



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA - RS
CENTRO DE CIÊNCIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO: MESTRADO EM GEOMÁTICA

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA ORIZICULTURA IRRIGADA NO MUNICÍPIO DE RESTINGA SÊCA/RS EM DETRIMENTO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

Mestranda: Aline Graziadei Fernandes

Orientador: Prof. Dr. Pedro Roberto de Azambuja Madruga

Coorientação: Prof. Dr. Jose Sales Mariano da Rocha

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geomática, da Universidade Federal de Santa Maria (CCR, UFSM, RS). Área de Concentração Linha de Pesquisa Dinâmica Espaço-Temporal de Informações Georreferenciadas.

Como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Geomática.

Santa Maria, 17 de Agosto RS.

2012

Análise multitemporal da orizicultura irrigada no município de Restinga Sêca/RS em detrimento das Áreas de Preservação Permanente

Por

Aline Graziadei Fernandes

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geomática, da Universidade Federal de Santa Maria (CCR, UFSM, RS). Área de Concentração Linha de Pesquisa: Dinâmica Espaço-Temporal de Informações Georreferenciadas. Como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Geomática.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Roberto de Azambuja Madruga

Santa Maria, 17 de Agosto RS.

2012

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-graduação Em Geomática

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

Análise multitemporal da orizicultura irrigada no município de Restinga Sêca/RS em
detrimento das Áreas de Preservação Permanente

Elaborada por

Aline Graziadei Fernandes
Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Geomática

COMISSÃO EXAMINADORA:

Pedro Roberto de Azambuja Madruga, Dr. (UFSM)
(Presidente Orientador)

Adriana Gindri Salbego, Dr. (UNIPAMPA)

Cleonir Martins Carpes, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 17 de Agosto 2012.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Sergio e Neiva, por terem sido pais incentivadores e instigadores da minha formação.

Ao meu orientador, Pedro Roberto de Azambuja Madruga pelos votos de confiança e amizade e a sua esposa Adriana Gindri Salbego, que nas horas de aperto me puxava a orelha.

A amiga Angelise Mendes, que com seu jeitinho especial, deu o ponta pé inicial para este trabalho.

A amiga Elisete Felin, colega de mestrado, amiga nas horas de alegria, estudo e trabalho, obrigada por sua parceria.

Ao meu querido companheiro Renato, que com toda a paciência, ficou ao meu lado me dando força, mesmo a distancia.

A Universidade Federal de Santa Maria, instituição que me acolheu em 1995 e que até hoje estive vinculada, seja como aluna de Graduação ou Pós-Graduação.

A todos os meus professores do Mestrado em Geomática. E ao Funcionário Wanderley da Costa Vasconcelos do Programa de Pós-Graduação em Geomática do Centro de Ciências Rurais da UFSM por toda a sua atenção.

Aos colegas de mestrado, Mauricio, Wanda, Ivone e Vera P., foi uma caminhada grande que chega ao seu fim.

A todos os que de alguma forma contribuíram na realização deste trabalho, o meu agradecimento e desejo de eterno sucesso, e aos proprietários das propriedades visitadas do município de Restinga Sêca.

Homens também choram, mas é um choro diferente. As lágrimas das mulheres têm um não sei quê que não quer chorar, um não sei quê de fragilidade, um não sei quê de amor, um não sei quê de tempero divino, que tem um efeito devastador sobre os homens...

Luis Fernando Veríssimo

RESUMO

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

Análise multitemporal da orizicultura irrigada no município de Restinga Sêca/RS em detrimento das Áreas de Preservação Permanente

AUTORA: Aline Graziadei Fernandes

ORIENTADOR: Pedro Roberto de Azambuja Madruga

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 17 de Agosto 2012.

Harmonizar a atividade econômica, neste caso a atividade agrícola com a preservação ambiental é de fato um tema complexo e difícil. Por outro lado é possível tal harmonia considerando que as atividades agrícolas já contemplam critérios de sustentabilidade, compatibilizando o desenvolvimento econômico e meio ambiente. O Rio Grande do Sul se destaca no cultivo do arroz, com 50 % da produção nacional e há uma necessidade de informações mais precisas sobre a produção deste grão. Desta forma os objetivos são a aplicação de técnicas de geoprocessamento para a identificação/espacialização, avaliação do uso do solo com ênfase na cultura orizícola irrigada no município produtor de Restinga Sêca – RS, demonstrando o avanço desta atividade em detrimento das áreas de preservação permanente. A metodologia utilizada valeu-se das técnicas do sensoriamento remoto, com o uso de imagens orbitais do satélite Landsat TM5, essas imagens foram classificadas digitalmente resultando em uma interpretação manual detalhada de uma série multitemporal de imagens dos anos de 1986, 1996, 2006 e 2011. Para a análise do uso da terra, foram coletadas amostras de cada classe, onde as que se destacam são a Lamina d'água, Vegetação arbórea, Solo exposto, Agropecuária e Agricultura irrigada. Nos resultados de cada classe durante o período estudado, fica evidenciado que as classes Lâmina d'água, Vegetação Arbórea e Agricultura Irrigada sofreram interferências em suas áreas totais. No que diz respeito as áreas de preservação permanente do município apresentam-se em conformidade com a legislação ambiental. Deve-se ressaltar que ocorreu um incremento de 11,6% nas áreas de preservação permanente, ainda que parte significativa dessas áreas foram substituídas pela agricultura irrigada, a orizicultura. O sucesso na estimativa de área de plantio no município foi instrumentalizado pelas ferramentas da geotecnologia, importante aliada no presente estudo

RESUMO (ESPAÑOL)

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

Análisis multitemporal de la orizicultura irrigada en la municipalidad de Restinga Sêca/RS en detrimento de las áreas de preservación permanente.

AUTORA: Aline Graziadei Fernandes

ORIENTADOR: Pedro Roberto de Azambuja Madruga

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 17 de Agosto de 2012.

Armonizar la actividad económica, en este caso, La actividad agrícola con la preservación ambiental es, realmente, un tema complejo y difícil. Por otro lado, es posible tal armonía considerándose que las actividades agrícolas ya contemplan criterios de sostenibilidad, compatibilizando el desarrollo económico y medio ambiente. Rio Grande do Sul se destaca en el cultivo de arroz, con 50% de la producción nacional y en esto, hay una necesidad de informaciones más específicas sobre la producción de este grano. Así, pues, los objetivos son la aplicación de técnicas de geoprosesamiento para la identificación/espacialización, evaluación del uso del suelo con énfasis en la cultura orizícola de riego en el municipio productor de Restinga Sêca – RS, comprobando el avance de esta actividad en detrimento de las áreas de preservación permanente. La metodología usada buscó en las técnicas de sensoramiento remoto con el uso de imágenes orbitales del satélite LandSat TM5. Esas imágenes fueron clasificadas digitalmente, resultando en una interpretación manual detallada de una serie multitemporal de imágenes de los años de 1986, 1996, 2006 y 2011. Para el análisis del uso de la tierra fueron recolectadas muestras de cada clase, en las cuales se destacan la Lámina d'agua, Vegetación arbórea, Suelo expuesto y Agricultura de riego. En los resultados de cada clase, durante el periodo estudiado, se evidencia que las clases Lámina d'agua, Vegetación arbórea y Agricultura de riego sufrieron interferencias en sus áreas totales. Por lo que respecta a las áreas de preservación permanente del municipio, se presentan en conformidad con la legislación ambiental. Se debe resaltar que ocurrió un aumento de 11,6% en las áreas de preservación permanente, aunque parte significativa de esas áreas fueron sustituidas por la agricultura de riego, la orizicultura. El suceso en la estimativa del área de plantío en el municipio fue instrumentalizado por las herramientas de geotecnología, importante aliada en el presente estudio.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa das Regiões Hidrográficas do Rio Grande do Sul. Fonte: Secretaria de Meio Ambiente.	24
Figura 2. Dados sobre a Irrigação no Brasil	26
Figura 3. Evolução da área irrigada no Brasil.	27
Figura 4. Regiões orizícolas do Estado do Rio Grande do Sul.....	31
Figura 5. Evolução da Produtividade no RS	32
Figura 6. Curva média da vegetação fotossinteticamente ativa.	44
Figura 7. Localização do município de Restinga Sêca - RS.....	48
Figura 8. Mapa das bacias hidrográficas ao qual o município de Restinga Sêca pertence.	49
Figura 9. Fotografia 01. Características do relevo - planícies aluviais - Restinga Sêca RS.	51
Figura 10. Mosaico de fotos – Local município de Restinga Sêca, propriedades com processo de degradação.	53
Figura 11. Mosaico de fotos. Local BR 287 – divisa municípios de Restinga Sêca e Agudo, em Dezembro de 2009	53
Figura 12. Fluxograma da metodologia adotada.	56
Figura 13. Representação gráfica dos limites determinados na legislação para APPs de cursos d'água, lagos e lagoas, sem escala	58
Figura 14. Mapa Hipsométrico do município de Restinga Sêca RS.	61
Figura 15. Mapa Hidrográfico do município de Restinga Sêca RS.....	62
Figura 16. Percentual de uso da terra no município de Restinga Sêca RS no ano de 1986.	63
Figura 17. Mapa de uso da terra no município de Restinga Sêca - RS do ano de 1986.	64
Figura 18. Percentual de uso da terra no município de Restinga Sêca RS no ano de 1996.	65
Figura 19. Mapa de uso da terra no município de Restinga Sêca RS no ano de 1996.	66
Figura 20. Percentual de uso da terra no município de Restinga Sêca RS no ano de 2006.	68
Figura 21. Mapa de uso da terra no município de Restinga Sêca RS no ano de 2006.	69
Figura 22. Percentual de uso da terra no município de Restinga Sêca RS no ano de 2011.	71
Figura 23. Evolução da área cultivada com orizicultura conforme a classificação de uso da terra, no município de Restinga Sêca - RS, em um período de 25 anos.	71
Figura 24. Carta Imagem do município de Restinga Sêca RS – 2011.	72
Figura 25. Mapa de Classes de Uso da Terra do município de Restinga Sêca RS no	

