergente*

Representa 30,82% do total da área de estudo, sendo assim a segunda classe com maior expressividade dentro do município de Rosário do Sul. Associa-se as áreas

de relevo ondulado e/ou fortemente ondulado. Nas vertentes, correspondem a porção que vai desde o topo até o seu segmento médio, caracterizando-se pelo aumento da energia do fluxo, com menor infiltração e máxima dispersão em função do plano divergente, à medida em que as declividades do perfil da encosta são mais significativas.

5.2.4 Unidades Geomorfométricas

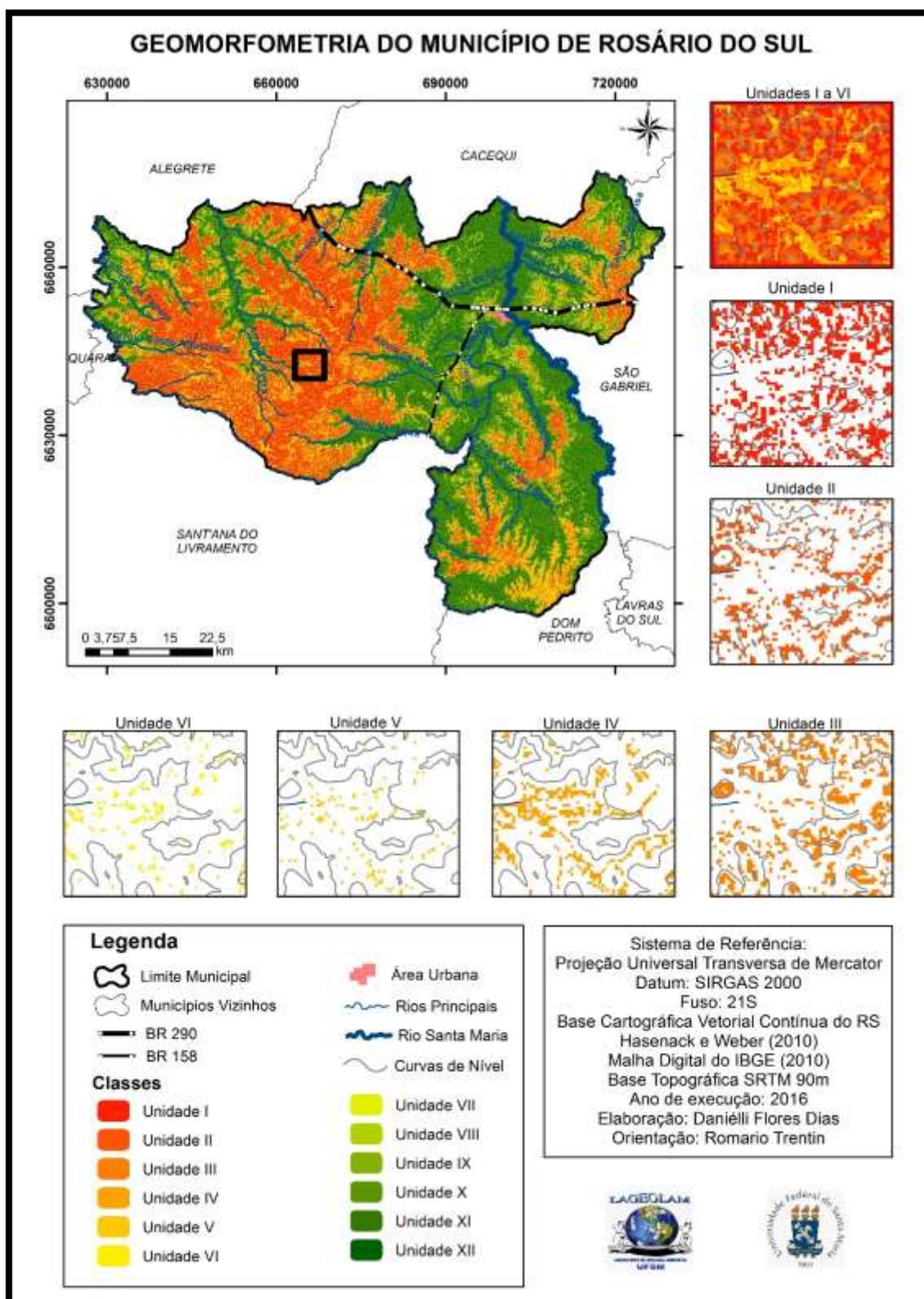
Baseando-se nos parâmetros de altitude, declividade, perfil de curvatura e plano de curvatura, foram definidas 12 unidades geomorfométricas para o município de Rosário do Sul, que encontram-se resumidas na Tabela 12 e representadas nas Figuras 20 e 21.

Tabela 12 - Síntese das informações referentes as unidades geomorfométricas.

Unidade	Área (km ²)	(%)	Altitude	Declividade	Perfil	Plano
I	517,05	11,83	>140m	>5%	Côncavo e Convexo	Convergente
II	275,11	6,29	>140m	>5%	Côncavo	Divergente
III	424,96	9,72	>140m	>5%	Convexo	Divergente
IV	328,92	7,52	>140m	<5%	Côncavo e Convexo	Convergente
V	135,66	3,10	>140m	<5%	Côncavo	Divergente
VI	90,18	2,06	>140m	<5%	Convexo	Divergente
VII	260,39	5,95	<140m	>5%	Côncavo e Convexo	Convergente
VIII	213,63	4,88	<140m	>5%	Côncavo	Divergente
IX	121,83	2,78	<140m	>5%	Convexo	Divergente
X	1.226,54	28,07	<140m	<5%	Côncavo e Convexo	Convergente
XI	250,19	5,72	<140m	<5%	Côncavo	Divergente
XII	524,85	17,80	<140m	<5%	Convexo	Divergente

Fonte: Elaborado pela autora (2016).

Figura 20 - Representação geomorfométrica do município de Rosário do Sul, com destaque para as unidades I a VI.



◆ *Unidade I*

Representa 11,83% do total da área de estudo, sendo assim, a terceira unidade geomorfométrica mais expressiva no município de Rosário do Sul. Essa unidade predomina nas porções centro-oeste e noroeste da área de estudo, correspondendo as áreas mais altas do município, principalmente nas áreas que correspondem a Serra do Caverá. Destaca-se também, que essa unidade cobre algumas áreas nas porções sul e nordeste do município de Rosário do Sul. Nessa unidade ocorre a predominância dos processos morfogenéticos de erosão, em razão das suas declividades serem superiores a 5%, as vertentes apresentam caráter côncavo e convexo, além de ser uma área em que ocorre a concentração de água, em razão do plano de curvatura apresentar caráter convergente.

◆ *Unidade II*

Assim como a Unidade I, também ocorre predominantemente nas porções mais elevadas do município, apresentando altitudes maiores que a média e declividades superiores a 5%. Nessa unidade, os processos erosivos podem ser atenuados, devido ao perfil côncavo e o plano de curvatura divergente, o que faz com que a água se dissipe com menor velocidade. Essa unidade representa 6,29% do total da área de estudo.

◆ *Unidade III*

Representando 9,72% do total da área do município, ocorre nas porções centro-oeste e noroeste, além de algumas porções no sul e nordeste, representando 9,72% do total da área de estudo. Caracteriza-se por apresentar altitudes e declividades maiores que a média, que podem levar a ocorrência de processos erosivos acentuados devido ao aumento da velocidade do fluxo (perfil convexo) e dissipação da água (plano convergente).

◆ *Unidade IV*

Distribui-se principalmente nas porções centro-oeste, noroeste e sul, representando 7,52% do total da área de estudo. Caracteriza-se por apresentar altitudes maiores que a média, declividades inferiores a 5%, perfil de curvatura com caráter côncavo e convexo e plano de curvatura com caráter convergente.

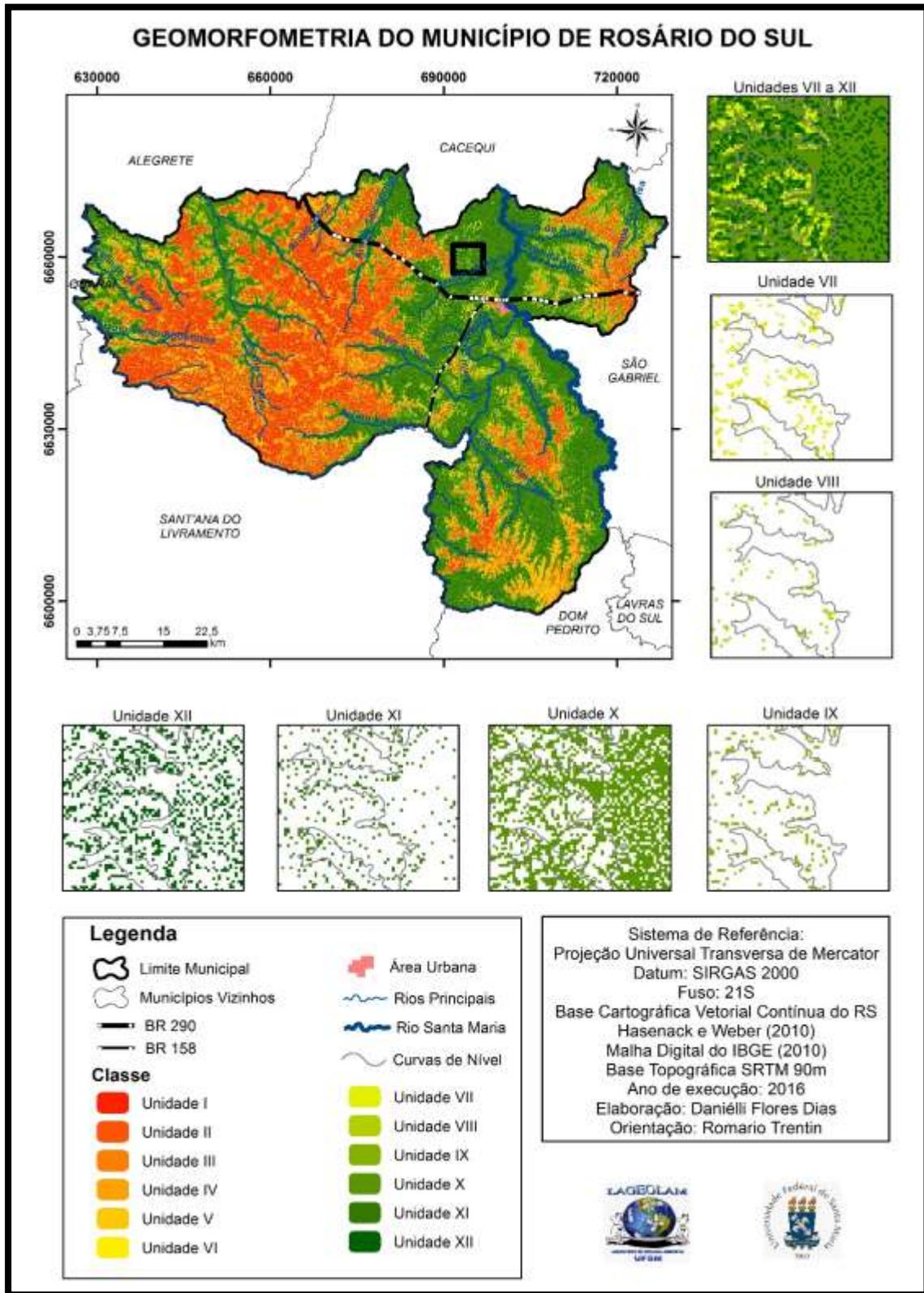
◆ *Unidade V*

Ocorre principalmente nas porções mais elevadas do município, com destaque para as porções nordeste, oeste e sul. Caracteriza-se por apresentar altitudes maiores que a média, declividades inferiores a 5% e perfil de curvatura de caráter côncavo, todavia, nessas áreas os processos de acumulação não ocorrem de maneira significativa, em decorrência do plano de curvatura apresentar caráter divergente. Essa unidade representa 3,10% da área do município.

◆ *Unidade VI*

Representa 2,06% do total da área de estudo, sendo a unidade geomorfométrica menos expressiva do município. Assim como nas unidades anteriores, ocorre principalmente nas áreas mais elevadas do município, destacando-se nas porções centro, nordeste e sul. Caracteriza-se por apresentar altitudes maiores que a média, declividades inferiores a 5%, perfil de curvatura convexo e plano de curvatura divergente. Dessa forma, pode-se considerar que ocorre um aumento da energia de fluxo, porém, pelas baixas declividades, os processos erosivos são atenuados.

Figura 21 - Representação geomorfométrica do município de Rosário do Sul, com destaque para as unidades VII a XII.



Fonte: Elaborado pela autora (2016).

◆ *Unidade VII*

Representa 5,95% da área total do município e ocorre principalmente nas porções mais rebaixadas, correspondendo ao centro, nordeste e sul. Caracteriza-se por apresentar perfil de curvatura de caráter côncavo e convexo, plano de curvatura convergente e declividades superiores a 5%, o que pode ocasionar a formação de canais de concentração de água, além de possíveis processos morfogenéticos de erosão.

◆ *Unidade VIII*

Assim como na Unidade VII, ocorre nas porções centro, nordeste e sul, representando 4,88% do total da área de estudo. Caracteriza-se por apresentar perfil de curvatura côncavo e plano de curvatura de caráter divergente, o que faz com que ocorra a diminuição da energia e a dissipação do fluxo na vertente, além da possibilidade de ocorrência de processos erosivos, em virtude das declividades serem superiores a 5%.

◆ *Unidade IX*

Ocorre principalmente nas porções centro, nordeste, noroeste e sul e representa 2,78% do total da área de estudo. Caracteriza-se por apresentar perfil de curvatura convexo, plano de curvatura de caráter divergente e declividades superiores a 5%. Dessa forma, ocorre o predomínio dos processos morfogenéticos de erosão, além do aumento da energia e a dissipação do fluxo de água.

◆ *Unidade X*

Representando um total de 28,07%, essa é a unidade geomorfométrica mais expressiva no município de Rosário do Sul. Ocorre predominantemente nas áreas próximas as drenagens. Caracteriza-se por apresentar perfil de curvatura de caráter côncavo e convexo, declividades inferiores a 5% e plano de curvatura convergente, fazendo com que a concentração do fluxo de água se acumule na base da vertente.

◆ *Unidade XI*

Assim como a Unidade X, ocorre predominantemente nas áreas mais baixas do município, correspondendo a planície de inundação dos segmentos fluviais da área de estudo. Caracteriza-se por apresentar declividades inferiores a 5%, perfil de curvatura côncavo e plano de curvatura divergente, fazendo com que ocorra uma diminuição de energia do fluxo divergente. Essa unidade representa 5,72% do total da área de estudo.

◆ *Unidade XII*

Essa unidade representa 17,80% do total da área de estudo e ocorre nas áreas mais baixas do município, correspondendo a planície de inundação dos principais segmentos fluviais. Caracteriza-se por apresentar declividades inferiores a 5%, perfil de curvatura convexo e plano de curvatura divergente, fazendo com que ocorra um aumento da velocidade do fluxo em direção a base da vertente, porém com fluxo divergente.

5.2.5 Unidades de Relevô

O município de Rosário do Sul apresenta uma grande diversidade com relação as formas de relevo, pois na área de estudo, encontra-se desde áreas planas próximo as principais drenagens até morros e morrotes isolados que compõem a Serra do Caverá. Diante disso, foram identificadas e caracterizadas seis unidades de relevo que foram quantificada na Tabela 13 e podem ser visualizadas na Figura 22.

Tabela 13 - Quantificação das unidades de relevo.

Classes	Área (km²)	Área (%)
Áreas Planas	1.184,39	27,11
Colinas Levemente Onduladas	910,16	20,83
Colinas Onduladas	1.764,65	40,39
Colinas de Altitude	103,26	2,36
Associação de Morros e Morrotes	364,32	8,33
Morros e Morrotes Isolados	42,54	0,98
Total	4.369,32	100

◆ *Áreas Planas*

Representam 27,11% do total da área de estudo, essa unidade caracteriza-se por apresentar altitudes inferiores a 120 metros e declividades inferiores a 2%, sendo comumente associada as planícies de inundação e as áreas próximas dos principais afluentes do Rio Santa Maria, onde as litologias são constituídas por depósitos recentes (depósitos aluviais) e os solos são identificados como hidromórficos.

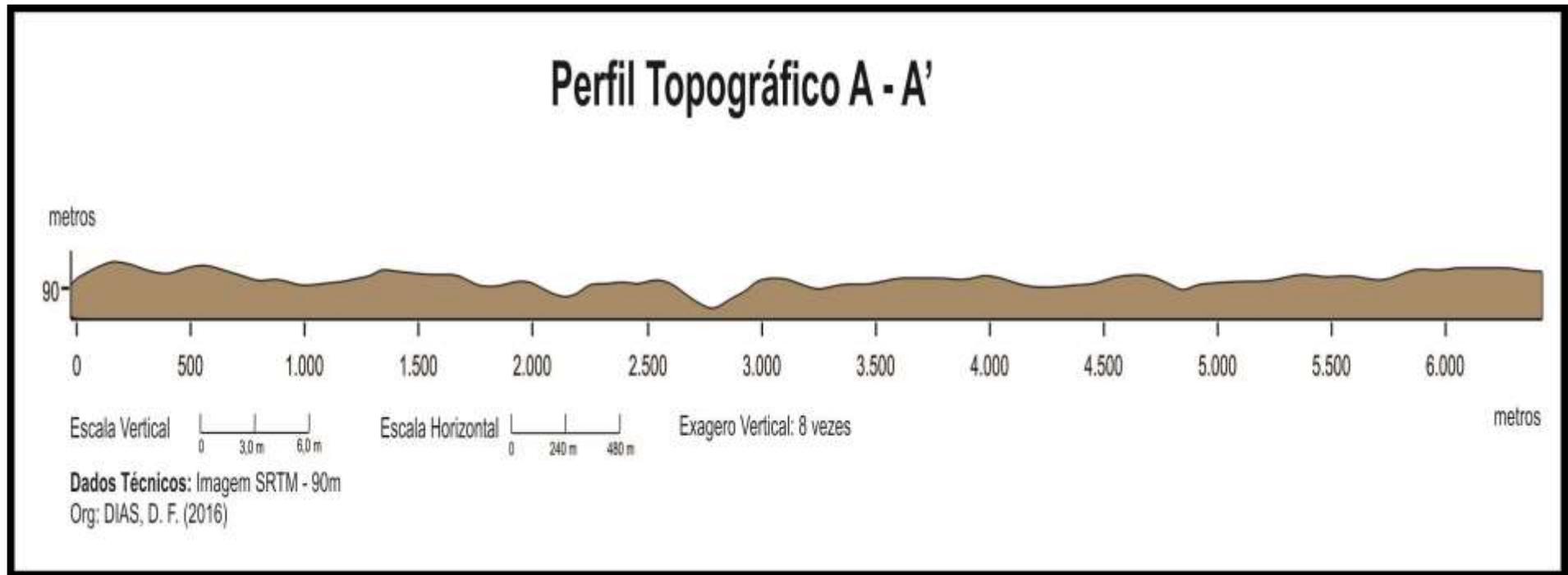
Na Figura 23 é possível observar um perfil topográfico traçado na área que corresponde a várzea do Rio Santa Maria e que demonstra o comportamento dessa unidade de relevo no município de Rosário do Sul.

◆ *Colinas Levemente Onduladas*

Essa unidade de relevo representa 20,83% do total da área do município de Rosário do Sul. Caracteriza-se por apresentar altitudes entre 120 e 200 metros, declividades entre 2 e 5%, interflúvios amplos, litologias constituídas por arenitos e solos predominantemente profundos. Essa forma de relevo é responsável por demarcar o limite em que os processos deposicionais são superados pelos degradacionais, onde ocorre o surgimento de incisões lineares, como sulcos, ravinas e até voçorocas.

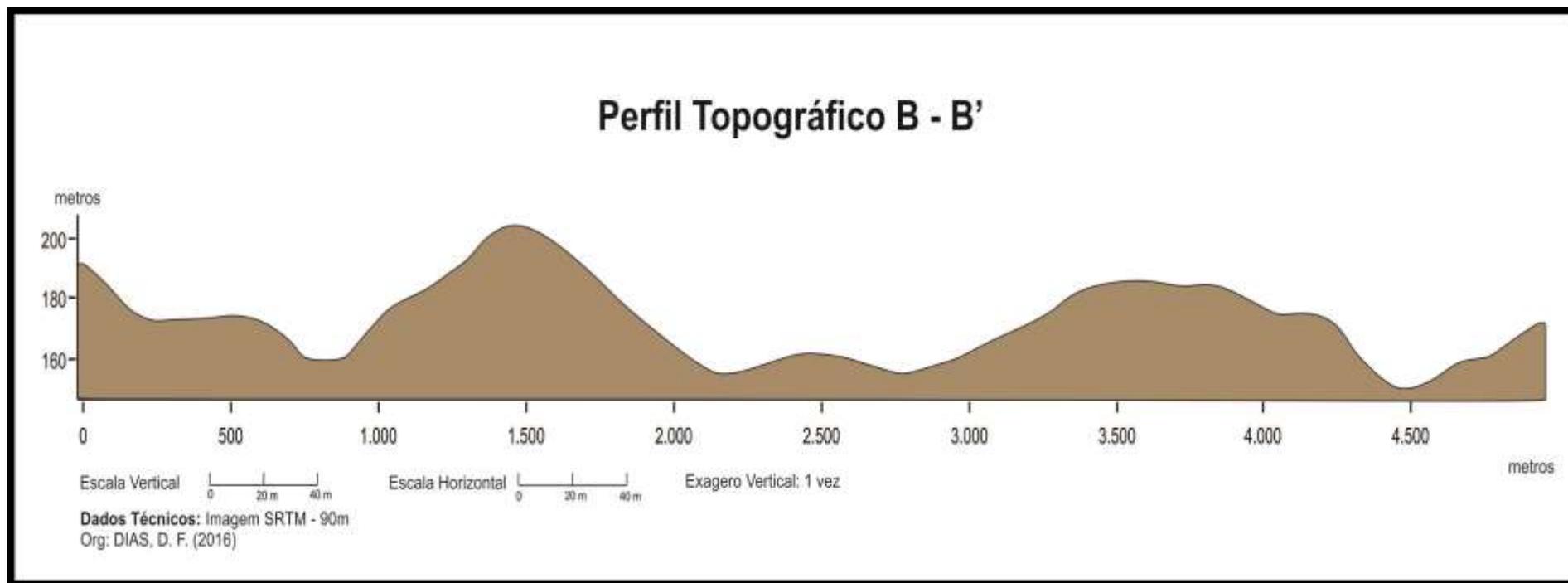
Na Figura 24 é possível observar um perfil topográfico traçado na área que corresponde ao divisor de águas do Arroio do Salso e o Arroio Vacaquá, com o intuito de demonstrar o comportamento dessa unidade de relevo no município de Rosário do Sul.

Figura 23 – Representação das áreas planas no município de Rosário do Sul.



Fonte: Elaborado pela autora (2016).

Figura 24 - Representação das colinas levemente onduladas no município de Rosário do Sul.



Fonte: Elaborado pela autora (2016).

◆ *Colinas Onduladas*

Representando 40,39% do total da área do município de Rosário do Sul, essa é a unidade de relevo com maior expressividade na área de estudo. Caracteriza-se por apresentar altitudes entre 120 e 220 metros, declividade entre 5 e 15%, interflúvios curtos, litologias constituídas por arenitos com algumas porções em rochas vulcânicas e solos predominantemente profundos. Essas colinas são responsáveis por marcarem o limite para a mecanização agrícola.

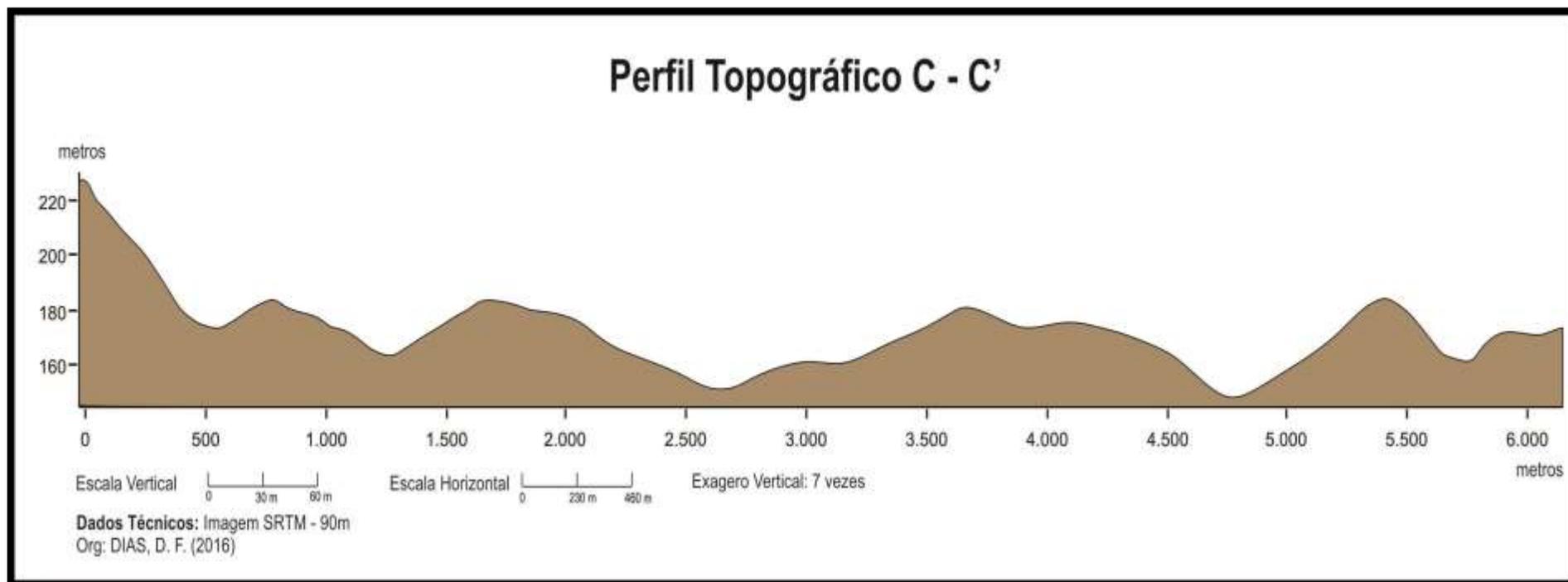
Na Figura 25 observa-se um perfil topográfico traçado em uma área próxima ao Arroio Vacaquá (porção sudoeste do município), com o objetivo de demonstrar o comportamento dessa unidade de relevo na área de estudo.

◆ *Colinas de Altitude*

Essa unidade representa 2,36% do total da área de estudo. Caracteriza-se por apresentar altitudes superiores a 200 metros, declividades entre 5 e 15%, interflúvios curtos, litologias constituídas por rochas vulcânicas e solos rasos.

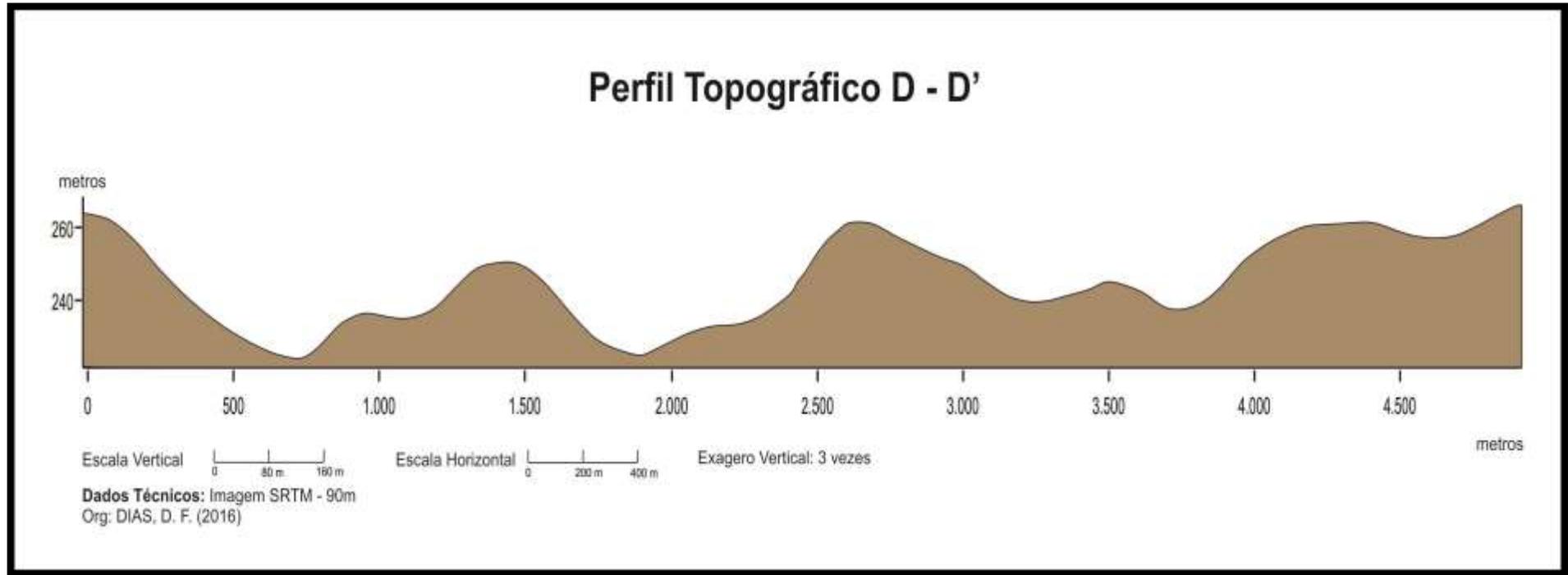
Na Figura 26 é possível observar um perfil topográfico traçado em uma área próxima ao Arroio Três Lagões (porção sudoeste da área de estudo), que tem como objetivo principal demonstrar o comportamento dessa unidade de relevo no município de Rosário do Sul.

Figura 25 - Representação das colinas onduladas no município de Rosário do Sul.



Fonte: Elaborado pela autora (2016).

Figura 26 - Representação das colinas de altitudes no município de Rosário do Sul.



Fonte: Elaborado pela autora (2016).

◆ *Associação de Morros e Morrotes*

Representando 8,33% da área total do município, essa unidade de relevo é constituída principalmente pela Serra do Caverá, que são áreas de grandes elevações que estende-se desde as proximidades da cidade de Alegrete na porção mais a leste, até o município de Santana do Livramento, sendo que alguns autores consideram que a mesma estende-se ainda pelo território uruguaio. Caracteriza-se por apresentar altitudes superiores a 200 metros, declividades maiores que 15%, ocupadas por vegetação arbóreo-arbustiva de médio a grande porte, litologias constituídas por rochas vulcânicas e solos rasos.

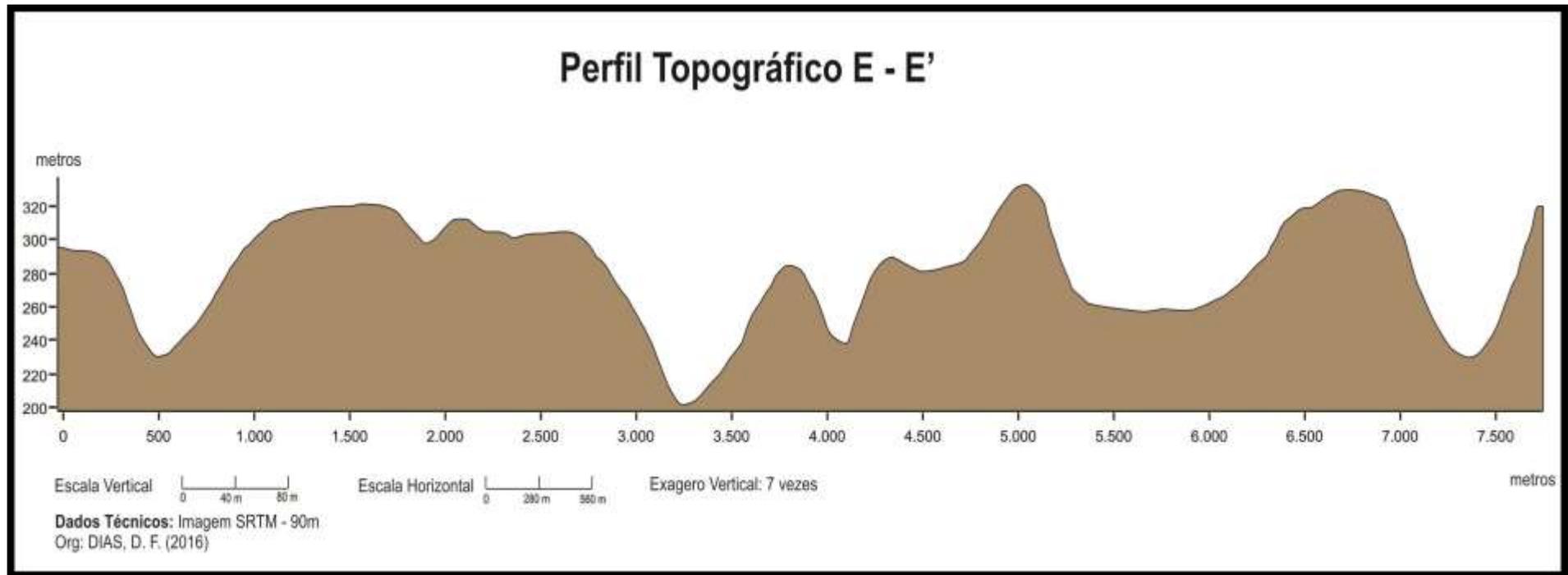
A Figura 27 representa um perfil topográfico traçado na Serra do Caverá em uma área próxima ao Arroio Saicãzinho e Arroio Touro Passo, que demonstra o comportamento dessa unidade de relevo no município de Rosário do Sul.

◆ *Morros e Morrotes Isolados*

Essa unidade de relevo representa 0,98% do total da área de estudo, sendo essa a classe menos expressiva no município. Caracteriza-se por apresentar altitudes superiores a 200 metros e declividades maiores que 15%. Cabe destacar que os morros e morrotes isolados fazem parte da Serra do Caverá, todavia, eles são responsáveis por demarcarem a evolução dos processos erosivos sobre as áreas elevadas topograficamente.

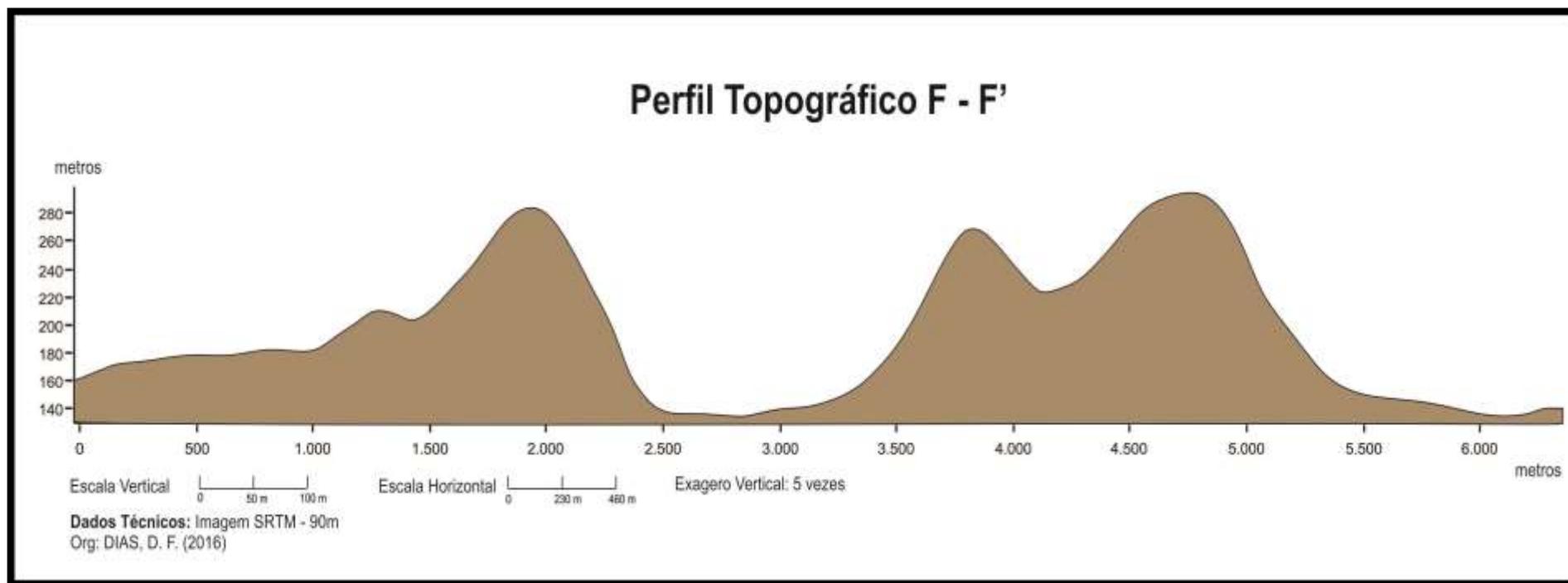
A Figura 28 representa um perfil topográfico traçado em uma área de morros (amplitude altimétrica entre 120 e 140 metros) isolados nas proximidades da Serra do Caverá e do Arroio Saicãzinho, que teve como objetivo demonstrar o comportamento dessa unidade de relevo na área de estudo.

Figura 27 - Representação da associação de morros e morrotes no município de Rosário do Sul.



Fonte: Elaborado pela autora (2016).

Figura 28 - Representação dos morros isolados no município de Rosário do Sul.



Fonte: Elaborado pela autora (2016).

◆ *Cornijas de Arenito*

São feições lineares abruptas encontradas em algumas porções do município de Rosário do Sul e localizam-se próximas aos topos de colinas com inclinação superior a 10%. Consistem em porções de arenito mais cimentadas e quando a sua orientação é voltada para o sul, apresenta vegetação arbórea entremeada as fraturas de arenito (SCCOTI, 2015).