ano de 2011.	73
Figura 26. Evolução da classe Vegetação do município de Restinga Sêca RS no período de 25 anos.	74
Figura 27. Mapa de Áreas de Preservação Permanente do município de Restinga Sêca RS.	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Evolução da produção de arroz nos países do Mercosul, no período de 1990/00 a 2009/10.	29
Tabela 2. Produção de arroz nas regiões brasileiras, safra 2000/01.	29
Tabela 3. Fases de crescimento de um cultivo de arroz.	33
Tabela 4. Fases de desenvolvimento das Ciências da Informação Geográfica.	41
Tabela 5. Dados gerais das últimas cinco safras no município de Restinga Sêca - RS.	52
Tabela 6. Datas utilizadas das Imagens Landsat-5 para o estudo.	55
Tabela 7. Percentual e área em hectares das classes de uso da terra do ano de 1986 do município de Restinga Sêca RS.	63
Tabela 8. Percentual e área em hectares das classes de uso da terra do ano de 1996 do município de Restinga Sêca RS.	65
Tabela 9. Percentual e área em hectares das classes de uso da terra do ano de 2006 do município de Restinga Sêca RS.	68
Tabela 10. Percentual e área em hectares das classes de uso da terra do ano de 2011 do município de Restinga Sêca RS.	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Critérios para delimitação de APPs, segundo as resoluções CONAMA 302 e 303/2002.	37
Quadro 2. Cartas Topográficas utilizadas no estudo.	54

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Áreas de Preservação Permanente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CRH	Conselho de Recursos Hídricos
DRH	Departamento de Recursos Hídricos
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IRGA	Instituto Riograndense do Arroz
LO	Licença de Operação
OMS	Organização Mundial da Saúde
PERAI	Plano Estadual de Regularização da Atividade de Irrigação
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
ROI	Regions of Interest
SEMA	Secretaria Estadual de Meio Ambiente
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SR	Sensoriamento Remoto
SRTM	Shuttle Radar Topographic Mission/90
TCA	Termo de Compromisso Ambiental
UTM	Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1. Histórico dos recursos hídricos	18
2.2. O sistema nacional de recursos hídricos	19
2.3. Usos múltiplos da água	22
2.4. Bacia hidrográfica – planejando o futuro	23
2.5. Demanda por água	24
2.6. A agricultura irrigada	25
2.7. A orizicultura	28
2.7.1. O Rio Grande do Sul.....	29
2.7.2. Aspectos agronômicos da orizicultura.....	32
2.7.3. A orizicultura e o meio ambiente no RS.....	34
2.7.3.1. O Plano Estadual de Regularização da Atividade de Irrigação no Rio Grande do Sul.....	35
2.7.3.2. O código florestal.....	36
2.8. Geoprocessamento: conceitos e configurações	38
2.8.1. Geoprocessamento	38
2.8.2. Sistemas de Informações Geográficas – SIG	40
2.8.3. Sensoriamento remoto – SR	42
2.8.4. Sensoriamento remoto – aplicações na agricultura	44
2.8.4.1. O sistema LANDSAT.....	45
2.8.4.2. Sensoriamento remoto e a orizicultura.....	46
3. MATERIAIS E MÉTODOS	47
3.1. Caracterização da área de estudo:	47
3.1.1. Aspectos hidrográficos	54
3.2. Fonte de dados	54
3.3. Aplicativos	55
3.4. Metodologia	56
3.4.1. Delimitação da área de estudo.....	56
3.4.2. Obtenção dos mapas hipsométricos e rede hidrográfica do município.....	57
3.4.3. Obtenção do mapa de áreas de preservação permanente.....	57
3.4.4. Obtenção do mapa da área orizícola do município de Restinga Sêca RS, por meio de imagens de satélites.....	58
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	60

4.1. Análise dos resultados para ocupação do uso do solo pela orizicultura, referente aos anos de 1986,1996, 2006 e 2011	60
4.1.1. Ocupação do uso do solo no ano de 1986.....	63
4.1.2. Ocupação do uso do solo no ano de 1996.....	65
4.1.3. Ocupação do uso do solo no ano de 2006.....	67
4.1.4. Ocupação do uso do solo no ano de 2011.....	70
4.2. Áreas de Preservação Permanente	74
5. CONCLUSÕES	76
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

1. INTRODUÇÃO:

As questões relacionadas com o meio ambiente estão atraindo a atenção em nível municipal, estadual, nacional e internacional, considerando-se principalmente a água, as mudanças climáticas, a biodiversidade nos diferentes biomas e o solo.

O princípio do desenvolvimento sustentável que reconhece a necessidade de harmonização entre desenvolvimento econômico-social e conservação ambiental já é consenso de que deve ser adotado como política pública de desenvolvimento, isso significa repensar a interação do homem com o meio ambiente. Harmonizar a atividade econômica, neste caso a atividade agrícola com a preservação ambiental é de fato um tema complexo e difícil. Por outro lado é possível tal harmonia considerando que as atividades agrícolas já contemplam critérios de sustentabilidade, compatibilizando o desenvolvimento econômico e meio ambiente. O desafio consiste em escolher estratégias que possam manter o meio ambiente seguro, sem regulamentações e custos excessivos. Nesse sentido, os recursos hídricos, atualmente estão entre as preocupações, é um dos temas abordados neste estudo. A demanda crescente dos recursos hídricos traz à tona a importância de dar suporte a própria existência humana, significando que o crescimento contínuo da população do planeta e a constatação de que a água é um recurso finito, vulnerável, exige planejamentos à longo prazo, representando a necessidade de usos mais eficientes. Deste ponto de vista, a agricultura e em especial a agricultura irrigada tem sido abordada como uma “atividade vilã”, já que permite ampliar a oferta de alimento com menor expansão da fronteira agrícola, mas é a maior usuária de água, responsável por cerca de 70% do consumo mundial, sendo que apenas 40% dessa água atinge efetivamente as raízes das plantas.

Uma maneira de se planejar à longo prazo, no que diz respeito a preservação ambiental e uso racional da água é a aplicação de uma legislação e o Brasil neste sentido, vem legislando sobre o uso da água, desde o “Código das Águas” de 1934, passando pela Constituição de 1988, onde a necessidade fez inserir temas como a gestão e o uso da água, surgindo a Lei 9. 9.433 de 08/01/1997, que estabeleceu diretrizes para a aplicabilidade dos instrumentos de gestão e instituiu a política Política Nacional de Recursos Hídricos, criando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, concluindo com a criação da Agência Nacional de Águas em

junho de 2000.

No âmbito estadual, o Rio Grande do Sul vem tratando do assunto de forma correta, compondo um processo contínuo e sistemático. Foi criada a legislação de apoio como a Lei Estadual nº 10.350 de 1994, introduzindo a Bacia Hidrográfica como unidade de Planejamento e de Gestão, seguida pela lei que criou o Plano Estadual de Regularização da Atividade de Irrigação – PERAI, resultante da necessidade de regulamentação e gestão de algumas culturas no caso a orizicultura, maior usuária dos recursos hídricos do Estado. A Resolução nº 100 do Conselho Estadual de Meio Ambiente – CONSEMA prevê ações diretas na recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APP), ocupadas pela produção orizícola. A partir desta resolução, a concessão de novas licenças, bem como a renovação da Licença de Operação (LO) de empreendimentos de irrigação passou a estar condicionado a adesão do produtor ao Termo de Compromisso Ambiental (TCA). De acordo com a Resolução nº 100 do CONSEMA o TCA tem como objetivos:

“Garantir a execução de medidas, com condicionantes técnicos específicos de modo a cessar, adaptar, recompor ou corrigir a atividade degradadora e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente”.

O Rio Grande do Sul cumpre seu papel como grande produtor de arroz. A cada ano está mais competitivo perante países do Mercosul, como a Argentina, Paraguai e Uruguai, mesmo a frente a outros estados produtores, como Mato Grosso e Santa Catarina. Hoje o RS é responsável por 61% da produção nacional e por 50% da produção do Mercosul, com uma produção estimada para 2009/2010 de 9.117 mil t, sendo que a região da Depressão Central apresentou na safra 2008/09 uma produção aproximada de 7,5 mil t (Lavoura Arrozeira, 2008).