As cornijas (Figura 29) apresentam tamanhos variados e são formados por afloramentos em formas de blocos de rochas areníticas de origem eólica e/ou fluvial que resistiram na topografia, devido a concentração dos ligantes como sílica e óxido de ferro que dão coesão as rochas e oferecem uma maior resistência as camadas.

Cabe salientar ainda que o que diferencia a cornija de um morrote isolado, é que o morrote consiste em uma elevação com encostas inclinadas. Já a cornija é uma feição na forma de degrau na meia encosta onde ocorre o afloramento de rochas.

Figura 29 - Cornija de arenito encontrada na porção norte do município.



Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 27 de outubro de 2015.

5.3 ANÁLISE DAS LITOLOGIAS

As litologias encontradas no município de Rosário do Sul foram definidas como rochas vulcânicas e sedimentares, pertencentes a Bacia do Paraná e os depósitos recentes do Rio Santa Maria. Conforme Milani (2002), a Bacia do Paraná é uma vasta região sedimentar da América do Sul que abriga um conjunto de rochas com idade entre o Neo-Ordoviciano e o Neocretáceo.

Cabe destacar que as litologias são avaliadas seguindo algumas características, como a textura, a cor, ambiente de formação, o comportamento frente aos processos intempéricos e erosivos e os aspectos gerais dos afloramentos.

O município de Rosário do Sul apresenta um grande diversidade com relação a distribuição, pois na área de estudo, encontra-se desde áreas de depósitos recentes até rochas vulcânicas e sedimentar com diferentes fácies e formações.

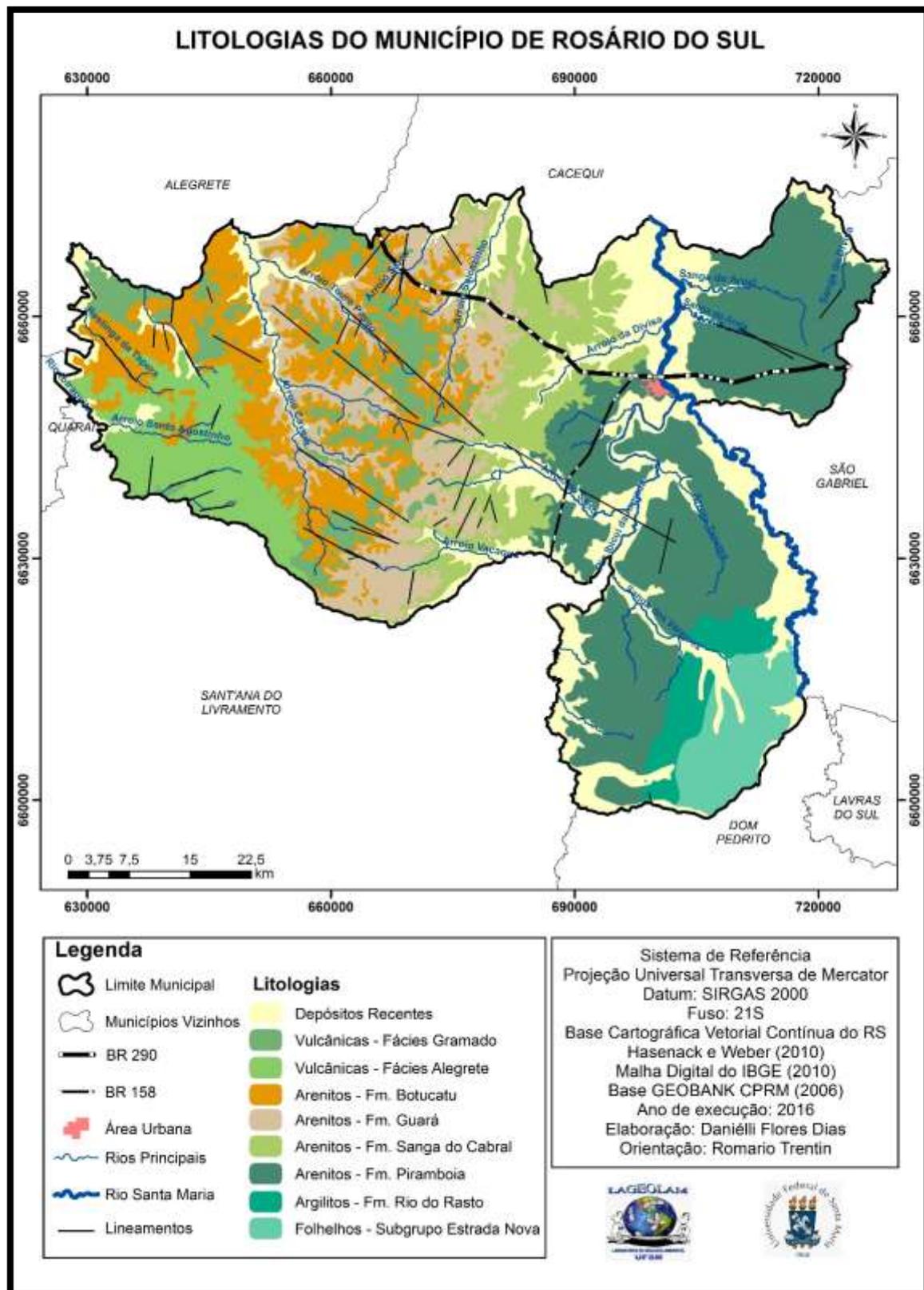
Com base nisso, a quantificação das litologias e a espacialização das mesmas no município de Rosário do Sul, podem ser visualizadas na Tabela 14 e na Figura 30, respectivamente.

Tabela 14 - Quantificação das litologias.

Litologias	Área (km²)	Área (%)
Depósitos Recentes	904,09	20,69
Vulcânicas – Fácies Gramado	287,49	6,58
Vulcânicas – Fácies Alegrete	313,21	7,17
Arenitos – Fm. Botucatu	613,75	14,04
Arenitos – Fm. Guará	507,58	11,62
Arenitos – Fm. Sanga do Cabral	374,72	8,57
Arenitos – Fm. Piramboia	1.078,39	24,69
Argilitos – Fm. Rio do Rasto	116,43	2,66
Folhelhos – Subgrupo Estrada Nova	173,66	3,98
Total	4.369,32	100

Fonte: Elaborado pela autora (2016).

Figura 30 - Distribuição das litologias na área de estudo.



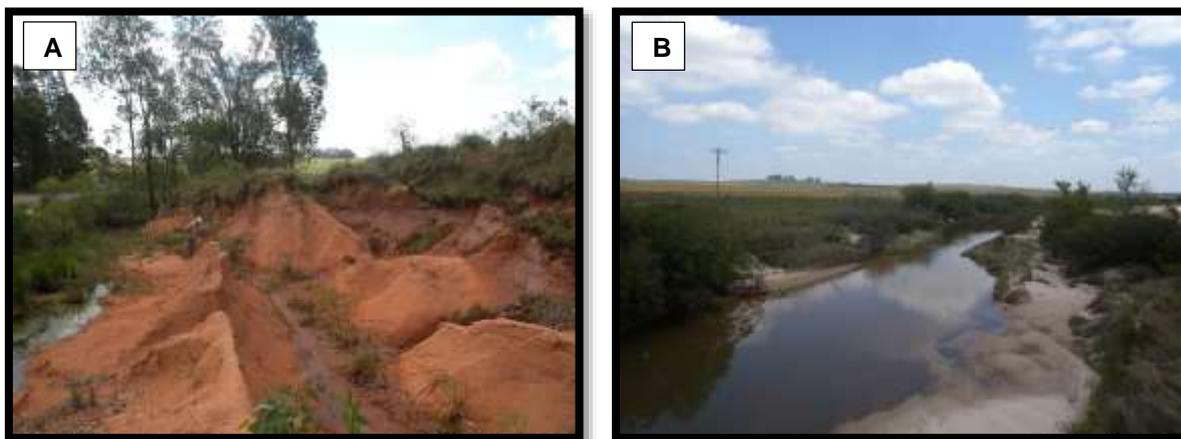
Fonte: Elaborado pela autora (2016).

5.3.1 Depósitos Recentes

As sequências litológicas mais recentes da área de estudo, pertencem a Era Cenozoica e ocorrem nas áreas de acumulação, junto a planície de inundação dos principais cursos d'água (Arroio Caverá, Arroio da Divisa, Nascentes do Rio Ibirapuitã e o Rio Ibicuí da Armada) e nas proximidades do Rio Santa Maria juntamente com os seus afluentes. Estes depósitos (representados pela Figura 30) representam 20,69% da área total do município.

Os depósitos recentes (também chamados de depósitos aluviais) e os depósitos de barra de meandro são compostos por areias grossas, areias arcoseanas, argila, cascalhos, conglomerados e siltes e são encontrados em um relevo de planícies onde as altitudes não ultrapassam os 120 metros e as declividades são menores que 2%.

Figura 31 - Área com depósitos aluviais na porção nordeste do município; (B) Depósitos recentes no Arroio Sanga do Areal.



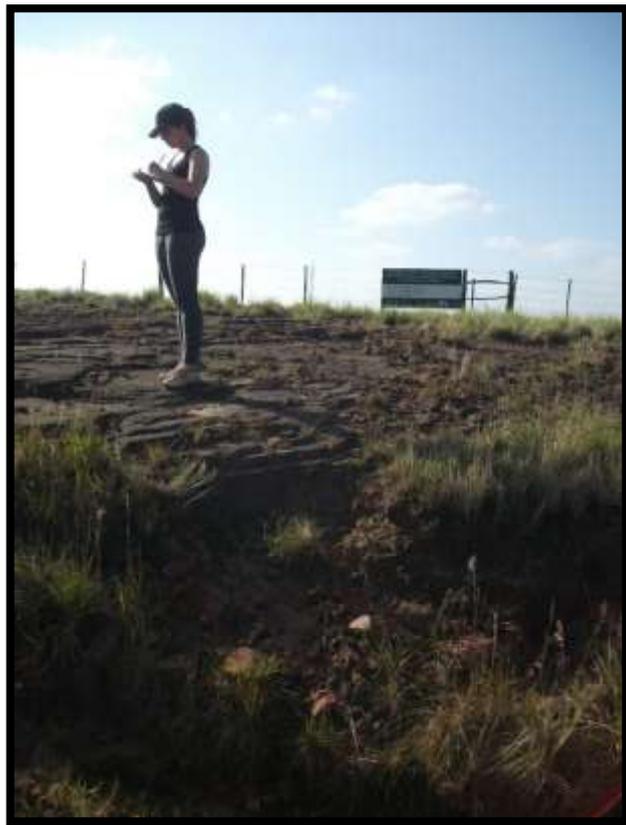
Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 27 de outubro de 2015.

5.3.2 Rochas Vulcânicas

A sequência de rochas vulcânicas identificadas no município de Rosário do Sul da Formação Serra Geral, pertencem ao Grupo São Bento e são originadas a partir dos derrames provenientes do vulcanismo fissural ocorrido na Bacia do Paraná e que datam da Era Mesozoica, correspondendo ao período do Cretáceo.

No município de Rosário do Sul, as rochas vulcânicas (Figura 32) abrangem a porção oeste da área de estudo e representam 13,78% da área do município de Rosário do Sul. Conforme a CPRM (2007), as rochas vulcânicas apresentam composições ácidas e básicas com textura afanítica, e na área de estudo são classificadas em duas unidades: Alegrete e Gramado.

Figura 32 - Contato de Rocha Vulcânica com topo de Arenito Botucatu.



Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 27 de outubro de 2015.

◆ *Fácies Alegrete*

Conforme as propostas estabelecidas pela CPRM (2007) essa litologia é caracterizada pela presença de derrames de composição intermediária a ácida, com frequentes texturas de fluxo e autobrechas no topo e na base dos derrames. Essa unidade representa 7,17% do total da área do município de Rosário do Sul e corresponde a uma faixa isolada na porção oeste, composta pelas colinas de altitudes.

◆ *Fácies Gramado*

Por sua vez, as rochas vulcânicas da *Fácies Gramado* são constituídas por derrames de basaltos granulares finos a médios, com coloração que varia do cinza ao preto, com horizontes vesiculares de topo preenchidas por zeolitas, carbonatos, apofilitas e saponita. Possuem estruturas de fluxo e do tipo *pahoehoe* e intercalações de arenitos intertrápicos similares a Formação Botucatu (CPRM, 2007).

Essa unidade litológica representa 6,58% do total da área de estudo e ocorrem nas porções noroeste, oeste e sudoeste da área estudo, principalmente na área que corresponde a Serra do Caverá e os morros e morrotes isolados dessa feição.

5.3.3 Rochas Sedimentares

As sequências litológicas mais antigas da área de estudo, pertencem as Eras Mesozoica e Paleozoica e ocorrem principalmente em toda a faixa leste do município e em algumas porções no centro-oeste e a noroeste da área de estudo. As rochas sedimentares representam 65,56% da total da área de estudo, sendo assim, a sequência litológica com maior expressividade no município de Rosário do Sul.

◆ *Formação Botucatu*

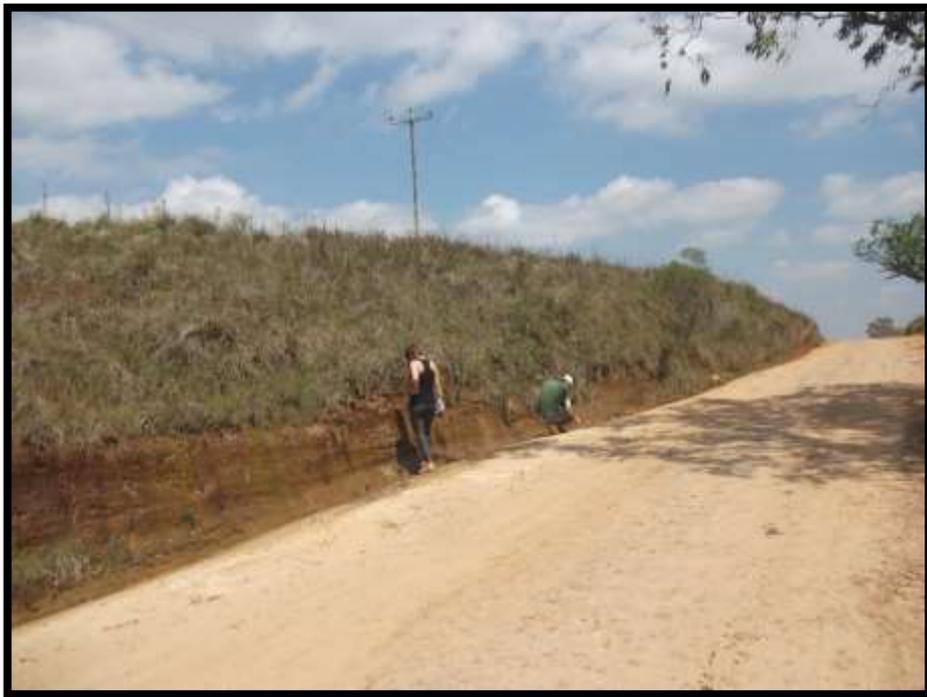
A designação “Arenito Botucatu” foi dada por Gonzaga de Campos (1889, apud TRENTIN, 2007) para aqueles arenitos que apresentam estratificação cruzada de larga escala e que encontram-se soterrados ou intercalados nas lavas basálticas da Formação Serra Geral. Essa formação pertence a Era Mesozoica e corresponde ao período do Jurássico.

Pertencente ao Grupo São Bento, a Formação Botucatu é constituída por arenitos médios a finos, conglomeráticos, com grãos arredondados ou sub-arredondados e bem selecionados. Apresentam cor cinza-avermelhado e frequentemente ocorre a presença de cimento silicoso ou ferruginoso. De forma bastante comum, esses arenitos são encontrados entremeados a derrames vulcânicos, sendo conhecidos como arenitos intertrápicos que são altamente silicificados. Nesse sentido, define que os *intertraps* constituem camadas de arenito com espessura podendo chegar até os 10 metros, com granulometria variando de fina

a grossa, predominantemente quartzoso, e em alguns pontos específicos predomina uma maior concentração da fração argila.

No município de Rosário do Sul, os arenitos pertencentes a Formação Botucatu localizam-se predominantemente na porção noroeste da área de estudo, conforme mostra a Figura 33, contemplando a sub-bacia do Arroio Caverá, e em menor intensidade, as sub-bacias do Arroio Saicã, Nascentes do Rio Ibirapuitã e do Rio Santa Maria. Essa litologia representa 14,04% da área do município de Rosário do Sul.

Figura 33 - Afloramento de Arenito Botucatu na porção noroeste do município.



Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 27 de outubro de 2015.

◆ *Formação Guará*

Conforme as discussões propostas por Scherer et al (2002), a Formação Guará é uma sequência sedimentar constituída por arenitos finos e conglomeráticos de origem fluvial, predominando cores esbranquiçadas e amareladas.

Pertencente a idade Mesozoica, essa sedimentação ocorreu no final do Jurássico e, de acordo com esses autores, as camadas da Formação Guará são correlacionáveis as da Formação Tacuarembó no Uruguai (Jurássico

Superior/Cretáceo Inferior). Ocorrem na porção sudoeste do Rio Grande do Sul, abaixo da Formação Botucatu (Cretáceo Inferior) e acima da Formação Sanga do Cabral (Triássico Inferior).

Os grânulos por vezes são cimentados por sílica, agregando uma maior resistência da rocha frente aos processos intempéricos e erosivos. Existem também porções pouco cimentadas ou cimentadas com óxido de ferro, onde essas são friáveis, formando pacotes espessos de rocha alterada e, com isso, alguns locais apresentam potencial alto a processos erosivos acelerados, como ravinas e voçorocas.

Na área de estudo, os arenitos pertencentes a Formação Guará (Figura 34) localizam-se na porção centro-oeste do município de Rosário do Sul, na faixa de transição entre a área que corresponde a Serra do Caverá e as porções menos elevadas do relevo, contemplando as sub-bacias do Arroio Caverá, Saicã e do Rio Santa Maria. Essa unidade representa 11,62% do total da área de estudo.

Figura 34 - Afloramento de Arenito Guará na porção centro-oeste do município.



Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 27 de outubro de 2015.

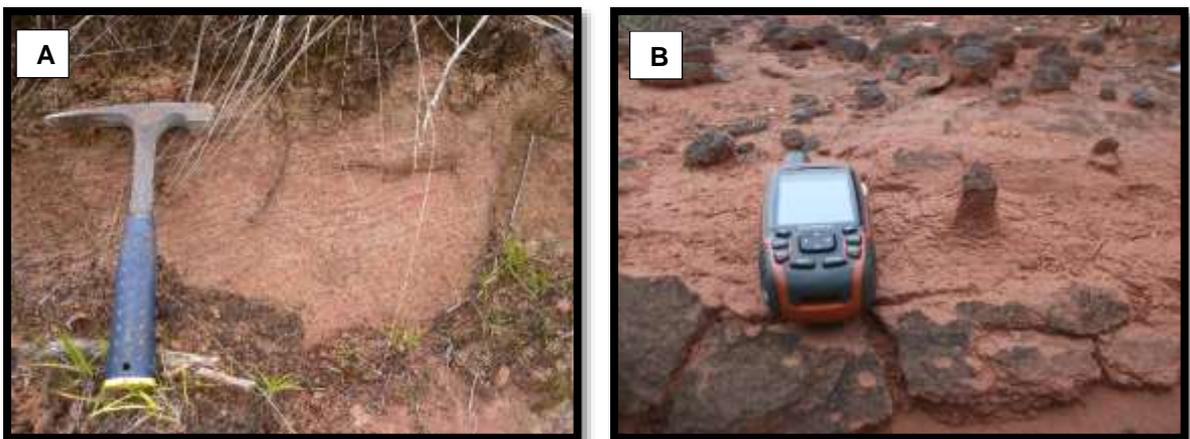
◆ *Formação Sanga do Cabral*

A Formação Sanga do Cabral caracteriza-se por apresentar uma base composta por conglomerados intraformacionais e arenitos conglomeráticos, mal selecionados, com estratificação cruzada acanalada e planar de pequeno a médio porte. Associadas com essas unidades ocorrem arenitos finos com laminação plano-paralela, cujas características sugerem um sistema fluvial entrelaçado (SCHERER et al, 2002).

Pertencentes a Era Mesozoica e datando do período que corresponde ao Triássico Inferior, os arenitos dessa formação constituem a unidade basal do Grupo Rosário do Sul e apresentam coloração avermelhada e possuem como característica fundamental a vasta presença de fragmentos de mica, denominando assim, como “arenito micáceo”, conforme representa a Figura 35.

No município de Rosário do Sul, essa litologia insere-se na porção centro-oeste da área de estudo em uma área de relevo predominantemente caracterizado por colinas levemente onduladas e contempla as sub-bacias do Arroio da Divisa e do Rio Santa Maria. Essa litologia representa 8,57% do total da área do município de Rosário do Sul.

Figura 35 - (A) Arenito micáceo da Formação Sanga do Cabral; (B) Presença de demoiselles no arenito micáceo.



Fonte: Trabalho de campo realizado do dia 27 de outubro de 2015.

◆ *Formação Piramboia*

A Formação Piramboia é constituída por litologias predominantemente arenosas, friáveis e espessas e com uma quantidade reduzida de afloramentos bem preservados (CPRM, 2007).

Pertencentes a Era Paleozoica no período que corresponde ao Permiano, essa formação é constituída por arenitos de ambiente fluvial médios a finos, siltosos, com coloração que varia do branco até o avermelhado, apresentando estratificações cruzadas acanaladas de baixo ângulo e sigmodais, bem como estratificações cruzadas planares e laminações plano-paralelas (Figura 36).

Figura 36 - Afloramento de Arenito Piramboia na porção leste do município.



Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 27 de outubro de 2015.

Destaca-se ainda que os arenitos da Formação Piramboia são em geral pouco cimentados, sendo raras as porções com cimento silicoso e, quando existentes, essas mantêm porções elevadas com afloramento rochosos no topo das colinas.

No município de Rosário do Sul, essa unidade litológica localiza-se na porção leste da área de estudo, em uma área de relevo predominantemente caracterizado

por colinas onduladas, contemplando as sub-bacias do Arroio da Divisa e do Rio Santa Maria. A Formação Piramboia representa 24,64%, sendo assim a unidade litológica mais expressiva na área de estudo.

◆ *Formação Rio do Rasto*

Pertencente ao Grupo Passa Dois, essa formação ocorre em contato concordante com a Formação Piramboia e discordante com o Subgrupo Estrada Nova. Litologicamente, a Formação Rio do Rasto é constituída por camadas tabulares de arenitos finos a muito finos avermelhados, violáceos ou esbranquiçados, intercalados com argilitos e siltitos de mesma coloração. As estruturas sedimentares presentes nessa formação, com estratificação cruzada e paralela e formas lenticulares de corpos arenosos identificam a deposição de paleoambiente continental sob o clima oxidante (CPRM, 2007). Essa formação pertence a Era Paleozoica e corresponde ao período do Permiano.

Na área de estudo, essa litologia localiza-se na porção sul do município em uma área com relevo composto por colinas onduladas e contempla a sub-bacia do Rio Santa Maria. A Formação Rio do Rasto representa 2,66% do total da área do município de Rosário do Sul.

◆ *Subgrupo Estrada Nova*

Segundo as proposições de Schneider et al (1974) essa unidade data do Permiano Superior e seu ambiente deposicional é de transição entre o marinho de águas calmas passando para um ambiente com maior energia dominado pela ação das mares do topo.

Ainda conforme esses autores, essa unidade está representada por siltitos, argilitos e folhelhos com intercalações milimétricas de arenitos muito finos, que geralmente são bastante alterados. Localmente predominam níveis mais argilosos, sem laminações evidentes de cor cinza claro e oxidações amarelo-laranja-avermelhado.

No município de Rosário do Sul, essa litologia localiza-se na porção sul em uma área composta por colinas onduladas que contempla a sub-bacia do Rio Santa Maria.

O Subgrupo Estrada Nova representa 3,98% do total da área do município de Rosário do Sul.

5.4 ANÁLISE DOS SOLOS

O município de Rosário do Sul apresenta uma grande variedade de formas de relevo e de litologias, que são responsáveis pela grande variedade de solos encontrados na área de estudo. A partir disso, foram identificadas oito classes de solos (Argissolos, Chernossolos, Luvisolos, Vertissolos, Neossolos, Gleissolos e Planossolos) que foram agrupados em três grupos: Solos Profundos, Solos Rasos e Solos Hidromórficos.

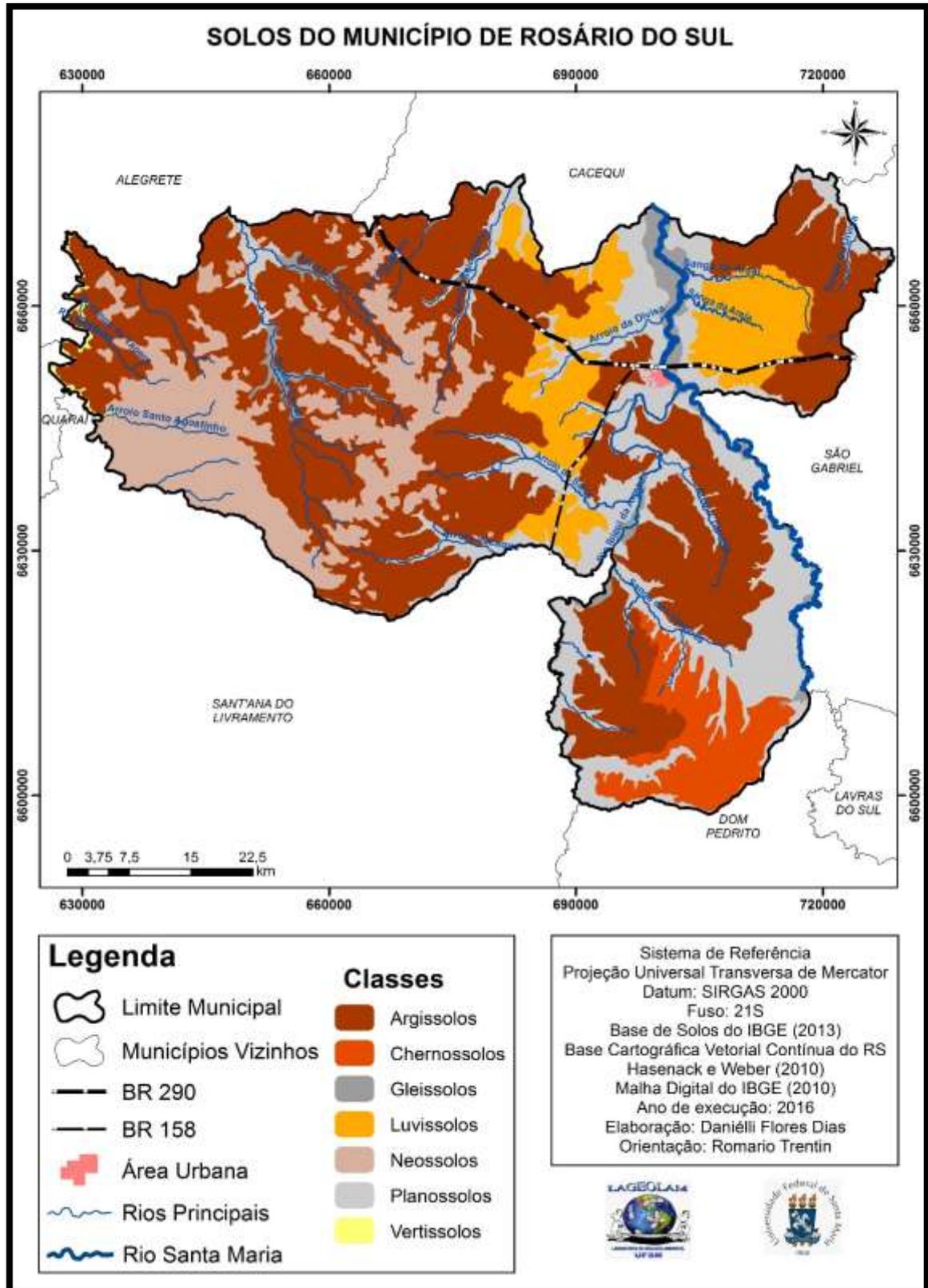
Com isso, a quantificação de cada classe de solo e a espacialização das mesmas no município de Rosário do Sul, podem ser visualizadas na Tabela 15 e na Figura 37, respectivamente.

Tabela 15 - Quantificação das classes de solos.

Tipo	Classes	Área (km²)	Área (%)
Solos Profundos	Argissolos	2.093,52	47,91
	Chernossolos	214,31	4,90
	Luvisolos	391,22	8,95
	Vertissolos	17,66	0,43
Solos Rasos	Neossolos	674,62	15,43
Solos	Gleissolos	140,81	3,22
Hidromórficos	Planossolos	837,18	19,16
Total		4.369,32	100

Fonte: Elaborado pela autora (2016).

Figura 37 - Distribuição das classes de solos na área de estudo.



Fonte: Elaborado pela autora (2016).

5.4.1 Solos Profundos

Os solos profundos estão associados as colinas suavemente onduladas e onduladas com substrato litológico composto por arenitos pouco cimentados, que permitem o desenvolvimento de perfis de solo espessos. No município de Rosário do Sul é possível encontrar quatro classes de solos profundos: Argissolos, Chernossolos, Luvisolos e Vertissolos.

◆ *Argissolos*

De acordo com Streck et al (2002) o termo “Argissolo” deriva da presença de um horizonte subsuperficial mais argiloso no perfil. São solos geralmente profundos a muito profundos, bem drenados e apresentam tipicamente um perfil com gradiente textural, onde o horizonte B sempre é mais argiloso em comparação aos horizontes A ou A+E. Originam-se dos mais diversos tipos de rochas, como os basaltos, granitos, arenitos e outros sedimentos.

Conforme esses autores, com relação as aptidões aos usos agrícolas, os Argissolos podem apresentar limitações físicas devido a sua baixa fertilidade natural, forte acidez e alta saturação por alumínio. Frente a isso, devido a acidez e a baixa fertilidade natural, os Argissolos exigem investimentos em corretivos e fertilizantes para alcançar rendimentos satisfatórios, seja em áreas de campos nativos ou lavouras.

Na área de estudo, os Argissolos localizam-se nas porções centro, leste, nordeste, noroeste (maior predominância), oeste, sudoeste e sul, principalmente nas áreas que correspondem as nascentes do Arroio Caverá e o Arroio Saicã. Esse tipo de solo representa 47,91%, sendo assim, a classe de solo com maior expressividade no município.

◆ *Chernossolos*

O termo Chernossolo lembra solos escuros com alta fertilidade química. São solos rasos a profundos, apresentando no perfil uma sequência de horizontes A-B-C e caracterizam-se por apresentar razoáveis teores de matéria orgânica, o que confere cores escuras ao horizonte superficial.

Com relação as aptidões ao uso agrícola, esses solos ocupam áreas em relevo ondulado a fortemente ondulados, o que dificulta a mecanização, exigindo práticas conservacionistas intensivas. Oferecem condições para o uso com culturas anuais, fruticultura, pastagem e reflorestamento.

Na área de estudo, os Chernossolos localizam-se no extremo sul do município, nas áreas que correspondem aos afluentes do rio Ibicuí da Armada. Esse tipo de solo corresponde a 4,90% do total da área do município de Rosário do Sul.

◆ *Luvissolos*

O termo Luvissolo significa acumulação subsuperficial de argila. São solos poucos profundos, bem a imperfeitamente drenados, onde o horizonte B pode ser do tipo B textural ou B nítico e apresentam boa fertilidade natural (STRECK et al, 2002).

Com relação as aptidões aos usos agrícolas, os Luvissolos apresentam aptidão regular para culturas anuais devido as limitações quanto ao armazenamento de água para as plantas e o uso de implementos agrícolas, exigem práticas conservacionistas intensivas.

No município de Rosário do Sul, os Luvissolos localizam-se nas porções centro, leste e norte nas áreas próximas aos arroios Sanga da Areia, Sanga do Areal e Sanga Santo Antônio e representa 8,95% do total da área de estudo.

◆ *Vertissolos*

De acordo com Streck et al (2002), o termo Vertissolo lembra solos que modificam suas características físicas por meio da expansão e da contração. São solos imperfeitamente ou mal drenados, encontradas em áreas planas a suavemente onduladas. Apresentam perfis pouco profundos de cores escuras ou cinzentas, com horizonte vértico e pequena variação de textura ao longo do perfil.

Com relação a aptidão ao uso agrícola, destaca-se por apresentarem argilas expansivas (esmectitas), os Vertissolos tornam-se duros quando secos, e plásticos e pegajosos quando úmidos, dificultando o uso e o manejo em sistemas de sequeiros anuais.

No município, os Vertissolos localizam-se em uma pequena porção no extremo oeste, nas áreas próximas ao Rio Ibirapuitã e ao Arroio Restinga da Tapera, representando apenas 0,43% da área de estudo.

5.4.2 Solos Rasos

Caracterizam-se por serem porções onde os solos apresentam horizonte mineral incipiente ou inexistente, contendo apenas um horizonte orgânico. Destaca-se também que nesses locais é bastante comum a ocorrência de afloramentos de rochas. No município de Rosário do Sul, é possível observar apenas uma classe de solos rasos: Neossolos.

◆ *Neossolos*

O termo “Neossolo” lembra solos novos e poucos desenvolvidos de formação muito recente encontrados nas mais diversas condições de relevo e drenagem. Conforme Streck et al (2002), no estado do Rio Grande do Sul os Neossolos foram distinguidos em: Neossolos Litólicos quando apresentam um horizonte A ou O sobre a rocha parcialmente alterada (horizonte C) ou a rocha inalterada (camada R); Neossolos Flúvicos quando o horizonte A está assentado sobre os sedimentos fluviais estratificados; Neossolos Quartzarênicos quando o horizonte A está situado sobre os sedimentos muito arenosos, constituído por grãos soltos de quartzo.

Com relação as aptidões ao uso agrícola, os Neossolos Litólicos devido a sua pouca espessura e por ocorrerem em áreas de relevo fortemente ondulado, em geral com pedregosidade e afloramentos de rochas, e por terem baixas tolerâncias de perdas de solo por erosão hídrica, apresentam fortes restrições para as culturais anuais.

Por sua vez, os Neossolos Quartzarênicos constituem ambientes muito frágeis, altamente suscetíveis a erosão hídrica e eólica. Nas áreas com pastagens deve ser evitado o pastoreio excessivo, bem como o pisoteio, pois ambos afetam a cobertura vegetal, favorecendo o processo de erosão eólica.

No município de Rosário do Sul, os Neossolos localizam-se predominantemente na porção oeste, na área que corresponde a Serra do Caverá, assim como nas áreas próximas aos seguintes cursos d’água: Arroio Santo Agostinho,

Arroio Três Lagões, Sanga das Talas e o Rio Ibirapuitã-Chico. Essa classe de solo representa 15,43% do total da área de estudo.

5.4.3 Solos Hidromórficos

Os solos hidromórficos são aqueles que localizam-se principalmente nas áreas próximas a drenagens. Nesses solos, ocorre o predomínio da coloração escura que é em função da presença de matéria orgânica. De uma forma geral, esses solos apresentam como característica geral serem imperfeitamente ou mal drenados. No município de Rosário do Sul, encontra-se duas classes de solos hidromórficos: Gleissolos e Planossolos.

◆ *Gleissolos*

Nas discussões propostas por Streck et al (2002), o termo “Gleissolo” lembra o processo de gleização (redução do ferro) atuante em ambientes alagadiços. Diante disso, define-se que os Gleissolos são solos pouco profundos e muito mal drenados de cor acinzentada ou preta, apresentado em seu perfil uma sequência de horizontes A-Cg ou A-Bg-Cg ou H-Cg, onde os horizontes Bg e Cg são horizontes do tipo glei⁶.

Com relação as aptidões ao uso agrícola, os autores discutem que os Gleissolos são aptos para cultivo com arroz irrigado e, quando drenados, com culturas anuais, como milho, soja, feijão e pastagens. Por sua vez, nos Gleissolos de textura média a drenagem pode ser feita em canais com taludes inclinados, a fim de se evitar o solapamento das paredes.

Na área de estudo, os Gleissolos localizam-se nas porções noroeste, norte e sul, nas áreas que correspondem a planície de inundação do Arroio Caverá e Arroio Touro Passo, Rio Santa Maria e Rio Ibicuí da Armada, respectivamente. Esse tipo de solo corresponde a 3,22% do total da área do município.

⁶ Consiste em um horizonte subsuperficial B, C ou eventualmente superficial A, com espessura >15cm, mal drenado, apresentando cores cinzentas, com ou sem mosqueados (STRECK et al, 2002).

◆ *Planossolos*

Conforme Streck et al (2002), o termo “Planossolo” lembra as áreas planas. Caracterizam-se por serem solos imperfeitamente ou mal drenados, encontrados em áreas de várzea, com relevo plano a suave ondulado. Apresentam perfis com sequência de horizontes A-E-Bt-C, com o horizonte A apresentando geralmente coloração mais escura e o horizonte E coloração mais clara, ambos com textura mais arenosa, apresentando mudança súbita para o horizonte Bt que é mais argiloso. Nesse sentido, destaca-se que essa mudança dos horizontes mais superficiais (A+E) para o horizonte Bt é caracterizada como uma mudança textural abrupta, que distingue os Planossolos dos Gleissolos.

Com relação as aptidões agrícolas, os autores definem que os Planossolos são, geralmente, aptos para o cultivo de arroz irrigado e, com sistemas de drenagem eficientes, também podem ser cultivados com milhos, sojas e pastagens.

No município, os Planossolos localizam-se nas porções centro, leste, noroeste e norte, nas áreas que correspondem as várzeas do Rio Santa Maria, Arroio da Divisa, Arroio Caverá e Arroio Saicã, respectivamente. Essa classe de solo representa 19,16% do total da área de estudo, sendo assim, a segunda classe de solo com maior expressividade.