Para que essas ações de adequação ambiental sejam implementadas efetivamente, são necessários muitos estudos e pesquisas, gerando dados corretos e confiáveis do monitoramento da degradação do meio ambiente. Uma das estratégias utilizadas pelos pesquisadores, que mais tem se destacado pela eficácia dos resultados proporcionados, tem sido os mapeamentos, que propiciam a análise dos desequilíbrios ambientais e a utilização de técnicas de sensoriamento remoto através de Sistemas de Informação Geográfica – SIG, tem contribuído para a espacialização dos fenômenos de forma rápida e precisa. Além de seu caráter multidisciplinar, pois usa recursos da cartografia, imagens orbitais, geologia e agrimensura, além de outros. O SIG contribui para um melhor planejamento, sendo um avanço tecnológico

em estudos no âmbito dos recursos naturais, em termos gerais, pois se obtém informações, permitindo a atualização permanente dos dados.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é a aplicação de técnicas de geoprocessamento para a identificação, espacialização e o monitoramento do uso do solo no município de Restinga Sêca - RS, com ênfase na cultura orizícola irrigada, bem como sua interface com o meio ambiente, demonstrando o avanço da atividade em detrimento das áreas de preservação permanente deste município.

A justificativa se dá ao fato de que o município escolhido, Restinga Sêca faz parte do plano de desenvolvimento sustentável da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, é pertencente a duas Bacias Hidrográficas: Vacacaí, Vacacaí Mirim e Baixo Jacuí, apresenta alta densidade de rede de drenagem, além de que o cultivo orizícola ainda é a maior fonte de renda e influencia diretamente a economia da região e do município.

2. REFERENCIAL TEÓRICO:

2.1. Histórico da gestão dos recursos hídricos

Sabe-se que a água é essencial à vida, todos os organismos vivos do planeta dependem dela para sua sobrevivência e é um bem não renovável. Conforme a UNESCO, a crescente escassez deste bem é um dos problemas ambientais mais graves deste século.

Conforme TUNDISI (2003), a água funciona como um fator de desenvolvimento, pois é utilizada para inúmeros usos diretamente relacionados com a economia e à medida que aumenta o desenvolvimento econômico aumenta a pressão sobre os recursos hídricos. BALARINE (2000), também cita a problemática da escassez relacionada ao desenvolvimento econômico nacional.

... embora o Brasil disponha de cerca de 12% das disponibilidades mundiais, não está distante o dia em que se tornarão frequentes os conflitos de uso da água, e em algumas regiões do país, a escassez de água já é um sério fator restritivo da melhoria da qualidade de vida e do desenvolvimento econômico. BALARINE (2000, p.04).

A necessidade de organização e formação de uma consciência mundial sobre a importância da água surgiu na década de 1970, na Conferência das Nações Unidas sobre água, realizada em Mar del Plata no mês de Março de 1977. Foi nessa conferência que aconteceram as primeiras discussões, com atenção maior sobre a necessidade de reforma e modernização da gestão dos recursos hídricos mundiais, desse encontro surgiram recomendações que veremos a seguir.

Cada país deve formular e analisar uma declaração geral de políticas em relação ao uso, à ordenação e a conservação da água, como marco de planejamento e execução de medidas concretas para a eficiente aplicação dos diversos planos setoriais. Os planos e políticas de desenvolvimento nacional devem especificar os objetivos principais da política sobre o uso da água, a qual deve ser traduzida em diretrizes e estratégias, subdivididas, dentro do possível, em programas para o uso ordenado e integrado do recurso (Agência Nacional de Águas, 2002).

Mas, o marco para a modernização da gestão das águas se deu na Confe-

rencia Internacional sobre Água e Meio Ambiente em Dublin, Irlanda em 1992, antecedendo a RIO 92 – Conferencia das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, que deu início às mudanças de pensamento na gestão dos recursos hídricos. Da conferencia de Dublin, saiu o “Princípios de Dublin”, que orientam até a atualidade a gestão dos recursos hídricos, recomendações essas de ações a nível local, nacional e internacional, (AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2002), são eles:

I) As águas doces são um recurso natural finito e vulnerável, essencial para a sustentação da vida, do desenvolvimento e do meio ambiente. A gestão da água deve ser integrada e considerada seu todo, quer seja a bacia hidrográfica e/ou os aquíferos.

II) O desenvolvimento e a administração da água devem basear-se num enfoque participativo, envolvendo os usuários, planejadores e formuladores de políticas, em todos os níveis.

III) As mulheres têm um papel central na provisão e proteção da água.

IV) A água é um recurso natural dotado de valor econômico em todos seus usos competitivos e deve ser reconhecida como um bem econômico.

2.2 O sistema nacional de recursos hídricos

O Decreto N° 24.643 de 10 de Julho de 1934, ou o chamado “Código de Águas” foi um importante marco jurídico para o Brasil, atribuindo à água uma classificação de uso público, de uso comum e dominicais, comuns e particulares (XAVIER, 2008 p. 251), já que surgiu da necessidade de uma regulamentação que permitisse ao Poder Público controlar e incentivar o aproveitamento industrial das águas, permitindo a expansão do sistema hidroelétrico que estava começando a se tornar um dos maiores usuários dos recursos hídricos brasileiro.

Na Constituição de 1988, encerrou-se a prerrogativa da privatização dos recursos hídricos, definindo eles como sendo um bem da União ou dos Estados (XAVIER, 2008).

São bens da união:

III – os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como terrenos marginais e as praias fluviais. (BRASIL, 1988).

No Artigo 21 da Carta Magna, inciso XIX, se verifica o surgimento do Sistema Nacional de Recursos Hídricos:

Compete a União: instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso (BRASIL, 1988).

Em 1987, no VII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos a “Carta de Salvador” instituiu o aperfeiçoamento da legislação, contemplando os preceitos da carta de “Mar del Plata” que seguem a seguir :

- a) Usos múltiplos de recursos hídricos;
- b) Descentralização e participação;
- c) Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos;
- d) Aperfeiçoamento da legislação;
- e) Desenvolvimento tecnológico e aperfeiçoamento de Recursos Humanos;
- f) Sistemas de informações de recursos hídricos;
- g) Política Nacional de Recursos hídricos.

XAVIER (2008), diz que a procura por uma melhor capacidade de gestão e quantidades e qualidade dos recursos hídricos solidificou-se em novas bases conceituais através da Constituição e da Lei nº 9.433 de 1997. Conforme BALARINE (2000) foi a Lei nº 9.433 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Recursos Hídricos e que tal política pode ser identificada através de seus desdobramentos em:

- a) Princípios básicos
- b) Instrumentos de política
- c) Organismos para gestão compartilhada da água.

Essas novas bases conceituais citadas anteriormente são:

- O conceito de Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento e gestão;
- A água como bem econômico passível de ter sua utilização cobrada;
- Gestão das águas delegada a comitês e conselhos de recursos hídricos com a participação da União, dos Estados, dos Municípios, de usuários de recursos hídricos e da sociedade civil. (XAVIER, 2008 p. 252). Esse mesmo autor também fala que a Constituição disciplinou o uso das águas e:

“Procurou estabelecer a gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos, fundando a bacia hidrográfica, e não os entes Federativos, como unidade

de planejamento, dado que o ciclo hidrológico segue uma lógica diferente da lógica do ordenamento político-territorial adotado no país". (XAVIER, 2008 p. 252).

Para tanto foi necessário criar uma agência que regulasse tal sistema, a Agência Nacional de Águas (ANA), Lei Nº 9.984 de julho de 2000. Essa agência tem como missão básica a implantação do Sistema Nacional de Recursos Hídricos, participando na execução da Política Nacional de Recursos Hídricos e apoiando os Conselhos Nacional e Estaduais de Recursos Hídricos, bem como os respectivos Comitês de Bacias Hidrográficas, fornecendo subsídios técnicos na implantação desta política.

Assim a ANA, afirma que os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos são:

- a) Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- b) A utilização nacional e integrada dos recursos hídricos incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- c) A preservação e a defesa contra os eventos críticos, de origem natural ou decorrente do uso integrado dos recursos hídricos.

A Lei 9.433 é a concretização moderna de nossa legislação, faz do Brasil um dos países com legislação mais avançada do mundo no setor de recursos hídricos (ANA) e o Sistema Nacional de Recursos Hídricos deve cumprir os seguintes objetivos:

- Coordenar a gestão integrada das águas;
- Arbitrar administrativamente os conflitos ligados ao uso da água;
- Implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos;
- Planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos;
- Promover a cobrança pelo uso da água.

2.3 Usos múltiplos da água:

Conforme CHRISTOFIDIS (2006) os usos múltiplos da água são classificados em duas categorias essenciais: **uso consultivo e uso não consultivo**. O primeiro trata do consumo de parte da água captada de um manancial e o segundo utiliza a água e ela retorna ou permanece no corpo de água, disponibilizando-a para outros propósitos.