6 COMPARTIMENTAÇÃO MORFOLITOLÓGICA

*“Terra fértil de ricas colheitas, de rebanhos e verdes cereais,
Tua praia de areias eleitas, lembra imenso lençol de cristais”.*
(Trecho do Hino de Rosário do Sul)

Esse capítulo tem como objetivo apresentar a caracterização das unidades morfolitológicas identificadas no município de Rosário do Sul através da associação das informações do relevo e das litologias. Além disso, também são apresentadas algumas características como as altitudes e os solos predominantes em cada porção.

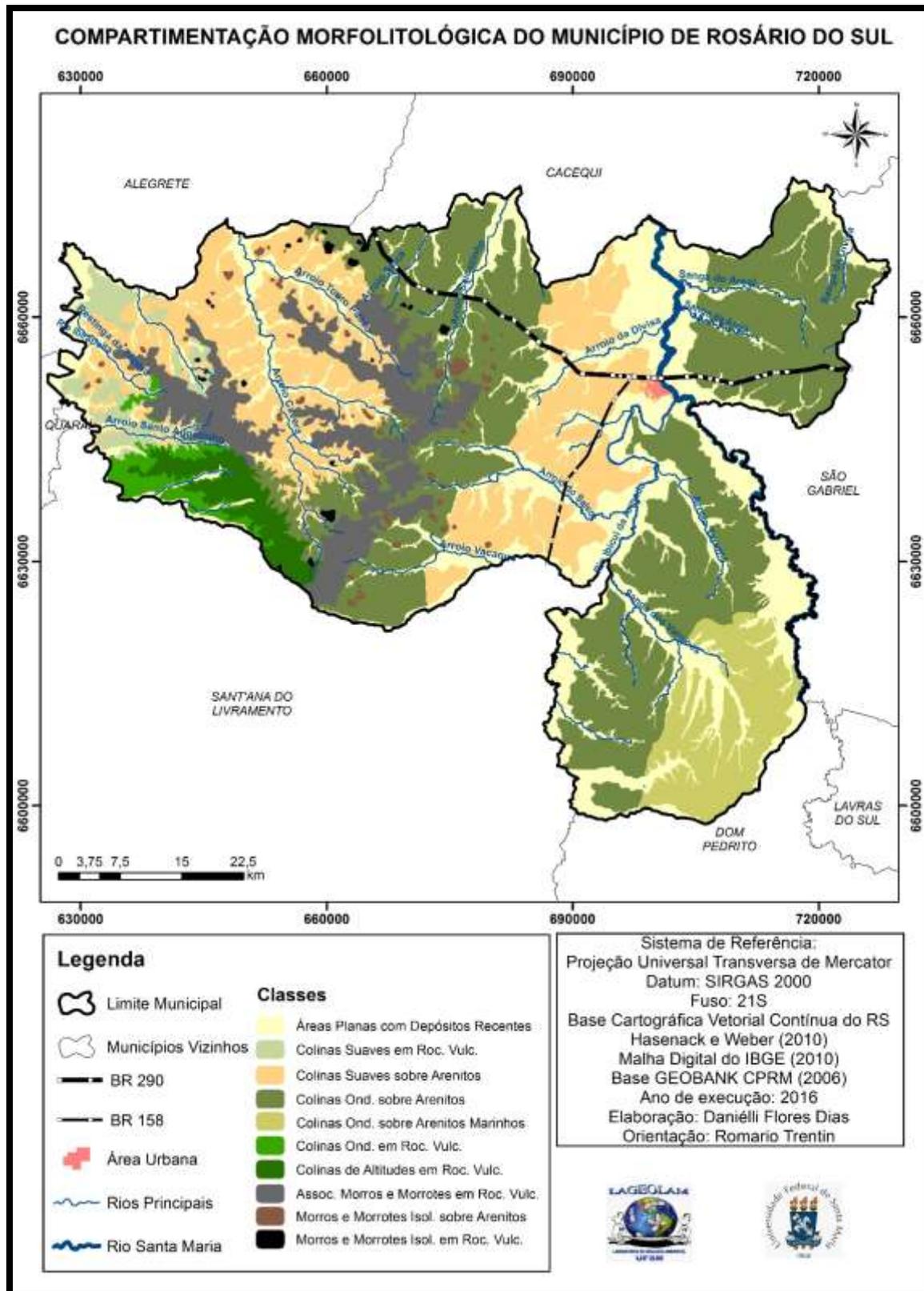
Com base nisso, para o município de Rosário foram definidas dez unidades morfolitológicas que foram quantificadas na Tabela 16, espacializadas na Figura 38 e caracterizadas logo a seguir.

Tabela 16 - Quantificação das unidades morfolitológicas

Classes	Área (km²)	Área (%)
Áreas Planas com Depósitos Recentes	1.184,39	27,11
Colinas Suaves sobre Arenitos	816,62	18,68
Colinas Suaves em Rochas Vulcânicas	93,54	2,15
Colinas Onduladas sobre Arenitos	1.445,72	33,08
Colinas Onduladas sobre Arenitos Marinhas	254,94	5,85
Colinas Onduladas em Rochas Vulcânicas	63,99	1,46
Colinas de Altitudes em Rochas Vulcânicas	103,26	2,36
Associação de Morros e Morrotes em Rochas Vulcânicas	364,32	8,33
Morros e Morrotes Isolados sobre Arenitos	29,76	0,68
Morros e Morrotes Isolados em Rochas Vulcânicas	12,78	0,30
Total	4.369,32	100

Fonte: Elaborado pela autora (2016).

Figura 38 - Distribuição das unidades morfolíticas na área de estudo.



Fonte: Elaborado pela autora (2016).

6.1 ÁREAS PLANAS

Denominadas também como planícies de acumulação ou de inundação, as áreas planas ocorrem nas altitudes mais baixas da área de estudo (inferiores a 120 metros) e as suas declividades não ultrapassam os 2%, configurando assim uma área onde os principais eventos que nela ocorrem são os de deposição de sedimentos fluviais constituindo as litologias caracterizadas como depósitos recentes. Em razão da grande quantidade de sedimentos transportados pelos cursos d'água, algumas áreas apresentam solos férteis e hidromórficos, principalmente os Planossolos.

No município de Rosário do Sul, as áreas planas com depósitos recentes são observadas principalmente, tangenciando o canal principal do Rio Santa Maria e do Rio Ibicuí da Armada, com os seus respectivos afluentes e representam 27,11% do total da área de estudo.

6.2 COLINAS SUAVEMENTE ONDULADAS

Essa unidade de relevo ocorre nas altitudes entre 120 e 160 metros com o intervalo de declividades entre 2 e 5% que caracterizam as áreas onde ocorrem os processos deposicionais. No município de Rosário do Sul, elas ocupam a porção centro-oeste e noroeste da área estudo apresentam litologias compostas por rochas vulcânicas e sedimentares.

A unidade morfolitológica das *colinas suavemente onduladas sobre arenitos* localizam-se predominantemente na porção centro-oeste e em algumas porções no noroeste do município e representam 18,68% do total da área de estudo. O substrato litológico é composto por arenitos eólicos da Formação Botucatu e fluviais das Formações Guará e Sanga do Cabral. Essa unidade ainda apresenta solos que variam de rasos a profundos, sendo representados pelos Neossolos e os Argissolos, respectivamente.

Por sua vez, as *colinas suavemente onduladas sobre rochas vulcânicas* abrangem uma pequena área na porção noroeste do município, próximo ao limite territorial com Alegrete e representa 2,15% do total da área do município de Rosário do Sul. O substrato litológico é constituído por derrames de basaltos amigdaloides preenchidos por zeolitas, carbonatos, apofilitas e saponita que caracterizam as rochas

vulcânicas da Fácies Gramado e os solos nessa porção também variam de rasos a profundos, sendo representados pelos Neossolos e os Argissolos.

6.3 COLINAS ONDULADAS

Ocorrem nas altitudes entre 120 a 220 metros, podendo em alguns pontos alcançar a marca dos 250 metros, apresentam declividades entre 5 e 15%, demarcando o limite para o processo de mecanização agrícola. No município de Rosário do Sul, elas ocupam a maior parte do território e apresentam litologias compostas por rochas sedimentares e vulcânicas.

As colinas onduladas sobre arenitos estendem-se por praticamente toda a faixa leste da área de estudo, bem como na porção centro-oeste do município, limitando-se com a Serra do Caverá, representando 27,11% do total da área de estudo, sendo assim, a segunda unidade morfolitológica mais expressiva no município de Rosário do Sul. O substrato litológico dessa unidade é constituído por arenitos fluviais das Formações Guará e Piramboia e apresenta solos profundos do tipo Argissolos, Chernossolos e Luvisolos.

A unidade morfolitológica das *colinas onduladas sobre os arenitos marinhos* ocupa uma parte da porção sul da área de estudo e representa 5,85% da área territorial do município de Rosário do Sul. O substrato litológico dessa unidade é composto por arenitos finos bastante alterados, intercalados com argilitos, folhelhos e siltitos e apresenta solos hidromórficos e profundos, representados pelos Planossolos e Chernossolos, respectivamente.

Já as *colinas onduladas em rochas vulcânicas* cobrem apenas uma pequena porção situada no noroeste da área estudo, próximo ao limite do município de Rosário do Sul com Santana do Livramento, representando 1,46% do total da área de estudo. O substrato litológico é constituído por derrames de composição intermediária a ácida que caracterizam as rochas vulcânicas da Fácies Alegrete e os solos nessa porção são caracterizados como rasos, sendo representados pelos Neossolos.

6.4 COLINAS DE ALTITUDES

Essa unidade de relevo ocorre nas áreas onde as altitudes mínimas corresponde a cota de 200 metros, podendo ultrapassar em algumas porções o limite

de 250 metros, representando 2,36% do total da área de estudo. Apresentam declividades entre 2 e 5% e localizam-se na porção sudoeste de Rosário do Sul, bem próximo as áreas que limitam-se com o município de Santana do Livramento. O substrato litológico dessa unidade é constituído por derrames de composição intermediária a ácida que caracterizam as rochas vulcânicas da Fácies Alegrete e os solos nessa porção são caracterizados como rasos, sendo representados pelos Neossolos.

6.5 ASSOCIAÇÃO DE MORROS E MORROTOS

Essa unidade compõe uma *associação de morros e morrotes em rochas vulcânicas* que correspondem a Serra do Caverá, representando 8,33% do total da área de estudo. Apresentam altitudes mínimas de 200 metros e que podem ultrapassar os 250 metros e declividades superiores a 15%, onde nessas áreas ocorrem os processos de movimentos de massa e pequenas corridas em porções convergentes da encosta e os solos são caracterizados como rasos do tipo Neossolos.

O substrato litológico é composto por rochas vulcânicas Fácies Gramado sobre arenitos eólicos da Formação Botucatu. Atrelado a isso, pode-se destacar que em algumas vezes, a ocorrência de arenitos entre os derrames geram surgências que permitem a instalação de vegetação arbóreo-arbustiva formando uma espécie de “anel” ao redor de morros e morrotes. Essa característica é bastante notória nos mapas de uso e ocupação da terra que são apresentados no capítulo 6 da presente dissertação.

6.6 MORROS E MORROTOS ISOLADOS

Caracterizam-se por serem feições que marcam a evolução dos processos erosivos sobre uma porção mais elevada do terreno. No município de Rosário do Sul, representam os antigos modelados do atual Planalto da Campanha e apresentam altitudes superiores a 250 metros, declividades maiores que 15% e apresentam litologias compostas por rochas vulcânicas e sedimentares.

Os *morros e morrotes isolados sobre arenitos* localizam-se predominantemente a direita da Serra do Caverá e em algumas áreas mais a noroeste dessa feição, que representam 0,68% do total da área de estudo. O substrato litológico é constituído por

arenitos eólicos da Formação Botucatu e fluviais correspondendo as Formações Guará e Piramboia, caracterizando assim, morros e morrotes com topos planos e os solos nessa porção são caracterizados como rasos, sendo representados pelos Neossolos.

Já os *morros e morrotes isolados compostos por rochas vulcânicas* localizam-se predominantemente ao norte da Serra do Caverá e em algumas áreas mais a sudoeste dessa feição, representando apenas 0,30% do total da área de estudo, sendo assim, a unidade morfolitológica menos expressiva no município de Rosário do Sul. O substrato litológico é constituído por derrames de basaltos granulares preenchidos por zeolitas, carbonatos, apofilitas e saponita que caracterizam as rochas vulcânicas da Fácies Gramado, caracterizando assim, morros e morrotes com topos arredondados e os solos nessa porção são caracterizados como rasos a profundos, sendo representados pelos Neossolos e os Argissolos, respectivamente.

7 USO E OCUPAÇÃO DA TERRA

*“Saia a tropa de São Chico pra Rosário
Da Estância pra o matadouro um verdadeiro calvário
Quanto o rigor o pobre tropeiro passava
E a canção era do boi pra se distrair cantava”.*
(Trecho da música ‘Canção dos Tropeiros’ – Crioulo dos Pampas)

Esse capítulo é responsável por apresentar as informações referentes ao uso e ocupação do município de Rosário do Sul no decorrer do período que compreende aos anos de 1996 e 2016. Cabe destacar que esse levantamento não possui como objetivo principal realizar um amplo resgate histórico e evolutivo de todas as atividades desenvolvidas na área de estudo, mas sim dar importância para aquelas que foram mais significativas no decorrer desses últimos 20 anos.

Atrelado a isso, comenta-se ainda que assim como em toda a porção oeste do estado do Rio Grande do Sul, as atividades de uso e ocupação do município de Rosário do Sul, estão historicamente baseadas na pecuária, agricultura e tendo a silvicultura como um importante papel no desenvolvimento da área de estudo, no decorrer das últimas décadas.

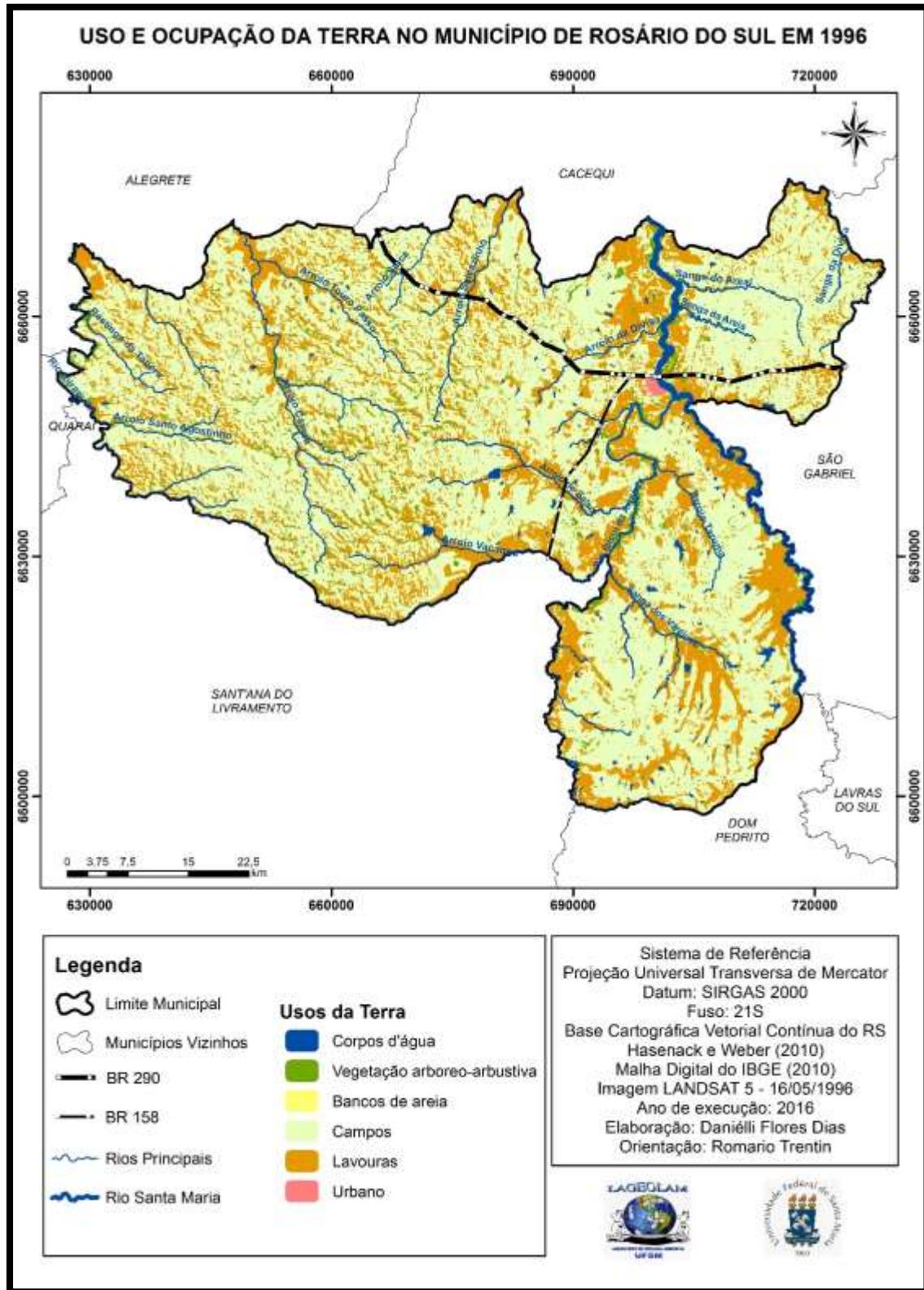
Com base nisso, a Tabela 17 representa a quantificação das classes de uso e ocupação da terra do município de Rosário do Sul para os anos de 1996 e 2016. Já a Figura 39 representa a espacialização das classes de uso e ocupação da terra para a classificação realizada no ano de 1996.

Tabela 17 - Quantificação das classes de uso e ocupação da terra

Classes	1996		2016	
	km ²	%	km ²	%
Corpos d’água	35,47	0,81	70,28	1,60
Vegetação arbóreo-arbustiva	184,51	4,22	328,22	7,51
Bancos de areia	3,78	0,08	11,93	0,27
Campos	2.873,81	65,77	2.912,04	66,64
Lavouras	1.266,90	28,57	981,72	22,46
Silvicultura	0,00	0,00	60,17	1,37
Urbano	4,96	0,15	4,96	0,15

Fonte: Elaborado pela autora (2016).

Figura 39 - Distribuição das classes de uso e ocupação da terra no município de Rosário do Sul no ano de 1996.



7.1 USO E OCUPAÇÃO DA TERRA EM ROSÁRIO DO SUL EM 1996

Na classificação realizada para o ano de 1996, a classe dos campos configura o tipo de uso mais expressivo representando 65,77% do total da área de estudo. Essa classe de uso é utilizada principalmente para a prática da pecuária, sendo os rebanhos de bovinos e ovinos, respectivamente, aqueles com maior expressividade na área de estudo.

A classe dos corpos d'água corresponde a 0,81% do total da área de estudo e caracteriza-se pelos açudes que são utilizados para a irrigação e a dessedentação dos animais e pelos segmentos de canais da rede hidrográfica com largura igual ou superior a 30 metros, em razão da resolução espacial da imagem utilizada para a classificação.

A classe que corresponde a vegetação arbóreo-arbustiva representa 4,22% da área total do município de Rosário do Sul. Essa classe é composta predominantemente pela vegetação campestre originária do Bioma Pampa, além da vegetação arbórea que localiza-se nas margens dos rios e arroios, configurando assim, as matas ciliares ou de galeria; e nas áreas de encostas íngremes de morros, morrotes e cornijas, principalmente na região que corresponde a Serra do Caverá.

Considerada a classe de uso menos expressiva no município de Rosário do Sul, os bancos de areia correspondem a apenas 0,08% do total da área de estudo. No município de Rosário do Sul, os bancos de areia depositam-se principalmente nas margens do Rio Santa Maria e do Rio Ibicuí da Armada.

Já a classe de uso que corresponde as lavouras representa 28,97% do total da área de estudo, sendo assim, a segunda classe de uso com maior expressividade no município de Rosário do Sul. Nessas áreas ocorre o cultivo principalmente do arroz e da soja, além de outras culturas como o milho, feijão e hortifruti em menor expressividade.

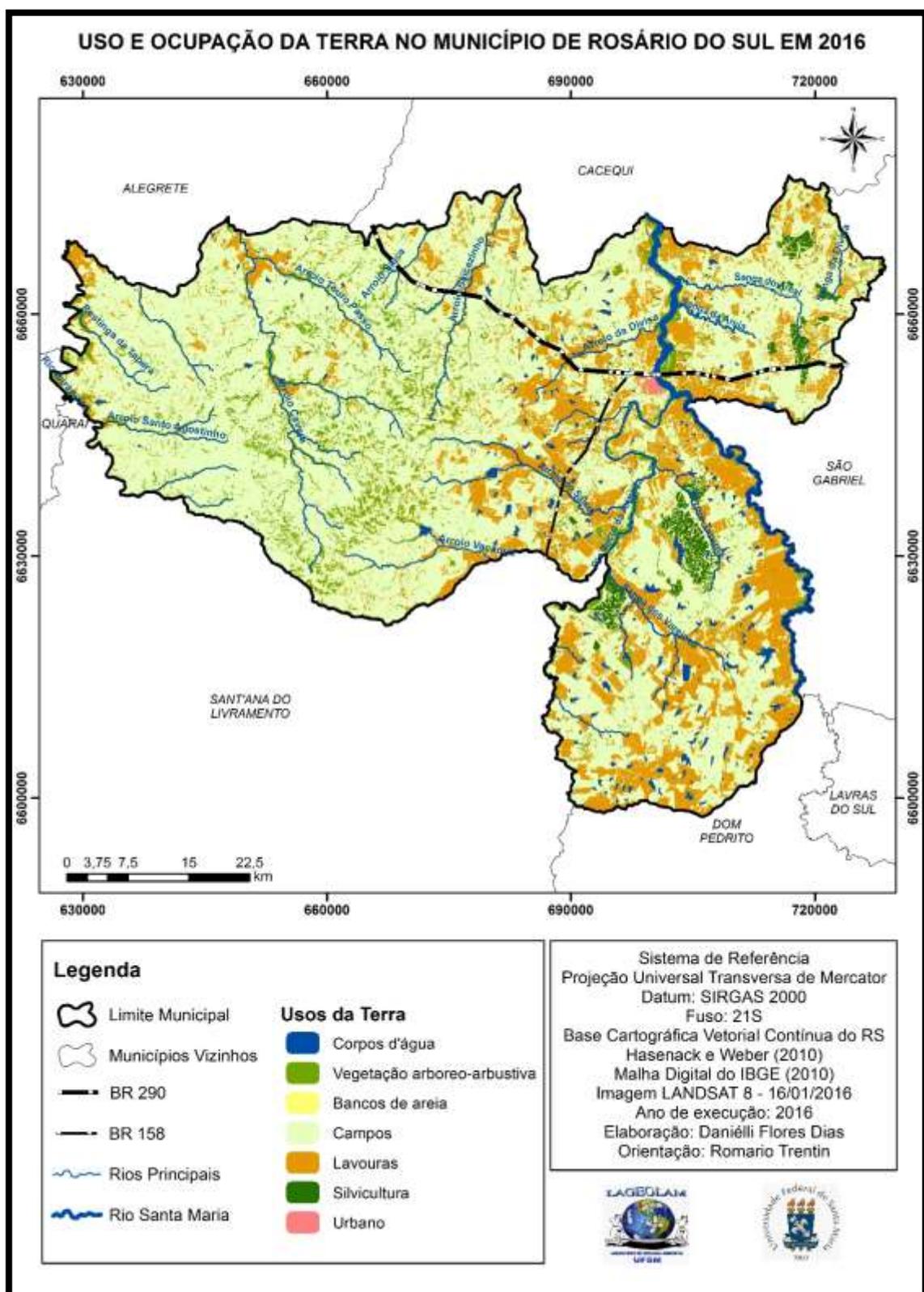
A classe da Silvicultura nesse período era inexistente. Isso se deu em razão de que os plantios de eucaliptos no oeste do Rio Grande do Sul tiveram início por volta de 1995, principalmente no município de Cacequi. Foi somente depois de 1996 que deu-se início o processo de plantação dos eucaliptos no município de Rosário do Sul.

Por fim, a classe do Urbano é representada pela área urbana do município de Rosário do Sul, que representa 0,15% do município. Cabe destacar que nos

municípios da porção oeste do Rio Grande do Sul, a extensão territorial é bastante significativa, todavia com áreas urbanas pouco expressivas.

A Figura 40 representa a espacialização das classes de uso e ocupação da terra no município de Rosário do Sul na classificação realizada para o ano de 2016.

Figura 40 - Distribuição das classes de uso e ocupação da terra do município de Rosário do Sul no ano de 2016.



Fonte: Elaborado pela autora (2016).

7.2 USO E OCUPAÇÃO DA TERRA EM ROSÁRIO DO SUL EM 2016

No ano de 2016, a classe de uso dos campos representa 66,64% do total da área estudo. Assim como em 1996, essa é a classe de uso mais expressiva dentro do município de Rosário do Sul. Essa classe de uso é utilizada principalmente para a prática de pecuária extensiva, sendo a criação de bovinos e ovinos as mais representativas. Segundo dados da Produção da Pecuária Municipal (IBGE, 2015), o município de Rosário do Sul conta com um rebanho de aproximadamente 345.174 cabeças de gado e 153.136 ovinos, além das outras criações como equinos, bubalinos, caprinos, dentre outros.

A classe de uso que corresponde aos corpos d'água representa a 1,60% do total da área do município de Rosário do Sul. Assim como na classificação realizada para o ano de 1996, essa classe caracteriza-se por apresentar os segmentos de canais da rede hidrográfica da área de estudo, além das represas e os açudes que são utilizados para a irrigação e a dessedentação dos animais.

Nessa classificação atual, a classe da vegetação arbóreo-arbustiva representa 7,51% do total da área de estudo. Essa classe é composta por vegetação campestre, vegetação arbórea (mata ciliar ou de galeria) nas margens dos principais rios e arroios; além das áreas de encostas íngremes de morros, morrotes e cornijas da Serra do Caverá e, que se nessa classificação se fazem bastante presentes nessa porção do município de Rosário do Sul.

Na classificação para a classe dos bancos de areia, em 2016 esse tipo de uso representa 0,27% do total da área de estudo, sendo assim, a terceira classe de uso menos expressiva dentro do município de Rosário do Sul. Assim como na classificação anterior, esses bancos de areia depositam-se principalmente nas margens do Rio Santa Maria e do Rio Ibicuí da Armada.

Já a classe de uso das lavouras nesse ano, representa 22,46% do total da área de estudo, sendo considerada assim, a segunda classe de uso da terra com maior expressividade no município de Rosário do Sul. Assim como na classificação realizada anteriormente, nessas áreas ocorre o cultivo do arroz (principalmente nas margens do Rio Santa Maria), da soja, além de outras culturas com menor expressividade, como o milho, feijão e hortifrutí.

Diferentemente de 1996, no ano de 2016 a classe de uso da Silvicultura já começa a se fazer presente no município, representando 1,37% do total da área de

estudo, sendo assim, a segunda classe de uso com menor expressividade no município de Rosário do Sul. Nessas áreas ocorre a predominância do Eucalipto (*Eucalyptus sp*) e, conforme foi observado no decorrer dos trabalhos de campo, as áreas com cultivo de espécies exóticas são utilizadas para fins comerciais, sendo pouquíssimos os casos em que são utilizadas como “quebra-ventos” e para a proteção do gado nas pequenas propriedades.

Por fim, a classe do Urbano continua sendo representada pela área urbana do município de Rosário do Sul, que corresponde a 0,15% do município. Cabe destacar que a extensão territorial da área de estudo continua a mesma, o que foi mudado foi apenas o crescimento da população do município de Rosário do Sul.

7.3 BREVE COMPARATIVO DA EVOLUÇÃO DOS USOS DA TERRA NA ÁREA DE ESTUDO NO PERÍODO DE 1996 A 2016

Ao realizar uma comparação entre os mapas de uso e ocupação da terra dos anos de 1996 e 2016, torna-se possível realizar uma breve análise temporal desse período para o município de Rosário do Sul, verificando como se deu a evolução das classes uso estabelecidas para a área de estudo.

As principais evoluções estão relacionadas aos bancos de areia com um aumento de 69,24% de sua área, o que identifica que os depósitos de barra de meandro estão ocorrendo de forma mais significativa e intensa; aumentando assim, os impactos ambientais na área de estudo.

A classe da vegetação arbóreo-arbustiva apresentou um aumento considerável de 43,78%, indicando que as áreas de encostas dos morros e morrotes da Serra do Caverá estão sendo mais preservados do que no ano de 1996; além dos corpos d'água que no ano de 2016 tiveram aumento considerável de quase 50% em relação a 1996, através da criação de novos açudes, principalmente na porção sul do município.

Frente a isso, é de extrema importância destacar que a expansão das áreas de campos (aumento de 1,32%) e a diminuição das lavouras (decréscimo de 22,51%) na área de estudo chamam bastante atenção quando é feita uma breve comparação entre os mapas de 1996 e 2016, onde percebe-se que as áreas de lavouras foram sendo substituídas pela implementação de campos que são utilizados para a prática da pecuária, além da prática da silvicultura, pois no município de Rosário do Sul, a

plantação de eucaliptos para fins comerciais ocorreu em áreas que antes eram utilizadas para a prática das lavouras.

Por fim, com relação a classe da silvicultura e do urbano não é realizado nenhuma comparação, pois no ano de 1996 estava iniciando o processo implementação de espécies exóticas na área de estudo; e a área urbana não possui aumento nem diminuição do tamanho de sua área territorial, sofrendo apenas uma diminuição da população residente quando comparado com o ano de 1996.

8 ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE ROSÁRIO DO SUL

*“Em noites em que o minuano assusta os cavalos
Escuto o tropel dos centauros posteiros
Almas charruas cavalgam coxilhas
Guardando as fronteiras do sul brasileiro”.*
(Trecho da música “Gritos de Liberdade” – Grupo Rodeio)

O último capítulo relacionado aos resultados e discussões da presente dissertação, tem como objetivo indicar o zoneamento geoambiental da área de estudo através da delimitação de sistemas e unidades geoambientais, com base nas suas potencialidades e suscetibilidades frente ao uso e a ocupação da terra.

O zoneamento geoambiental do município de Rosário do Sul representa a síntese de todas as informações levantadas no decorrer desse trabalho, onde os sistemas e as unidades foram caracterizados através de aspectos como a disponibilidade hídrica, litologias, relevo, solos e as suscetibilidades com base nos principais tipos de uso, processos erosivos, degradação da vegetação, dentre outros.

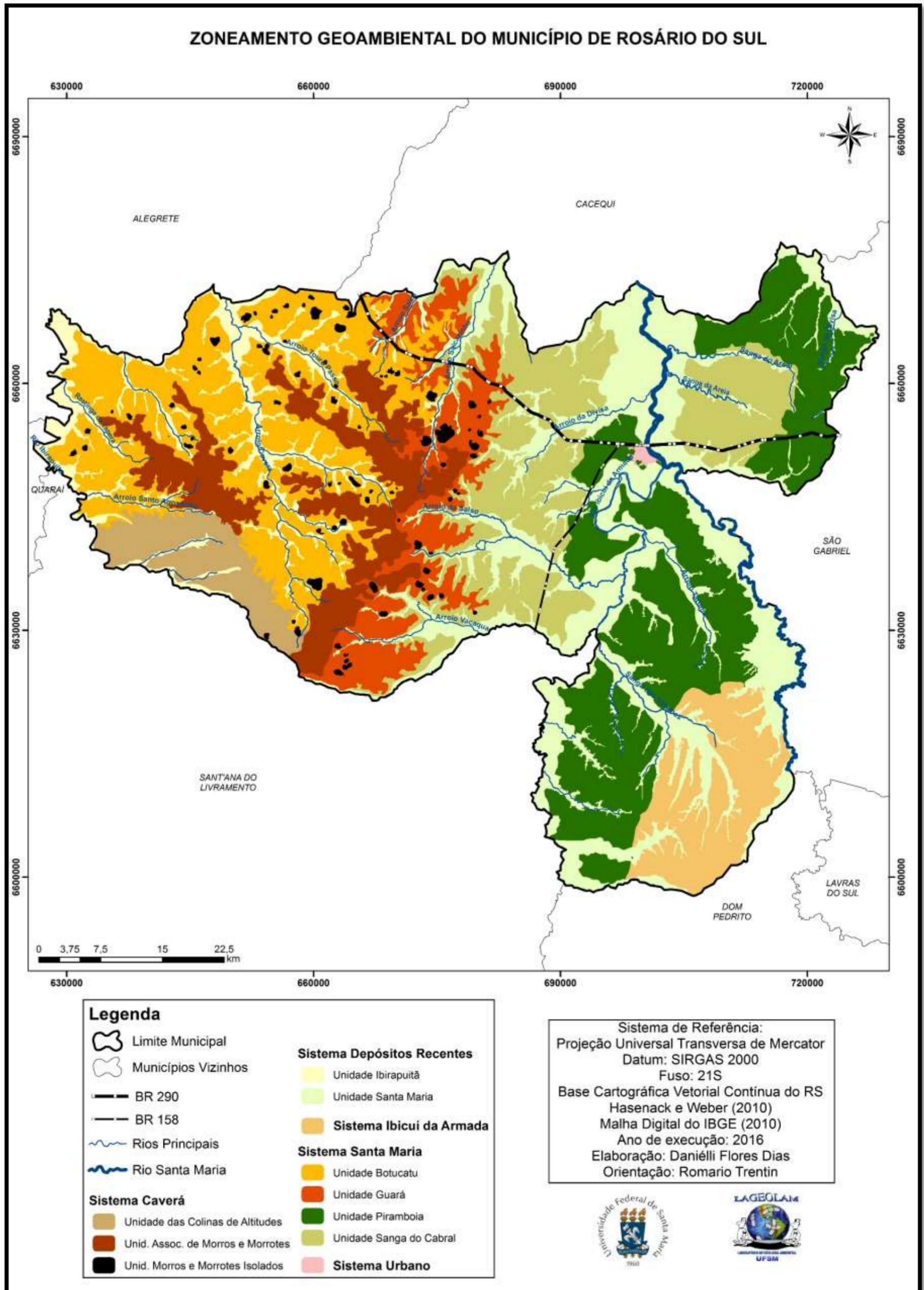
Com base nisso, no município de Rosário do Sul foram definidos cinco sistemas e nove unidades geoambientais, que são quantificados e resumidos no Quadro 2 e espacializados na Figura 41.

Quadro 2 - Síntese das informações referentes aos sistemas e as unidades geoambientais do município de Rosário do Sul.

SISTEMA	UNIDADE	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)	POTENCIALIDADES	SUSCETIBILIDADES
Caverá	Colinas de Altitudes	160,65	3,67	Ampla diversidade nas espécies de vegetação e a prática do Geoturismo.	Encostas íngremes e retirada da vegetação arbóreo-arbustiva para a implantação de campos.
	Associação de Morros e Morrotes	364,32	8,33		
	Morros e Morrotes Isolados	42,54	0,97		
Depósitos Recentes	Ibirapuitã	228,88	5,23	Disponibilidade hídrica e fertilidade dos solos.	Utilização de insumos agrícolas que contaminam os cursos d'água
	Santa Maria	995,24	21,86		
Ibiciuí da Armada	-	254,94	5,83	Áreas propensas para a criação de gado e presença de lavouras de arroz associadas aos cursos d'água.	Intervenção antrópica no preparo das lavouras e contaminação dos cursos d'água.
Santa Maria	Botucatu	715,70	16,38	Implementação de lavouras mecanizadas e campos nativos para a prática da pecuária.	Intensificação dos processos erosivos e contaminação dos solos por insumos agrícolas.
	Guará	302,15	6,91		
	Piramboia	763,79	17,48		
	Sanga do Cabral	576,15	13,19		
Urbano	-	4,96	0,15	Acesso a produtos e serviços.	Áreas com perigo de inundação, contaminação dos corpos hídricos e descarte inadequado dos resíduos.

Fonte: Elaborado pela autora (2016).

Figura 41 - Distribuição dos sistemas e das unidades geoambientais na área de estudo.



Fonte: Elaborado pela autora (2016).

8.1 SISTEMA CAVERÁ

O Sistema Caverá está representado principalmente pelo conjunto das formas de morros e morrotes que compõem a Serra do Caverá (Figura 42) e pelas colinas de altitudes em rochas vulcânicas presentes na porção sudoeste do município de Rosário do Sul e corresponde a 12,97% do total da área de estudo, sendo considerado assim, o terceiro sistema com maior expressividade no município.

Figura 42 - Vista parcial dos morros e morrotes que compõem a Serra do Caverá na porção noroeste do município.



Fonte: Trabalho de campo realizado pelo LAGEOLAM no dia 25 de abril de 2013.

A diversidade das formas de relevo nesse sistema, permitiu a definição de três unidades geoambientais (Colinas de Altitudes, Associação de Morros e Morrotes,

Morros e Morrotes Isolados), com características semelhantes de litologias, solos e uso da terra.

Como potencialidade, esse sistema apresenta a diversidade das espécies de vegetação nas áreas de encostas, bem como, a preservação das mesmas. Além disso, uma outra característica desse sistema é com relação a prática do Geoturismo⁷, pois os morros e morrotes da Serra do Caverá (Figura 43) servem como mirantes e proporcionam uma visão panorâmica e inigualável da fisiografia do ambiente, que pode ser apreciada tanto por pesquisadores como por turistas.

Figura 43 - Morrotes isolados na porção noroeste da área de estudo.



Fonte: Trabalho de campo realizado pelo LAGEOLAM no dia 25 de abril de 2013.

⁷ Segmento do turismo que consiste no deslocamento de pessoas para a visitação de feições geológicas e geomorfológicas.