Assim, o abastecimento humano e animal, a geração de energia, o abastecimento industrial, a navegação, a irrigação, a pesca e aquicultura e por fim a recreação são os principais usos atuais e, competem entre si, já que o grande desafio é como harmonizar a oferta com as demandas para atender a todos sem que haja risco de conflitos, uma vez que essas demandas possuem suas características particulares, onde a que mais se destaca é em relação à qualidade da água. Seguindo essa lógica, as atividades humanas como o abastecimento urbano exige alto padrão de qualidade, já o abastecimento industrial e a irrigação uma média qualidade e a geração de energia ou a navegação podem utilizar uma água de baixa qualidade.

É preciso lembrar que o efeito das atividades humanas sobre as águas em sua maioria é poluidora, desde dejetos orgânicos ao uso indiscriminado de defensivos agrícolas pela agricultura, isso significa que o uso dos recursos hídricos deve observar sempre a preservação ambiental.

Em SALBEGO (2010) verifica-se a preocupação da preservação e da sustentabilidade dos usos da água:

“Muitos são os desafios que se relacionam à busca de soluções sustentáveis para problemas como: escassez e/ou excesso de água, deterioração da qualidade da água e, principalmente, com a percepção inadequada da sociedade para com os recursos hídricos.”

2.4 Bacia Hidrográfica – planejando o futuro:

Conforme BORSOI e TORRES (1997) a gestão de recursos hídricos, através de bacia hidrográfica, tem papel fundamental na gestão ambiental porque a água é um indicador usado em modelos simulados: *“É possível reproduzir o funcionamento hidráulico e ambiental a partir de uma base técnica: informação sobre apropriação (uso e poluição) da água e características fisiográfica da bacia e do corpo d'água em si.”* Deste modo, é necessário considerar as diferentes necessidades de diferentes interesses, a bacia hidrográfica deve ser considerada como um processo de tomada de decisões onde se possam contemplar os ganhos e as perdas de cada componente do sistema de gerenciamento.

De acordo com a ANA (2011), são oito as grandes bacias hidrográficas no País: a do rio Amazonas, a do rio Tocantins, as do Atlântico Sul, trechos Norte e Nordeste, a do rio São Francisco, as do Atlântico Sul, trecho Leste, a do rio Paraná, a do rio Paraguai, e as do Atlântico Sul, trecho Sudeste.

O Rio Grande do Sul pertence a do Atlântico Sul trecho Sudeste, em seu artigo 171 da Constituição Estadual estabeleceu um modelo sistêmico para a gestão das águas do Estado, no qual a bacia hidrográfica foi definida como unidade básica de planejamento e gestão. A Lei 10.350/1994 regulamentou este artigo e estabeleceu, para cada bacia do Estado, a formação de um comitê de gerenciamento, o comitê de bacia. Para o Rio Grande do Sul, de acordo com a referida lei, foi determinada a existência de três Regiões Hidrográficas, as quais foram subdivididas em bacias hidrográficas, totalizando, até o presente momento, 25 unidades. Para cada uma destas está previsto a formação de um comitê para a gestão integrada dos seus recursos hídricos (SEMA, 2010).

As bacias hidrográficas se agrupam em três regiões hidrográficas (Figura 1), a região do rio Uruguai que coincide com a bacia nacional do Uruguai, a região do Guaíba e a região do Litoral, que coincidem com a bacia nacional do Atlântico Sudeste. Já os instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos são: outorga de uso dos recursos hídricos, cobrança pelo uso dos recursos hídricos e o rateio de custo de obras de uso e proteção dos recursos hídricos, sendo este último não considerado na legislação federal.

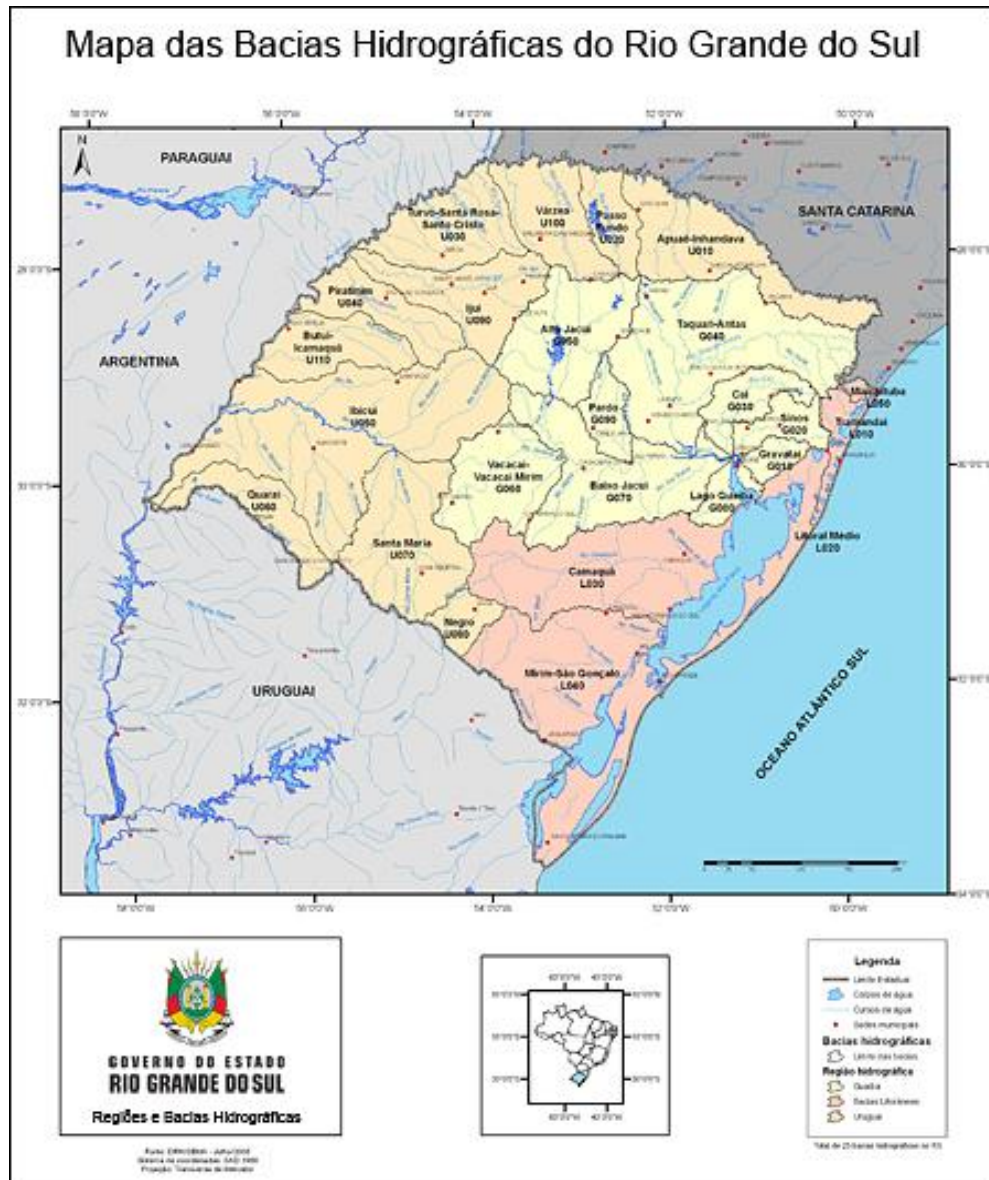


Figura 1. Mapa das Regiões Hidrográficas do Rio Grande do Sul. Fonte: Secretaria de Meio Ambiente. Disponível em <http://www.sema.rs.gov.br>

2.5 A Demanda por Água:

A demanda por água cresceu de maneira desordenada, o consumo mundial exige cada vez mais planejamento e gestão de órgãos públicos e da sociedade. Segundo TUNDISI (2003), o desenvolvimento econômico e a renda per capita, aumentam a pressão sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos e geram impactos na quantidade e qualidade, alterando os estoques. BORSOI e TORRES (1997)

afirmam que a demanda das populações por água depende dos padrões e costumes de uso, da renda, de sua localização urbana ou rural, da disponibilidade de água e outros fatores. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), as populações rurais de países em desenvolvimento consomem entre 35 e 90 litros de água por habitante/dia. Entretanto, em alguns desses países verifica-se um consumo de até cinco litros por habitante/dia, o mínimo necessário para manter a vida.

CHRISTOFIDIS (2004), demonstra sua preocupação em relação a quantidade existente e a demanda pelo consumo humano:

A quantidade de água existente na natureza é finita e sua disponibilidade diminui gradativamente devido ao crescimento populacional, à expansão das fronteiras agrícolas e à degradação do meio ambiente. Sendo a água um recurso indispensável à vida, é de fundamental importância a discussão das relações entre o homem e a água, uma vez que a sobrevivência das gerações futuras depende diretamente das decisões que hoje estão sendo tomadas. (CHRISTOFIDIS et al.2004).

O atendimento pleno à demanda hídrica dos diferentes setores usuários fica, portanto, mais complexo com o crescimento das cidades e com a implantação de indústrias. A adequada gestão de recursos hídricos, com o apoio da gestão ambiental, é fundamental para evitar conflitos potenciais ou mitigar conflitos atuais pelo uso da água nessas circunstâncias (ANA, 2009).

2.6 A Agricultura Irrigada:

É fato que a população mundial está crescendo e a necessidade no aumento na produção de alimentos geram demandas pelos recursos hídricos, isso é verificado em TUNDISI (2003), onde surge a preocupação por essa temática: água e produção de alimentos:

“o desenvolvimento socialmente justo de todo o planeta deve promover a distribuição e o suprimento adequado de alimento para todos os habitantes do planeta. A avaliação adequada dos recursos hídricos necessários para duplicar a produção de alimentos ainda não foi feita, quais as fontes principais de água disponíveis para produzir alimento, por região ou continente?...”

Para esse autor, grande parte da expansão na produção de alimentos foi conseguida principalmente pela área irrigada.

Já CHRISTOFIDIS (2008) afirma que a área cultivada no mundo cresceu de aproximadamente 13 % no período de 1961 a 2003 (elevando-se de 1.368 milhões de hectares para 1.541 milhões de hectares), enquanto a área equipada com infraestrutura de irrigação praticamente dobrou (elevando-se de 139 milhões para 278 milhões de hectares), o que representou ampliar a área cultivada sob irrigação de 10% para 18% do total de área cultivada.

No Brasil, segundo a ANA, a área irrigada está estimada em 3 milhões de hectares distribuídos nas regiões do país conforme a Figura 2, aproximadamente nas seguintes porcentagens: Norte – 3%, Nordeste – 19%, Sudeste – 30%, Sul – 41%, Centro-Oeste – 7%. A Figura 3 apresenta a Taxa de crescimento de área irrigada no país desde a década de 50 até os anos 90.

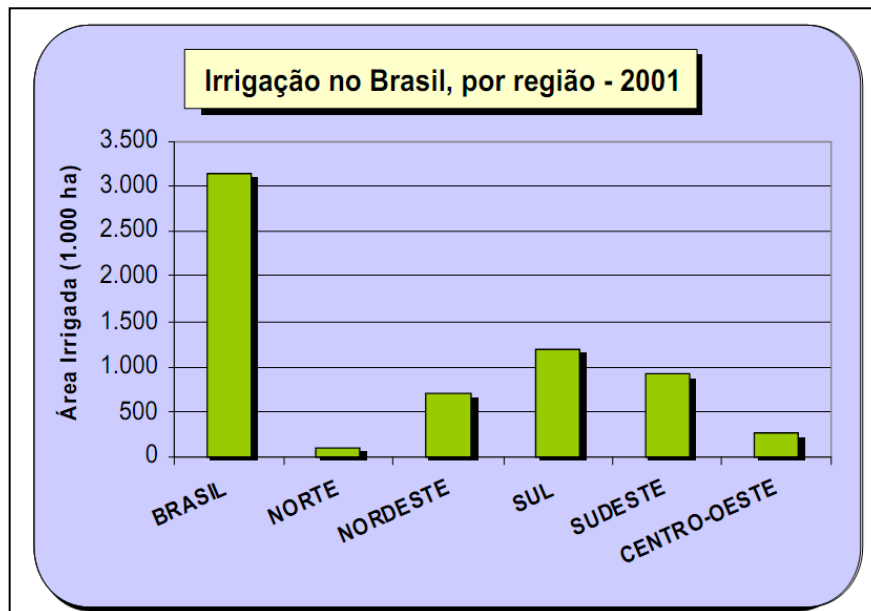


Figura 2. Dados sobre a Irrigação no Brasil - Fonte: Agencia Nacional de Águas 2004.

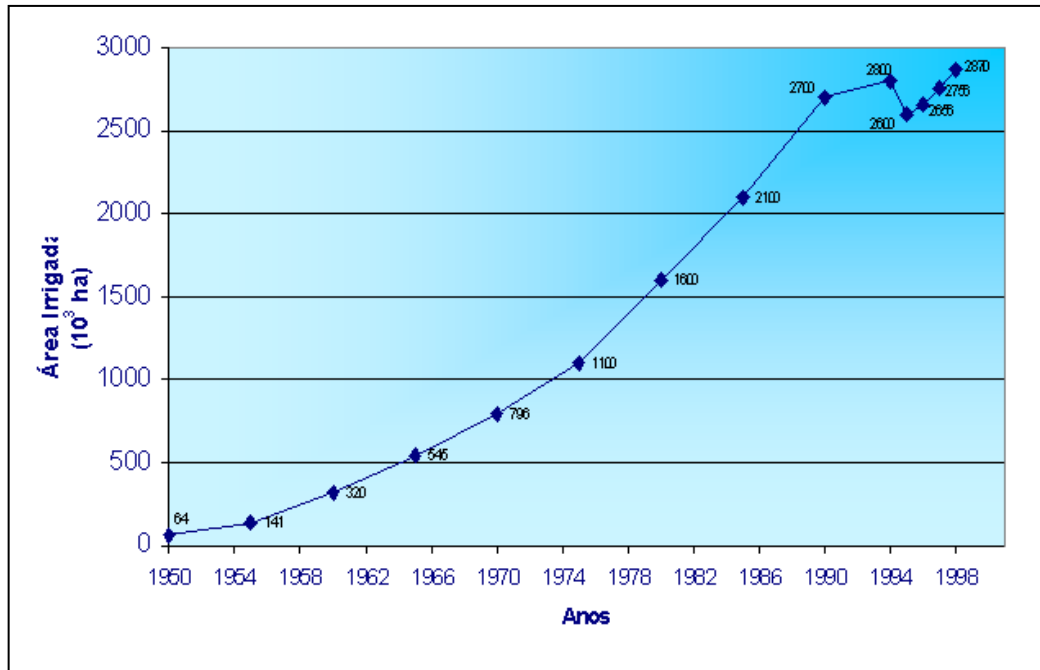


Figura 3. Evolução da área irrigada no Brasil. Fonte: Christofidis et al.2004.

Com esses dados é possível verificar que houve uma intensificação do uso da irrigação como uma estratégia para o aumento da oferta de produtos destinados ao mercado interno e internacional.

A agricultura irrigada no país é considerada a principal usuária de recursos hídricos utilizando aproximadamente 61% do total disponível, além disso, o sistema não é totalmente eficiente, ocorrendo desperdícios de água e energia com a escolha inadequada de técnicas de manejo de irrigação. Outro ponto considerado é o projeto de irrigação em si, onde o dimensionamento do sistema e de equipamentos é feito sem muitos critérios, e ainda há a questão legal que aumenta a competitividade pelo uso da água através de instrumentos de gestão dos recursos hídricos exigindo do setor agrícola a adequação ambiental diante de novos critérios de sustentabilidade que vem se apresentando atualmente.

Como o uso da irrigação requer elevados investimentos em sistemas e equipamentos, trazendo novos métodos na produção de alimentos é visto que será necessário buscar a racionalização do uso da água, o aumento da produtividade e principalmente a sustentabilidade do sistema economicamente e socialmente.

2.7 A orizicultura:

O arroz é cultivado e consumido em praticamente todos os continentes, fazendo parte da vida das pessoas a milhares de anos. Possui importância na alimentação dos povos e constitui-se uma das principais fontes de energia, apresentando alto valor nutricional. (EMBRAPA, 2005).

Nenhuma outra atividade econômica alimenta tantas pessoas, sustenta tantas famílias, é tão crucial para o desenvolvimento de tantas nações e apresenta mais impacto sobre o nosso meio ambiente. A produção de arroz alimenta quase a metade do planeta todos os dias, fornece a maior parte da renda principal para milhões de habitações rurais pobres, pode derrubar governos e cobre 11% da terra arável do planeta" (Ronald Cantrell, 2002 in: www.embrapa.br).

Segundo o Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) o arroz é um dos alimentos mais importantes para a nutrição humana, sendo a base alimentar de mais de 3 bilhões de pessoas no mundo; seu consumo médio mundial é de 60Kg/pessoa/ano e o Brasil com 45Kg/pessoa/ano se apresenta como grande consumidor neste cenário.

Conforme dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), cerca de 150 milhões de hectares de arroz são cultivados anualmente no mundo, produzindo 590 milhões de toneladas, sendo que mais de 75% desta produção é oriunda do sistema de cultivo irrigado. Ainda a EMBRAPA afirma que a produção mundial de arroz não vem acompanhando o crescimento do consumo mundial, apresentando uma taxa de crescimento na produção mundial de 1,09% enquanto que a população cresce a 1,32 %.

Sendo o Brasil um dos maiores consumidores mundiais do grão, se fez necessário que nosso país também se integrasse na produção. Assim, o país se tornou um dos principais produtores de arroz, ficando atrás dos países asiáticos onde está a maior concentração de produção e consumo. Atualmente o Brasil produz anualmente entre 11 e 13 milhões de toneladas, participando com 82% da produção do MERCOSUL (SOSBAI, 2010). Conforme a Tabela 1 verifica-se a evolução na produção deste grão nos países do Mercosul.

Tabela 1. Evolução da produção de arroz nos países do Mercosul, no período de 1990/00 a 2009/10.