As suscetibilidades desse sistema estão relacionadas as inclinações do relevo nos morros e morrotes, onde estes precisam ser preservados, para que não ocorram os processos de movimentos de massa. Além disso, nas áreas em que predominam as áreas menos declivosas e as colinas de altitudes, ocorre a pratica da pecuária principalmente com a criação de gado nas grandes propriedades e, em decorrência disso, as áreas com florestas vão sendo retiradas e substituídas pelos campos.

8.1.1 Unidade das Colinas de Altitudes

Essa unidade geoambiental caracteriza-se por contemplar as colinas de altitudes do município de Rosário do Sul, que representam 3,67% do total da área de estudo.

As colinas de altitudes apresentam altitudes entre 160 e 260 metros, declividades entre 5 e 15% e localizam-se na confluência das sub-bacias do Arroio Caverá, Nascentes do Rio Ibirapuitã e Rio Santa Maria. As litologias dessas áreas são compostas por rochas vulcânicas da fácies Alegrete e caracteriza-se por apresentar solos rasos do tipo Neossolo. Com relação ao uso, ocorre a predominância de campos nativos utilizados principalmente para a prática da pecuária.

8.1.2 Unidade da Associação de Morros e Morrotes

Essa unidade contempla a Serra do Caverá que é um feição natural muito importante para o município de Rosário do Sul. Dentro do município de Rosário do Sul, a Serra do Caverá possui uma área de 364,32 km² que representa 8,33% do total da área de estudo.

Apresenta altitudes entre 200 e 250 metros, declividades superiores a 15% e caracteriza-se por ser o divisor de águas entre as sub-bacias do Arroio Caverá, Arroio Saicã, Rio Santa Maria e Arroio Caverá, Nascentes do Rio Ibirapuitã.

Com relação as litologias, destaca-se que essas áreas são compostas por rochas vulcânicas das Fácies Gramado e Alegrete com a base constituída por arenitos da Formação Botucatu. Já os solos são caracterizados como rasos, representado principalmente pelos Neossolos. Por fim, o uso dessas áreas é composto por campos de pastagens e vegetação arbóreo-arbustiva na base das encostas.

8.1.3 Unidade dos Morros e Morrotes Isolados

Essa unidade geoambiental contempla os morros e morrotes isolados de arenitos e rochas vulcânicas que fazem parte da Serra do Caverá. Com uma área total de 42,54 km² representa 0,97% da área do município de Rosário do Sul.

Caracteriza-se por apresentar altitudes entre 200 e 250 metros e declividades superiores a 15%, o que configura áreas com encostas bastante íngremes. Com relação a distribuição das litologias, essas áreas são compostas por rochas vulcânicas da Fácies Gramado com a base constituída por arenitos da Formação Botucatu. Os solos nessas áreas são em geral rasos a profundos, sendo representados pelos Neossolos e pelos Argissolos, respectivamente.

Por fim, em razão dos morros e morrotes apresentar encostas muito íngremes, o tipo de uso dessas áreas apresenta-se bastante restrito, sendo composto apenas por campos e vegetação arbóreo-arbustiva na base das encostas.

8.2 SISTEMA DOS DEPÓSITOS RECENTES

O Sistema dos Depósitos Recentes é representado principalmente pelos canais principais do Rio Santa Maria, Rio Ibicuí da Armada, Arroio da Divisa, Arroio Caverá, Arroio Saicã, Rio Ibirapuitã e os respectivos afluentes. Com uma área de 1.224,12 km² que representa 27,09% do total da área de estudo, esse é considerado o segundo sistema com maior expressividade no município de Rosário do Sul.

A diversidade do uso da terra nessa porção, permitiu a definição de duas unidades geoambientais (Ibirapuitã e Santa Maria) nesse sistema, com características semelhantes de litologias, relevo e solos.

A potencialidade desse sistema está relacionada com a disponibilidade hídrica dos cursos d'água, principalmente dos rios Ibicuí da Armada, Ibirapuitã, Santa Maria e os arroios da Divisa, Caverá e Saicã, que possibilitam a irrigação das lavouras e a dessedentação dos animais. Esse sistema ainda possui como potencialidade a fertilidade dos solos que localizam-se próximos a planície de inundação, que são ocupados pelas águas dos rios e arroios e, conseqüentemente ocorre o depósito de nutrientes e matéria orgânica. A Figura 44 representa as áreas planas utilizada para as lavouras de arroz na porção noroeste da área de estudo.

Figura 44 - Áreas planas utilizadas para o plantio de arroz.



Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 27 de outubro de 2015.

As suscetibilidades desse sistema estão relacionadas com as lavouras de arroz, gerando significativos impactos ambientais em razão da colocação de drenos nos banhados e nas áreas úmidas, para que ocorra o preparo do solo para o cultivo dessas lavouras. Além disso, através da utilização de insumos agrícolas ocorre a contaminação dos corpos d'água, prejudicando assim, a fauna e a flora aquática.

Com relação a vegetação arbóreo-arbustiva faz-se necessário destacar, que as matas ciliares dentro dos limites das áreas de proteção (APP's) exigidas pela legislação ambiental, ainda se mantem um pouco preservados, porem a expansão agrícola nessas áreas está acelerando o processo de destruição das mesmas.

Por fim, salienta-se que uma outra suscetibilidade relacionada a esse sistema é com relação depósitos de bancos de areia sobre o canal principal do Rio Santa Maria e do Rio Ibicuí da Armada, caracterizando um intenso processo erosivo, na qual a

água retira sedimentos das vertentes côncavas e deposita-se nas vertentes convexas e, com isso, os cursos d'água tornam-se bastante meandrantés por ter de contornar os depósitos de banco de areia, conforme representa a Figura 45.

Figura 45 - Depósitos de banco de areia nas margens do Arroio Saicãzinho na porção noroeste do município.



Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 27 de outubro de 2015.

8.2.1 Unidade do Santa Maria

A unidade geoambiental do Santa Maria corresponde a planície de inundação da bacia hidrográfica de mesmo nome e localiza-se na porção leste do município de Rosário do Sul, contemplando ainda as sub-bacias do Arroio da Divisa e Arroio Saicã. Essa unidade cobre uma área 995,24 km² e representa 21,86% do total da área de estudo.

Caracteriza-se por apresentar altitudes inferiores a 120 metros e declividades menores que 2%. As litologias são compostas por depósitos recentes e os solos são caracterizados como hidromórficos, representados pelos Gleissolos e os Planossolos. O uso da terra nessa porção está relacionado as grandes lavouras de arroz, que caracterizam áreas maiores, em razão da magnitude dos rios dessa unidade.

8.2.2 Unidade Ibirapuitã

Essa unidade geoambiental corresponde as áreas planas que pertencem a bacia hidrográfica do Rio Ibirapuitã, que localizam-se na porção oeste do município de Rosário do Sul, contemplando as sub-bacias do Arroio Caverá e as Nascentes do Rio Ibirapuitã. Abrangem uma área de 228,88 km² que representam 5,23% do total da área de estudo.

Assim como a Unidade do Santa Maria, caracteriza-se por apresentar altitudes inferiores a 120 metros e declividades menores que 2%, correspondendo a planície de inundação dos principais arroios que fazem parte dessa sub-bacia. Como o próprio nome do sistema já menciona, as litologias dessas áreas são compostas por depósitos recentes e os solos são caracterizados como hidromórficos, principalmente os Planossolos. O uso da terra nessa unidade geoambiental está relacionado com pequenas lavouras, que caracterizam pequenas propriedades, com o cultivo principalmente de feijão e hortifruti.

8.3 SISTEMA IBICUÍ DA ARMADA

O Sistema Ibicuí da Armada (Figura 46) está representado principalmente pelas colinas onduladas compostas por sedimentos de ambiente fluvial e marinho, que cobrem uma área de 254,94 km² que representa 5,83%, sendo assim, o segundo sistema geoambiental com menor expressividade no município de Rosário do Sul.

Esse sistema caracteriza-se por apresentar altitudes entre 80 e 160 metros, sendo que o intervalo entre 120 e 160 metros é aquele que mais predomina nesse sistema e declividades menores que <2% até 15%. As litologias são compostas por sedimentos de ambiente desértico e fluvial entrelaçado constituídas por argilitos e siltitos e sedimentos de ambiente marinho constituídos por folhelhos e siltitos argilosos. Os solos desse sistema são hidromórficos e profundos, dos tipos

Planossolos, Argissolos e Chernossolos. O uso da terra nessa porção está atrelado principalmente as lavouras com algumas porções de campos nativos utilizados para pastagens, pequenos açudes e alguns capões de eucalipto.

O Sistema Ibicuí da Armada apresenta como potencialidades áreas propensas para a criação de gado com extensas áreas de campo nativo e a presença de lavouras de arroz associadas aos cursos d'água.

As suscetibilidades desse sistema estão relacionadas com as alterações do meio causada pelas intervenções antrópicas no preparo das lavouras, com a contaminação dos cursos d'água devido à baixa permeabilidade dos solos que possibilitam o escoamento da água diretamente nos rios e afluentes.

Figura 46 - Breve representação do Sistema Geoambiental do Ibicuí da Armada.



Fonte: Trabalho de campo realizado pelo LAGEOLAM no dia 10 de fevereiro de 2014.

8.4 SISTEMA SANTA MARIA

O Sistema Santa Maria (Figura 47) está representado principalmente pelas colinas suaves e onduladas de boa parte da faixa leste e oeste do município de Rosário do Sul. Com uma área territorial de 2.447,79 km² que representa 53,95% do total da área de estudo, esse é o sistema geoambiental com maior expressividade dentro do município de Rosário do Sul.

Figura 47 - Breve representação do Sistema Geoambiental do Santa Maria.



Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 27 de outubro de 2015.

A diversidade das litologias e do uso da terra presentes nessa porção, permitiu a definição de quatro unidades geoambiental (Botucatu, Guará, Piramboia, Sanga do Cabral), com características semelhantes de relevo e solos.

As potencialidades desse sistema estão relacionadas a implantação de lavouras mecanizadas, devido ao relevo ser pouco ondulado, além da presença de campos nativos para a prática da pecuária.

Por sua vez, as suscetibilidades estão associadas aos processos erosivos, que são potencializados e acelerados em decorrência do mau uso do solo, através da utilização de técnicas agrícolas incompatíveis, além do adensamento significativo dos rebanhos nas áreas de campo. Atrelado a isso, destaca-se ainda que o desenvolvimento das lavouras nessas áreas ocasiona a contaminação dos solos e dos corpos d'água com os insumos agrícolas, além da perda da biodiversidade, a partir do momento em que os campos nativos são substituídos pelas lavouras.

8.4.1 Unidade Botucatu

A unidade denominada Botucatu corresponde as colinas levemente onduladas da porção noroeste do município de Rosário do Sul e contempla as sub-bacias do Arroio Caverá, Saicã e as Nascentes do Rio Ibirapuitã. Essa unidade possui uma área territorial de 715,70 km² que representa 16,38% do total da área de estudo.

Caracteriza-se por apresentar altitudes entre 120 e 200 metros, declividades entre 2 e 15%, litologias compostas por arenitos eólicos que por vezes são intercalados por rochas vulcânicas e solos rasos a profundos, principalmente os Neossolos e os Argissolos. O uso da terra nessas áreas está relacionado predominantemente aos campos nativos que são utilizados para pastagens nas pequenas e médias propriedades.

8.4.2 Unidade Guará

Com uma área territorial de 302,15 km² que representa 6,91% do total da área do município de Rosário do Sul, essa unidade contempla as colinas onduladas na faixa de transição entre as colinas levemente onduladas e a associação de morros e morrotes da área de estudo. Além disso, abrange as sub-bacias do Arroio Caverá, Saicã e do Rio Santa Maria.

A Unidade Guará caracteriza-se por apresentar altitudes entre 120 e 200 metros, declividade entre 2 e 15%, litologias compostas por arenitos fluviais e solos predominantemente profundos, que são representados pelos Argissolos. O uso da

terra nessa unidade está relacionado aos campos nativos utilizado para a prática da pecuária nas pequenas e medias propriedades.

8.4.3 Unidade Piramboia

A Unidade Piramboia corresponde as colinas levemente onduladas e onduladas de boa parte da porção leste da área de estudo, abrangendo as sub-bacias do Arroio da Divisa e do Rio Santa Maria. Cobrem uma área de 763,79 km² e representam 17,48% do total da área do município de Rosário do Sul.

Caracteriza-se por apresentar altitudes entre 120 e 200 metros, sendo que o intervalo entre 120 e 160 metros é aquele que mais predomina nessa unidade geoambiental e declividades entre 2 e 15%, litologias compostas por arenitos eólicos e solos profundos do tipo Argissolo. O uso da terra nessa unidade está caracterizado pela presença de campos nativos, lavouras principalmente de arroz, além da silvicultura.

8.4.4 Unidade Sanga do Cabral

Essa unidade geoambiental corresponde as colinas levemente onduladas por vezes onduladas da porção centro-oeste e uma parte a leste do município de Rosário do Sul, contemplando as sub-bacias do Rio Santa Maria e Arroio Saicã. Possui uma área territorial de 576,15 km² que representa 13,18% do total da área de estudo.

A Unidade Sanga do Cabral caracteriza-se por apresentar altitudes entre 120 e 200 metros, declividades entre 2 e 15%, litologias compostas por arenitos fluviais e solos profundos do tipo Luvisolo. O uso da terra nessa unidade está relacionado aos campos nativos utilizados para pastagens e lavouras de arroz, soja e outras culturas com menor intensidade.

8.5 SISTEMA URBANO

O último sistema definido na área de estudo corresponde ao limite da área urbana do município de Rosário do Sul, que caracteriza-se por ser uma área onde o acessos aos produtos e aos serviços ocorrem de forma mais facilitada. Com uma área de 4,96 km² que representa apenas 0,15% do total da área de estudo, esse é o

sistema geoambiental com menor expressividade dentro do município de Rosário do Sul.

A área urbana do município de Rosário do Sul localiza-se na porção norte da área de estudo, nas margens do Rio Santa Maria, com predomínio de construções baixas e utilizadas como moradias e uma população total estimada em 34.931 habitantes, o que configura que 85,67% da população do município de Rosário do Sul reside na área urbana (IBGE, 2010).

Em razão de ter a sua área urbana junto as margens do Rio Santa Maria, Rosário do Sul apresenta várias áreas com perigo de inundação. Além disso, essa área apresenta suscetibilidades associadas a problemas estruturais que acarretam na contaminação dos corpos hídricos e do solo com o lançamento de esgotos e outros resíduos antrópicos.

Um outro problema ocasionado pelo processo de urbanização é com relação a alteração das características fisiológicas da paisagem, pois através da expansão urbana faz-se necessária a construção de cortes e aterros, além de possíveis modificações na rede hidrográfica, com as canalizações e retificações. Atrelado a isso, pode-se destacar ainda que descarte inadequado dos resíduos sólidos e a construção de vias acesso, também considerados como suscetibilidades relacionadas a ocupação humana.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

*“Quem conheceu esta terra lembrança até hoje tem
E a saudade de quem parte, fica em Rosário também”.*
(Trecho da música ‘Vem conhecer meu pago’ – Grupo Sistema Antigo)

O presente trabalho objetivou analisar os elementos físicos que caracterizam a área de estudo, juntamente com o uso e a ocupação da terra que permitiram compreender como se espacializa o processo de ocupação da área que associadas as demais informações permitiram identificar as potencialidades e as suscetibilidades de cada sistema definido na área de estudo.

A elaboração de um Zoneamento Geoambiental em nível municipal busca uma maior aplicação nos trabalhos de planejamento, na medida em que se apresentam como delimitação da área de análise os limites políticos administrativos, configurando assim um melhor entendimento de seu território por parte dos setores administrativos e educacionais.

Nesse sentido, destaca-se que a proposta de um Zoneamento Geoambiental para o município de Rosário do Sul espera contribuir significativamente para a divulgação dessa linha de pesquisa, além de valorizar os estudos que englobam a cartografia, o meio ambiente, o planejamento e diversos outros temas que norteiam a ciência geográfica.

No município de Rosário do Sul, o levantamento de informações e a caracterização do meio físico associado com os diferentes tipos de uso da terra e o processo de ocupação, permitiram estabelecer cinco sistemas e nove unidades homogêneas que apresentam atributos semelhantes com relação as potencialidades e suscetibilidades da área de estudo.

A delimitação dos sistemas geoambientais, com base nos elementos analisados, permitiu identificar áreas com diferentes potencialidades e suscetibilidades em relação ao uso e ocupação da terra. Nesse sentido, destaca-se que a utilização de ferramentas cartográficas para o planejamento e a gestão de uma determinada área, apresenta-se de extrema importância com relação aos estudos dessa natureza.

Com relação as suscetibilidades dos sistemas geoambientais, destacam-se como mais suscetíveis o Sistema Santa Maria, em decorrência de ser uma área onde os processos erosivos ocorrem de forma mais significativa e também pela

contaminação dos solos através da utilização dos insumos agrícolas; e o Sistema Urbano em razão de apresentar áreas com perigo de inundação, pois a área urbana de Rosário do Sul localiza-se nas margens do Rio Santa Maria.

Atrelado a isso, destaca-se que a definição das características geoambientais consistem na primeira fase para a realização de um melhor planejamento e um reordenamento territorial. Nesse sentido, é de extrema importância que ocorra a existência de projetos com essa perspectiva que envolva a comunidade, seja por meio de palestras informativas ou até mesmo pela disponibilidade de um documento que traga informações que causem um melhor entendimento para a população em geral.

Com base nisso, salienta-se que é recomendável a reestruturação e o planejamento das propriedades e das paisagens da área de estudo, integrando aspectos sociais, ambientais, econômicos e políticos, auxiliando principalmente os agricultores na gestão de suas propriedades. Dessa forma, cabe a gestão pública municipal, a elaboração de projetos que visem atender as necessidades da população de acordo com as potencialidades e as suscetibilidades definidas em cada porção do seu território.

Com relação a relevância desse trabalho, o foco principal é de que esse sirva para aproximar as discussões para a aplicação do planejamento e ordenamento territorial, com base na definição dos locais apropriados para os diversos tipos de usos. Diante disso, é de extrema importância um conhecimento ordenado da dinâmica ambiental, a fim de sugerir alternativas que tenham como premissa recuperar ou preservar a paisagem em suas dimensões naturais e antrópicas.

Como recomendações deixadas após o término dessa pesquisa, é em decorrência do Zoneamento Geoambiental da área em questão apresentar uma diversidade das informações relacionadas aos aspectos físicos e humanos, essas características podem ser utilizadas para fins didáticos. Nesse sentido, esses materiais podem ser os Atlas Geoambientais, conforme já mencionado na introdução desse trabalho. Destaca-se ainda que para a construção desses atlas, deve-se utilizar uma linguagem de simples compreensão e inúmeras ilustrações, tornando-se o mais didático possível e que facilite a compreensão do leitor.