País/ Região	Produção por safra (mil t)						
	1999/00	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10 ¹
<i>Brasil</i>	11.090	13.193	11.527	11.080	12.060	12.602	11.357
<i>Uruguai</i>	1.209	1.215	1.146	1.200	1.300	1.286	1.149
<i>Argentina</i>	904	956	1.193	1.075	1.246	1.350	1.240
<i>Paraguai</i>	101	102	126	132	135	260	280
Mercosul	13.304	15.466	13.992	13.487	14.741	15.498	14.026

¹ Estimativas. Fonte: Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado, SOSBAI 2010.

As principais regiões brasileiras que cultivam o arroz, tanto no sistema de cultivo irrigado quanto no sistema de sequeiro são: Região Sul, Região Sudeste, Região Norte, Região Nordeste e Região Centro-Oeste. Conforme a Tabela 2 é possível verificar que o sistema irrigado é responsável por 65% da produção total do país e a Região Sul se destaca pelo cultivo irrigado com 60% da produção total do país (EMBRAPA, 2005).

Tabela 2. Produção de arroz nas regiões brasileiras, safra 2000/01.

Regiões	Produção (mil t)			
	Sistema de Cultivo		Outros	Total
	Irrigado	% do total		
<i>Região Sul</i>	6136.9	60.5	159.6	6325.5
<i>Região Sudeste</i>	48.8	0.5	262.4	311.2
<i>Região Norte</i>	262.8	2.5	738.2	1001.0
<i>Região Nordeste</i>	112.0	1.1	883.4	995.4
<i>Região Centro-Oeste</i>	195.2	1.9	1368.1	1563.03
Total	6782.7	66.5	3411.7	10194.4

Fonte: EMBRAPA, 2005 - disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa>.

2.7.1 – O Rio Grande do Sul:

O Rio Grande do Sul se destaca como maior produtor do Brasil, seguido por

Santa Catarina, sendo responsável por 61% do total produzido no país, esse grande volume dos dois Estados citados é considerado estabilizador para o mercado interno brasileiro, garantindo o cereal à população brasileira (IRGA, 2010).

Conforme dados do IRGA, o arroz é produzido em 133 municípios localizados principalmente na metade sul do Estado do Rio Grande do Sul, onde 232 mil pessoas vivem direta ou indiretamente da exploração dessa cultura, daí sua importância social e econômica para o Estado, movimentando o setor industrial de beneficiamento de grãos, respondendo por 50 % do beneficiamento do arroz no país.

D'ARCO (2007), também comenta sobre a importância econômica dessa cultura, segundo ele a orizicultura contribui com cerca de 30% da safra gaúcha de grãos, esse mesmo autor cita que esta cultura pode atingir altos níveis de produtividade chegando à média de 5,6 ton./ha, mas que existe uma grande variabilidade da produção ao longo dos anos causada fundamentalmente pelas condições climáticas.

O setor produtivo é bem organizado, com o sistema de cultivo irrigado extensivo caracterizado por grandes e médios produtores e elevada utilização de mão-de-obra assalariada. Há também o uso de alta tecnologia, com total uso de mecanização, desde o preparo do solo até a colheita (EMPRAPA, 2004). Ainda sobre a estrutura fundiária, o tamanho médio das propriedades é de 144,8 ha, correspondendo a 29 % da produção estadual, e o arrendamento de terras e de água para o cultivo.

Atualmente o IRGA classifica a área de cultivo de arroz irrigado no Estado em seis regiões, com cada uma com seu município núcleo como mostra a Figura 4. As regiões e seus respectivos núcleos são:

- 1) Fronteira-Oeste, Uruguaiana;
- 2) Campanha, Dom Pedrito;
- 3) Depressão Central, Cachoeira do Sul;
- 4) Planície Costeira Interna a Lagoa dos Patos ou Centro Sul, Guaíba;
- 5) Planície Costeira Externa a Lagoa dos Patos, Santo Antônio da Patrulha;
- 6) Zona Sul, Pelotas.

A região Fronteira-Oeste é a responsável pela maior produção do cereal no Estado, com 32,3%, seguido pela Depressão Central, que representa 17,6% (IRGA, 2010).

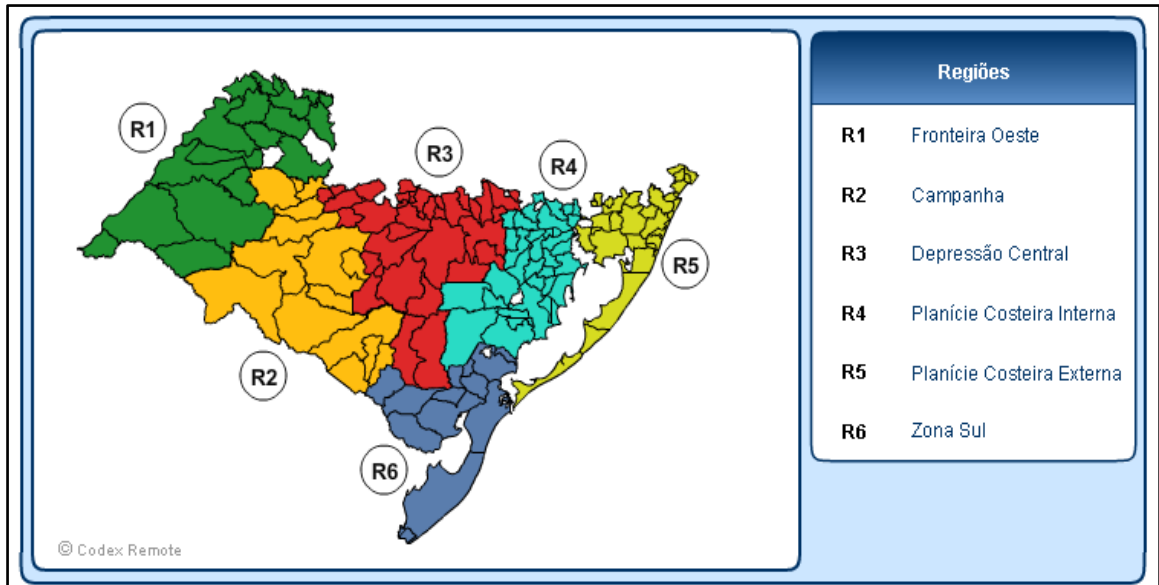


Figura 4. Regiões orizícolas do Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: <http://www.codexremote.com.br/irga/introducao/>

A produtividade e a área plantada conforme a Figura 5, demonstra um aumento, mas esse aumento pode apresentar variabilidade, já que a cultura é dependente das condições climáticas como por exemplo nos anos de 2004/05 onde ocorreu uma seca no Estado devido ao fenômeno “El niño”, que influencia o regime de chuvas no continente todo.



Figura 5. Evolução da Produtividade no RS – Fonte: <http://www.irga.rs.gov.br>

2.7.2 Aspectos Agronômicos da Orizicultura RS.

O cultivo de arroz no Estado apresenta particularidades inerentes à planta, que possui adaptações ao ambiente aquático, e pode ter o seu desenvolvimento em uma lamina d'água durante a maior parte de seu ciclo de cultivo. D'ARCO (2007), fala da importância dessas lamina d'água em relação ao sensoriamento remoto, pois segundo ele, essa forma de cultivo apresenta comportamentos diferentes, apresentando uma resposta espectral diferenciada durante as fases de desenvolvimento da cultura.

Segundo o IRGA (2010) em suas recomendações técnicas anuais, os sistemas de produção de arroz são:

- a) Convencional: o preparo do solo é realizado com arações e gradagens, com a semeadura feita à lanço sobre o terreno descoberto, sendo as sementes em seguida enterradas com implemento agrícola. A densidade de sementes é maior e a emergência das plântulas é mais demorada.
- b) Convencional em linha: a semeadura é feita com implemento para semeadura em linha. Há uma melhor uniformidade na emergência das plântulas, que é mais rápido.

- c) Direto: executa a semeadura em linha sobre solo com restos de cultura dessecados ou não.
- d) Mínimo: a semeadura é direta em solo previamente preparado, de forma a haver tempo suficiente para a formação de uma cobertura vegetal, que é controlada normalmente com o uso herbicida de ação total. A vantagem do sistema é a menor mobilização do solo do que no convencional.
- e) Pré germinado: a semeadura é executada a lanço sobre o solo inundado, estando as sementes em processo de germinação induzida; há um manejo diferenciado da lamina d'água para o estabelecimento da plântula.

Segundo dados do IRGA (2010) na safra 2009/10, predominou o cultivo mínimo com semeadura direta (63,7% da área), seguido dos sistemas convencional (25,6% da área) e pré germinado com 10,7% da área das regiões produtoras.

Assim, a resposta espectral pode ser diferente para cada forma de plantio, mas depois da germinação (15dias) após a emergência das plântulas os sistemas se equiparam e apresentam uma mesma resposta espectral (D'ARCO 2007).

Outro importante aspecto da orizicultura que pode influenciar no mapeamento por imagens de satélite é o estágio de desenvolvimento conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Fases de crescimento de um cultivo de arroz.

Fase Vegetativa	0 Germinação e emergência 1 Plântula 2 Perfilhamento 3 Elongação do colmo
Fase Reprodutiva	4 Diferenciação do primórdio floral 5 Crescimento da panícula 6 Floração
Fase de maturação	7 Grão leitoso 8 Grão pastoso 9 Maturação

Fonte: Adaptado de: Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado, SOSBAI 2010.

2.7.3 A Orizicultura e o meio ambiente no RS:

Segundo a ANA (2009), o Rio Grande do Sul apresenta em quase todas as regiões orizícola o uso da irrigação, onde a água utilizada é captada, principalmente, de rios, açudes e lagoas. Uma parte dessa água é captada e conduzida até os quadros de lavoura por gravidade, outra parte com a utilização de conjuntos moto bomba acionados por óleo diesel ou energia elétrica.

Atualmente existe grande preocupação de que a produção agrícola se realize de forma sustentável e em harmonia com as demais cadeias produtivas. E para tanto a água consumida na irrigação deve ser monitorada em todo o seu ciclo hidrológico, desde seu retorno via evaporação e precipitação, podendo ser na mesma bacia hidrográfica de captação ou não, além das perdas de água por infiltração nas parcelas de irrigação.

Conforme cartilha elaborada pela ANA e IRGA (2009) há uma preocupação, no Rio Grande do Sul, com o volume utilizado de água no cultivo de arroz, uma vez que as altas produtividades somente são obtidas com suprimento ideal de água nas fases mais importantes da cultura. E se compararmos com outras culturas anuais, o arroz irrigado utiliza maior volume de água por permanecer a maior parte de seu ciclo com lâmina de água livre na superfície do solo. No entanto, as características do ciclo dessa cultura fazem que o suprimento de água concentre-se em poucos meses do ano, período em que os outros usos continuam a demandar água em quantidades expressivas.

Segundo IRGA (2009), na década de 70 os produtores de arroz usavam, 15 mil metros cúbicos de água para produzir 4 mil quilos de arroz por hectare. No fim da década de 1990, a produtividade chegou a 5 mil quilos por hectare, com a utilização de 12 mil metros cúbicos de água. Atualmente, já é possível a obtenção de altas produtividades de arroz com a utilização de 8.000 m³/ha de água, existindo potencial de redução desse volume no futuro. E mesmo que tenha se melhorado nos últimos anos o manejo de água na lavoura, ainda não há sensibilização total por parte do orizicultor da importância desse manejo. Assim, a orizicultura, quando mal planejada e conduzida, pode acarretar impactos ambientais negativos aos ecossistemas naturais, prejuízo às propriedades físicas e químicas do solo e redução da quantidade e qualidade dos recursos hídricos.

No Rio Grande do Sul, as questões referentes aos impactos da orizicultura no meio ambiente e aos múltiplos usos de recursos hídricos têm sua política abordada no âmbito do Conselho Estadual de Meio Ambiente – CONSEMA e Conselho de Recursos Hídricos – CRH, respectivamente. As resoluções desses órgãos, bem como a legislação específica do Estado, definem os principais documentos a serem elaborados e as autorizações a serem obtidas pelo orizicultor para exercer sua atividade legalmente. Surgem neste contexto o conflito entre a produção de alimentos e a preservação do meio ambiente onde a legislação prevê ações de recuperação e adequação ambiental ao agricultor em geral.

Neste sentido a legislação brasileira apresenta avanços, mas conforme BENJAMIN (2006), o valor da preservação ainda é confundido, desde a origem do Código Florestal:

“ Primeira norma revolucionária e incompreendida no plano cultural, pelo simples fato de almejar proteger a flora de um País cuja história - e já são 500 anos -se confunde com a destruição permanente e inconsequente de tudo o que possa estar associado à natureza. Na consciência coletiva brasileira, sem o toque transformador do esforço humano (= o trabalho), pouco valor é atribuído ao solo, à fauna, aos recursos hídricos e, mais do que tudo, à floresta e demais formas de vegetação (BENJAMIN, 2006).”

2.7.3.1 O Plano de Estadual de Regularização da Atividade de Irrigação no RS

Conforme o IRGA (Lavoura Arrozeira, 2008), no Rio Grande do Sul a única cultura licenciada ambientalmente é a orizicultura e o Plano de Estadual de Regularização da Atividade de Irrigação – PERAI, que regulamenta e propõe que algumas culturas, no caso a orizicultura, que é a maior utilitária dos recursos hídricos do Estado. A Resolução nº 100 do Conselho Estadual de Meio Ambiente – CONSEMA prevê ações diretas na recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APP), ocupadas pela produção orizícola no Estado.

Para que a orizicultura no Rio Grande do Sul possa ter sua situação regularizada, existem dois tipos de autorização: a Licença Ambiental e a Outorga de Uso da Água, que são amparadas na Resolução nº 100/2005, onde a concessão de novas licenças e a renovação de Licenças de Operação de empreendimentos de irrigação passou a estar condicionada a adesão do produtor ao Termo de Compromisso Am-

biental - TCA, que objetiva : *“Garantir a execução de medidas, com condicionantes técnicos específicos de modo a cessar, adaptar, recompor ou corrigir a atividade degradadora e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente”*. Ainda no TCA encontramos os condicionantes a seguir:

- a) A delimitação e, quando necessário a recuperação das APPs na(s) propriedade(s) onde está inserido o empreendimento, devendo atender um mínimo anual de 25% dos parâmetros fixados nas Resoluções CONAMA nº 302 /2002 e nº 303/2002, respeitados os acordos previamente estabelecidos em cada bacia hidrográfica;
- b) Os empreendimentos localizados até 10Km de Unidade de Conservação deverão obter parecer do Gestor da Unidade de Conservação;
- c) A outorga, que será exigida num prazo máximo de cinco anos, iniciando pelas bacias críticas e também pelos portes grande e excepcional (para todas as bacias);
- d) Penalidades pelo descumprimento do Termo de Compromisso Ambiental – TCA.

Conforme dados do IRGA mais de 90% das cerca de 9 mil lavouras de arroz irrigado no RS já contam com licenças de operação emitidas pela – FEPAM, porém estes dados não se referem à preservação ou recuperação das APP, devido principalmente a grande resistência dos agricultores em delimitar uma área que até então pode ser produtiva. Segundo eles o atendimento da legislação em vigor, ou seja, o PERAI reduziria as áreas de cultivo orizícola.

2.7.3.2 O código florestal:

Os critérios referentes às Áreas de Preservação Permanente – APP foram estabelecidos com base no Código Florestal Federal (Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965) e nas Resoluções CONAMA nºs. 302 e 303/2002. Definem APP como *“área protegida por Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das po-*

pulações humanas". Para cumprir tal fim é vedado o uso e ocupação nessas áreas, devendo-se preservar sua configuração original, que poderia ser com a presença de vegetação ou não, com exceção de alguns casos específicos previstos em lei. Portanto, são áreas que devem ser preservadas da ação antrópica, ou seja, livres de exploração econômica (SALBEGO, 2010).

No entanto a Lei nº 4.771 em seus 40 anos de existência, não foi completamente colocada em uso, trazendo muitas interpretações conforme os interesses de cada época até nossos dias. O desmatamento e a falta de preservação de nossos recursos hídricos estão entre os principais focos de discussão, nos atuais moldes desta lei.

Segue o Quadro 1 resumido das resoluções CONAMA 302 e 303/2002 que foram revogadas no novo código, com as extensões para a determinação das APPs.

Quadro 1. Critérios para delimitação de APPs, segundo as resoluções CONAMA 302 e 303/2002.

Resolução CONAMA 302 E 303 / 2002		
Área de Preservação Permanente	Critérios para Delimitação	Extensão da APP
Rios e Curso d'água	<i>Largura do Rio (m)</i>	<i>Largura da faixa marginal de APP(m)</i>
	< 10	30
	10 – 50	50
	50 – 200	100
	200- 600	200
	> 600	500
Nascentes ou olho d'água	APP com raio de 50 m ao redor da nascente	
Lagos e Lagoas	<i>Localização</i>	<i>Largura da faixa marginal de APP(m)</i>
	Área urbana consolidada	30
	Área rural, com corpo d'água < 20 ha de superfície.	50
	Área rural, com corpo d'água >20 ha de superfície.	100
	Acumulações artificiais não resultantes do barramento de cursos d'água e com superfície < 5 ha não necessitam de preservação de faixa marginal	
Topo de morro	APPs delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 da altura mínima de elevação em relação à base.	
Encostas	APPs delimitadas nas áreas com declividade >45° na linha de maior declive.	

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2010 e CONAMA 2010.