A partir dessa iniciativa existe uma maior possibilidade de ocorrer uma aproximação entre o meio acadêmico e a sociedade envolvida, com o intuito de contemplar o interesse de ambas as partes. Dessa forma, o Zoneamento Geoambiental no âmbito da ciência geográfica diversifica a importância das pesquisas

realizadas no meio acadêmico, resultando em produtos que servem para fins científicos, didáticos, de gestão e o planejamento de diferentes entidades públicas e privadas, ampliando o campo de atuação profissional, que favorecem a integração de especialistas de áreas afins.

REFERÊNCIAS

- AB' SÁBER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 18, p. 1-22, 1969.
- AMARAL, R.; ROSS, J. L. S. Cartografia Geomorfológica: o uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG) para a confecção de cartas de fragilidade. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA E I ENCONTRO SUL-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 5, 2004, Santa Maria/RS. **Anais...** Santa Maria/RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2004.
- BERTALANFFY, L. V. An Outline of General System Theory. **The British Journal for the Philosophy of Science**, London, v. 1, n. 2, p. 134-165, 1950.
- BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. 3 ed. Petrópolis: Vozes, 1977. 351p.
- BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, São Paulo, n. 13, p. 1-27, 1972.
- BUZAI, G. D. **La exploracion geodigital**. Buenos Aires: Lugar Editorial, 2000. 190p.
- CABRAL, T. L. **Zoneamento e Mapeamento Geoambiental do município de Sorriso-MT**. 2014. 131p. Dissertação (Mestrado em Geografia)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- CAMARA DE VEREADORES DE ROSÁRIO DO SUL. **Dados Históricos**. Disponível em: <http://camararosul.com.br/dados_hist.html>. Acesso em: 30 nov. 2016.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 10 mar. 2016.
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Mapas e suas representações computacionais. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 1998. p. 13-29.
- CARVALHO, J. A. R. Cartografia Geotécnica e Ambiental em Portugal. In: 5^o SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E AMBIENTAL, 5, 2004, São Carlos/SP. **Anais...** São Carlos/SP: Universidade Federal de São Carlos, 2004.
- CASSETI, V. **Elementos de Geomorfologia**. Goiânia: Editora da UFG, 1994. 137p.
- CASSETI, V. **Geomorfologia**. Livro Digital 2005. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 12 mar. 2016.
- CENDRERO, A. Environmental geology of the Santander Bay Area, Norhem Spain. **Engineering Geology**, Madri, v. 1, p. 97-114, 1975.

CENDRERO, A. Desarrollo y tendencias de la Geología Ambiental em Europa. In: SEMINARIO ANDINO DE GEOLOGIA AMBIENTAL E I CONFERENCIA COLOMBIANA DE GEOLOGIA AMBIENTAL, 1990, Medellín/Colômbia. **Anais...** Medellín/Colômbia: Universidad Nacional de Colombia, 1990.

CENDRERO, A. Environmental quality indices: a tool for assessing and monitoring geoenvironmental map units. In: 5º SIMPÓSIO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E AMBIENTAL, 5, 2004, São Carlos/SP. **Anais...** São Carlos/SP: Universidade Federal de São Carlos, 2004.

CHAGAS, C. S. **Mapeamento digital de solos por correlação ambiental e redes neurais em uma bacia hidrográfica no domínio de mar de morros.** 2006. 238f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

CHORLEY, R. J.; HAGGETT, P. **Modelos Físicos e de Informação em Geografia.** Rio de Janeiro: Editora Livros Técnicos e Científicos, 1975. 260p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia:** introdução. São Paulo: Editora da USP, 1979. 99p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.188p.

CHRISTOFOLETTI, A. (Org.). **Perspectivas da Geografia.** São Paulo: Difel, 1982. 318p.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos.** São Paulo: Bertrand Brasil, 1994. p. 415-436.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais.** São Paulo: Edgard Blucher, 1999, 236p.

COMPANHIA DE PESQUISAS E RECURSOS MINERAIS. **Gravataí – SH,22-X-C-V, escala 1:100.000: nota explicativa.** Porto Alegre: UFRGS/CPRM, 2007. 72p.

COREL CORPORATION. **CoreIDRAW® X5.** Disponível em: <<http://www.corel.com/pt-br/>>. Acesso em: 10 set. 2015.

CUNHA, C. M. L.; MENDES, I. A.; SANCHEZ, M. C. A Cartografia do Relevo: Uma Análise Comparativa de Técnicas para a Gestão Ambiental. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2003. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php?journal=rbg&page=article&op=view&path%5B%5D=15&path%5B%5D=13/>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

DA SILVA, C. R.; DANTAS, M. E. **Mapas Geoambientais.** Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapas_geoambientais_SCGG.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2015.

DE NARDIN, D.; ROBAINA, L. E. S. Mapeamento Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Miracatu, Oeste do Rio Grande do Sul. In: VI SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 2006, Goiânia/GO. **Anais...** Goiânia/GO: Universidade Federal de Goiás, 2006.

DE NARDIN, D. **Estudos Geoambientais no Oeste do Rio Grande do Sul: Mapeamento da Bacia Hidrográfica do Arroio Miracatu.** 2007. 127f. Monografia (Graduação em Geografia Bacharelado)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

DE NARDIN, D. **Zoneamento Geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul: um estudo em bacias hidrográficas.** 2009. 230p. Dissertação (Mestrado em Geografia)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

DIAS, J.; SANTOS, L. A paisagem e o geossistema como possibilidade de leitura da expressão do espaço socio-ambiental rural. **Confins**, Curitiba, n.1, 2007. Disponível em: <<http://confins.revues.org/document10.html>>. Acesso em: 30 jan. 2016.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **ArcGIS® 10.1 License Manager and Installation.** Disponível em: <<http://desktop.arcgis.com/en/desktop/latest/get-started/license-manager-guide/license-manager-installation-and-startup.htm/>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

FERREIRA, J. F. **Geoprocessamento como ferramenta na gestão pública municipal.** Relatório de Estágio (Graduação em Geografia Bacharelado)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

FIORI, A. P. Metodologias de Cartografia Geoambiental. In: 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E AMBIENTAL, 5, 2004, São Carlos/SP. **Anais...** São Carlos/SP: Universidade Federal de São Carlos, 2004.

FLORENZANO, T. G. Introdução à Geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 11-30.

FUNDAÇÃO DO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTADÍSTICA. **Projeto RADAMBRASIL: Folha SH. 22 Porto Alegre e parte das folhas SH. 21 Uruguaiana e SI. 22 Lagoa Mirim.** Porto Alegre, 1986. 796p.

GOOGLE EARTH PRO. **Interface do Usuário.** Disponível em: <<http://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acesso em: 11 jan. 2016.

GUADAGNIN, P. M. A. **Caracterização e Mapeamento da Vegetação Florestal e sua Relação com os Componentes do Relevo na Bacia Hidrográfica do Arroio Caverá – Oeste do RS/Brasil.** 2015. 101p. Dissertação (Mestrado em Geografia)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

GUADAGNIN, P. M. A.; TRENTIN, R. Compartimentação Geomorfométrica da Bacia Hidrográfica do Arroio Caverá-RS. **GeoUERJ**, Rio de Janeiro, v.1, n. 25, p. 183-199, 2014. Disponível em: <<http://www.e->

publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/10030/9928>. Acesso em: 14 mai. 2015.

GUADAGNIN, P. M. A.; TRENTIN, R.; ALVES, F. S. Relação entre as Variáveis Geomorfométricas e a Vegetação Florestal na Bacia Hidrográfica do Arroio Caverá-Oeste do RS. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 29, p. 246-261, 2015. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/102131/100552>>. Acesso em: 18 ago. 2015.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Orgs.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p. 337-379.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 192p.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 652p.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. 648p.

HASENACK, H.; WEBER, E. **Base Cartográfica Vetorial Contínua do Rio Grande do Sul**. Série Geoprocessamento, Porto Alegre: Centro de Ecologia da UFRGS, 2010. 1 DVD.

HIGASHI, R. R. Caracterização de Unidades Geoambientais de São Francisco do Sul através de Sistemas de Informações Geográficas. In: 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E AMBIENTAL, 5, 2004, São Carlos/SP. **Anais...** São Carlos/SP: Universidade Federal de São Carlos, 2004.

HORN, B. K. P. Hill shading and the reflectance map. *Proceedings of the IEEE*, v. 01, n. 69, p. 14-47, 1981.

HUGGETT, R. J. Soil Landscape Systems: A model of soil Genesis. **Geoderma**, Amsterdam, v. 13, n. 1, p. 1-22, 1975.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Geomorfologia (2009)**. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_geomorfologia.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malha Municipal do ano de 2010**. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais>>. Acesso em: 18 out. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base de Solos do ano de 2013**. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/cartas-tematicas.html>>. Acesso em: 06 nov. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades@ - Município de Rosário do Sul**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br.br/>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dados da produção do ano de 2015**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=431640&search=||infogr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas.>> Acesso em: 12 dez. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapeamento Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo. Escala 1:500.000, v. 2, 1981. 130p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Fundamentos de Geoprocessamento - Tutorial**. DPI: INPE, 2002.

IWAHASHI, J.; PIKE, R. J. Automated classifications of Topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a three-part geometric signature. **Geomorphology**, v. 3, n. 4, p. 409-440. 2007.

JIMENÉZ-RUEDA, J. R. et al. Gerenciamento Geoambiental. In: TUK-TORNISIELO, S. M.; GOBBI, N.; FORESTI, C.; LIMA, S. T. (Orgs.). **Análise Ambiental: estratégias e ações**. São Paulo: T.A. Queiroz, Fubdação Salim Farah Malf; Rio Claro: Centro de Estudos Ambientais da UNESP, 1995. p. 327-329.

KNIERIN, I. S. **Estudo das Formas de Relevo e dos Processos Erosivos no município de Unistalda - RS**. 2015. 125f. Trabalho de Graduação (Graduação em Geografia Licenciatura)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, p. 159-174. 1977.

LIBAULT, A. Os quatro níveis da pesquisa geográfica. **Métodos em Questão**, São Paulo, n. 1, p. 1-15, 1971.

LIBAULT, A. **Geocartografia**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1975. 388p.

MARQUES, J. S. Ciência Geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. São Paulo: Bertrand Brasil, 1994. p. 23-45.

MASSON, M. et al. Application d'une cartographie geoenvironnementale au litoral du Roussillon. **Proceedings**, Amsterdam, v. 1, p. 195-203. 1990.

MILANI, E. J. Geodinâmica Fanerozoica do Gondwana Sul-Occidental e a Evolução Geológica da Bacia do Paraná. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. F. O. (Orgs.). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Centro de Investigação do Gondwana da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. p. 275-302.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistema: a história de uma procura**. 2. ed. São Paulo: Editora Contexto, 2001. 127p.

NASCIMENTO, F. R.; SAMPAIO, J. L. F. Geografia Física, Geossistemas e Estudos Integrados da Paisagem. **Revista da Casa de Geografia de Sobral**, Sobral, v. 6, n. 1, p. 167-179. 2004. Disponível em: <<http://www.uvanet.br/rcgs/index.php/RCGS/article/view/130/160>>. Acesso em: 27 mar. 2016.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 1992. 308 p.

OLIVEIRA, A. A. B. A abordagem sistêmica no planejamento e gestão de bacias hidrográficas. In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2003, Rio de Janeiro/RJ. **Anais...** Rio de Janeiro/RJ: Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 2003.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de Geomorfologia**. 3 ed. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1983. 186p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ROSÁRIO DO SUL. **O Município**. Disponível em: <<http://www.prefeituraderosario.com.br/municipio>>. Acesso em: 28 nov. 2015.

QUEIROZ, E. A. **A utilização do Sistema de Informações Geográficas no estudo da dinâmica do escoamento superficial de áreas urbanas: aplicação na bacia do Córrego do Gregório, São Carlos, SP**. 1996. 207p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

ROBAINA, L. E. S. et al. Métodos e Técnicas Utilizadas na Análise e Zoneamento Geoambiental. **Revista Geografias**, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 36-49, 2009. Disponível em: <<http://www.igc.ufmg.br/portaldeperiodicos/index.php/geografias/article/view/486/35>>. Acesso em: 2 fev. 2016.

ROBAINA, L. E. S. et al. Compartimentação Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Ibicuí, Rio Grande do Sul, Brasil: Proposta de Classificação. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 11-23, 2010. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php?journal=rbg&page=article&op=view&path%5B%5D=148>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

ROBAINA, L. E. S. et al. Zoneamento Morfolitológico da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí e sua Relação com os Processos Superficiais e o Uso do Solo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 63-77, 2015. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php?journal=rbg&page=article&op=view&path%5B%5D=630&path%5B%5D=444>. Acesso em: 01 abr. 2016.

ROBAINA, L. E. S.; SCHIRMER, G. J. Estudo Geoambiental na Geografia e sua Importância como Base para o Planejamento e Ordenamento Territorial. In: FIGUEIRÓ, A. S.; FIGUEIREDO, L. C. (Orgs.). **Fronteiras da Pesquisa em Geografia**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2012. p. 440-467.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Editora Contexto, 1990. 88p.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 6, p. 17-29, 1992. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47108/50829>>. Acesso em: 12 jan. 2015.

ROSS, J. L. S. Análises e Sínteses na Abordagem Geográfica da Pesquisa para o Planejamento Regional. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 9, p. 65-75, 1995. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/53692/57655/>>. Acesso em: 11 mar. 2016.

ROSS, J. L. S. (Org.). **Geografia do Brasil**. 2 ed. São Paulo: EDUSP, 1998. 549p.

SANTOS, V. S. **Análise Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Jaguari-RS**. 2015. 83f. Monografia (Graduação em Geografia Licenciatura)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

SCCOTI, A. A. V. **Zoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí da Armada-RS: Potencialidades e Suscetibilidade**. 2015. 151p. Dissertação (Mestrado em Geografia)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

SCHERER, C. M. dos S. et al. Arcabouço Estratigráfico do Mesozoico da Bacia do Paraná. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. F. O. (Orgs.). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Centro de Investigação do Gondwana da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. p. 355-374.

SCHIRMER, G. J. **Mapeamento Geoambiental dos municípios de Agudo, Dona Francisca, Faxinal do Soturno, Nova Palma e Pinhal Grande-RS**. 2012. 156p. Dissertação (Mestrado em Geografia e Geociências)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

SCHIRMER, G. J. **Zoneamento Geoambiental da Quarta Colônia – Rio Grande do Sul**. 2015. 253f. Tese (Doutorado em Geografia)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

SCHNEIDER, R. L. et al. Revisão estratigrafia da Bacia do Paraná. In: 28º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1974, Porto Alegre/RS. **Anais...** Porto Alegre/RS: Sociedade Brasileira de Geologia, 1974.

SILVA, A. B. **Sistema de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 2003. 236p.

SILVEIRA, C. T.; SILVEIRA, R. M. P. Classificação geomorfométrica de unidades morfológicas do relevo no Estado do Paraná obtida de atributos topográficos e árvore de decisão. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2013, Vitória/ES. **Anais...** Vitória/ES: Universidade Federal do Espírito Santo, 2013.

SIRTOLI, A. E. et al. Atributos do relevo derivados do modelo digital de elevação e suas relações com solos. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 317-329, 2008.

Disponível em:

<<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/agraria/article/view/11517/8108>>. Acesso em: 11 mar. 2016.

SOTCHAVA, V. B. O Estudo dos Geossistemas. **Métodos em Questão**, São Paulo, v. 16, p. 1-52, 1977.

SOUZA, L. A.; SOBREIRA, F. G.; PRADO FILHO, J. F. Cartografia Geoambiental como Suporte ao Plano Diretor de Mariana, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 2005, Florianópolis/SC. **Anais...** Florianópolis/SC: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2002. 127p.

TOMINAGA, L. K. **Análise morfodinâmica das vertentes da Serra do Juqueriquerê em São Sebastião-SP**. 2000. 162p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física)–Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

TRENTIN, R. **Definição de Unidades Geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Itu – Oeste do Rio Grande do Sul**. 2007. 140p. Dissertação (Mestrado em Geografia e Geociências)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

TRENTIN, R. **Mapeamento Geomorfológico e Caracterização Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Itu – Oeste do Rio Grande do Sul – Brasil**. 2011. 215f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. As Unidades de Relevo como Base para a Compartimentação Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Itu – Oeste do Rio Grande do Sul. In: 9º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 2012, Rio de Janeiro/RJ. **Anais...** Rio de Janeiro/RJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; SCCOTI, A. A. V. Determinação dos litótipos aflorantes na bacia hidrográfica do rio Ibicuí, RS. **Geografia Ensino e Pesquisa**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 75-95, 2015. Disponível em:

<<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs->

[2.2.2/index.php/geografia/article/view/16035/pdf](http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/geografia/article/view/16035/pdf)>. Acesso em: 01 abr. 2016.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; SILVEIRA, C. T. Compartimentação Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Itú/RS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 219-237, 2015. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php?journal=rbg&page=article&op=view&path%5B%5D=460&path%5B%5D=459>>. Acesso em: 4 dez. 2015.

TRICART, J. **Principes et méthodes de geomorphologie**. Paris: Editora Masson, 1975. 201p.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE/SUPREN, 1977. 97p.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Imagens Landsat 5 e Landsat 8**. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 29 out. 2016.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Shuttle Radar Topography Mission**. Disponível em: <<http://srtm.usgs.gov/>>. Acesso em: 09 jan. 2016.

VALERIANO, M. M. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 539-546, 2003.

VALERIANO, M. M. Dados Topográficos. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e técnicas atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 72-104.

VALERIANO, M. M.; CARVALHO JUNIOR, O. A. Geoprocessamento de modelos digitais de elevação para mapeamento da curvatura horizontal em microbacias. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 17-29, 2003. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php?journal=rbg&page=article&op=view&path%5B%5D=17&path%5B%5D=15>>. Acesso em: 15 mar. 2015.

VEDOVELLO, R. Aplicações da Cartografia Geoambiental. In: 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 5, 2004, São Carlos/SP. **Anais...** São Carlos/SP: Universidade Federal de São Carlos, 2004.

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. Abordagem Sistêmica. **Geografia**, Rio Claro, v. 28, n. 3, p. 323-344, 2003.

VISUAL INFORMATION SOLUTIONS. **ENVI® 4.8 Support**. Disponível em: <<http://www.exelisvis.com/Support/Forums/tabid/184/forumid/6/postid/16761/scope/posts/Default.aspx/>>. Acesso em: 10 set. 2015.

WILDNER, W. et al. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul**. Escala 1:750.000. CPRM: Serviço Geológico do Brasil, Escala 1:750.000 Porto Alegre, 2006.

WOOD, J. **The geomorphological characterisation of digital elevation models**. 238f. 1996. PhD Thesis (Doctorate in Geography)—University of Leicester, Leicester, 1996.

XAVIER DA SILVA, J. **Geoprocessamento para análise ambiental**. Rio de Janeiro: Editora Jorge Xavier da Silva, 2001. 228p.

ZUQUETTE, L. V. **Análise Crítica sobre Cartografia Geotécnica e Proposta Metodológica para as Condições Brasileiras**. 1987. 673f. Tese (Doutorado em Engenharia)—Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1987.

ZUQUETTE, L. V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração.** Tese de Livre Docência (Escola de Engenharia de São Carlos)–Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1993.