2.8 Geoprocessamento: conceitos e configurações

A ciência através dos tempos vem se desenvolvendo, passando por processos de revisão de determinados conceitos antes aceitos como leis. A evolução da tecnologia é uma destas revisões, que em sua busca pelo conhecimento necessita de novas ferramentas para melhorar a interação entre os fenômenos experimentados e a realidade que lhe rodeia. A *Geotecnologia* é um conceito novo, que revisa as leis antigas e usa novas ferramentas para desvendar novos paradigmas da ciência. FITZ (2005, P.38) entende *geotecnologias* “como sendo as novas tecnologias ligadas às geociências e as outras correlatas”, para ele essas geotecnologias trazem avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, em ações de planejamento e em processos de gestão. Nesse sentido, os profissionais precisam se adaptar a essa nova realidade, de que suas ações agora dependem de mais variantes advindas das ferramentas das geotecnologias, que para tanto não poderão “ficar para trás” na aquisição desse novo conhecimento, ou seja, não podem ficar à margem desse processo de renovação tecnológica. Num contexto geral, é possível perceber o auxílio que prestam as geotecnologias nos mais variados ramos científicos, utilizando uma metodologia própria, e ajudando em análises para tomadas de decisões (FITZ, 2005).

Deste modo, as geotecnologias se relacionam com o meio ambiente no sentido de aplicar suas metodologias para análise e configurar novos instrumentos de gestão do espaço urbano ou rural, ajudando nas tomadas de decisões para diminuir a degradação ambiental.

2.8.1 Geoprocessamento:

Como foi comentado anteriormente o advento das geotecnologias, o geoprocessamento é uma das ferramentas que veio para desmitificar a ciência e a tecnologia, unindo conceitos de diversas disciplinas para que sua compreensão seja aplicada todos os dias de forma mais simples possível. Para tanto, seguem aqui as várias definições sobre geoprocessamento encontradas na literatura.

CÂMARA e MEDEIROS (1998, p.3) denotam o geoprocessamento como uma tecnologia:

é uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas. Esta tecnologia, denotada Geoprocessamento, tem influenciado de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional.

Para ROCHA (2000, p.210), o geoprocessamento também se classifica como uma tecnologia:

...com o advento da informática na automação de processos, surgiram várias ferramentas para a captura, armazenamento, processamento e apresentação de informações espaciais georreferenciadas. A ligação técnica e conceitual destas ferramentas levou ao desenvolvimento da tecnologia de processamento de dados geográficos, denominada Geoprocessamento.

Este autor também conceitua o geoprocessamento como:

“... tecnologia transdisciplinar, que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados.”

RECKZIEGEL (2009), afirma que o geoprocessamento surgiu devido ao elevado crescimento das tecnologias aplicadas a softwares e hardwares para gerenciamento de informações, processamento de dados e imagens geográficas, segundo ele o objetivo era automatizar parte do processamento de dados com características espaciais, diminuindo custos de produção e manutenção de mapas.

Assim, pode-se concluir que o geoprocessamento como um todo é a união de várias tecnologias e sua existência é devida a sua interdisciplinariedade, já que permite a convergência de diferentes disciplinas para o estudo de fenômenos ambientais e urbanos, criando um espaço com uma linguagem comum aos seus usuários mesmo com diferentes objetivos, conforme XAVIER DA SILVA; ZAIDAN (2004, p.20) o geoprocessamento :

...tornou possível, em uma escala inimaginada, analisar a Geopatologia de um ambiente, ou seja, investigar sistematicamente as propriedades e relações posicionais dos eventos e entidades representados em uma base de dados georreferenciados, transformando dados em informação destinada ao apoio à decisão.

2.8.2 Sistemas de Informações Geográficas – SIG

Seguindo a linha de pensamento do geoprocessamento, foi consenso entre os autores citados é que o Sistema de Informações Geográficas o SIG, é uma consequência desta ciência nova, o geoprocessamento, já que para todos o SIG é uma ferramenta importante para as necessidades dos usuários. Sabe-se que o SIG é um fenômeno recente, considerando-se o tempo de existência das disciplinas envolvidas e surgiu da necessidade de resolver problemas de análise de informações espaciais, onde envolvia a elaboração e utilização de mapas, já que esta atividade é um processo caro, principalmente se levado em conta os aspectos de armazenamento e atualização manual.

Para CÂMARA e MEDEIROS (1998, p.6) o termo SIG *refere-se àqueles sistemas que efetuam tratamento computacional de dados geográficos.*

MIRANDA (2005) faz uma análise desde os conceitos iniciais até as aplicações mais atuais dos SIGs, para ele:

A evolução do conceito de SIG se relaciona com as diferentes áreas de pesquisa que contribuíram para o seu desenvolvimento como informática, que enfatiza a ferramenta banco de dados ou linguagem de programação; geografia, que o relacionam a mapas, e outros que ainda enfatizam aplicações como suporte à decisão.

Como origem, têm-se muitos relatos e como MIRANDA (2005, p.20) cita, fica difícil precisar a origem do termo, mas sabe-se que um dos primeiros trabalhos na área surgiu na década de 50 na tentativa de automatizar parte do processamento de dados com características espaciais, tinha como objetivo principal a redução dos custos de produção e manutenção de mapas, esses trabalhos foram desenvolvidos na Inglaterra e nos Estados Unidos. No Canadá, na década de 60 outro projeto, do inventário dos recursos naturais daquele país, trouxe à tona a realidade de que um SIG necessita de uma mão-de-obra altamente especializada, os recursos de hardware e software não caminhavam juntos, demandando tempo e recursos financeiros. Nos anos 70 a informática, estava em crescente desenvolvimento de hardware, facilitando assim a aplicação nos problemas de armazenamento, manipulação e análise dos grandes volumes de dados espaciais gerados, o que na década posterior alguns destes problemas foram se solucionando com o desenvolvimento das estações de trabalho, e os “PCs” (Personal Computer), o que na década de 90 e atuais

dias, os custos diminuíram consideravelmente, surgindo alternativas menos custosas para construção de bases de dados geográficas, fato esse que pode ser observado nas plataformas computacionais como o SPRING, ARCGIS, IDRISI e outros softwares utilizados na configuração de um SIG. A Tabela 4 demonstra a evolução da Ciência da Informação Geográfica, enfatizando a evolução do SIG de ferramenta para uma *ciência*.

Tabela 4. Fases de desenvolvimento das Ciências da Informação Geográfica.

ÉPOCA	CARACTERÍSTICA
1950 – 1970	Pioneiros de SIGs
1970 – 1980	Consolidação do uso de SIGs
1980 – 1990	Desenvolvimento e divulgação
1990 – 1995	Reconversão / aquisição de dados
1995 – 2000	Vulgarização da aplicação / Conceito de Ciência

Fonte: Fitz (2005, p.45)

Para MIRANDA (2005, p.19) o SIG:

...não evoluiu de forma isolada, mas do esforço conjunto de outras tecnologias e áreas de aplicação. A tecnologia de SIG representa uma convergência entre diferentes disciplinas que tem a localização geográfica como seu objetivo de estudo.

O SIG processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) enfocando análises espaciais e modelagens de superfícies, para FITZ (2009), o SIG é *compreendido como um sistema computacional que permite vincular a estrutura típica de um banco de dados alfanuméricos a uma estrutura espacial*, possibilitando o processamento, a análise e uma saída de produtos gerados por essas informações, e para tanto esses dados são georreferenciados, ou seja, possuidores de um endereço espacial, de uma posição específica dada pelas suas coordenadas na superfície da Terra.

Miranda (2005) define SIG como um sistema informatizado para colecionar, editar, armazenar, integrar e analisar espacialmente dados georreferenciados.

De acordo com BURROUGH; McDONNEL (1998, p.11), SIG é:

... um poderoso conjunto de ferramentas para coleta, armazenamento, recuperação, transformação e visualização de dados espaciais do mundo real para um conjunto de propósitos específicos.(Tradução em FITZ, 2005, p.39).

As principais características de um SIG para Moreira (2005, p.258) são:

- Permite inserir e integrar, numa única base de dados (banco de dados), informações espaciais provenientes de diversas fontes, como: cartografia, imagem de satélites, dados censitários, dados de cadastro rural e urbano, dados de redes e de MNT (Modelo Numérico do Terreno).
- Oferece mecanismo para combinar varias informações através de algoritmos de manipulação e análise, bem como de consulta, recuperação, visualização e plotagem do conteúdo dessa base de dados georreferenciados.

Então, pode-se dizer que um SIG possui componentes independentes, mas interligados uns nos outros através de funções específicas. Os componentes do SIG são: interface, entrada e integração de dados, funções de consulta e análise espacial, visualização e plotagem e banco de dados geográficos.

2.8.3 Sensoriamento Remoto – SR

Conforme NOVO (1998, p.2) Sensoriamento Remoto é:

A utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves, etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substancias componentes do planeta terra e as suas mais diversas manifestações.

MORAES (2009) define o SR como:

Conjunto de atividades que permite a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com os mesmos (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres e registradas por sensores remotos.

E em uma conceituação mais simples NOVO (1998) diz que é “*a utilização de sensores para aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto com eles*”.

CÂMARA (1998) conceitua sensoriamento remoto como:

...um processo de captação de informações dos fenômenos e feições terrestres, por meio de sensores, sem o contato direto com os mesmos, associado a metodologias e técnicas de armazenamento, tratamento e

análise destas informações.

Conforme NOVO (2008), a base de dados do sensoriamento remoto para o processo de identificação de um objeto é a energia eletromagnética ou radiação eletromagnética. A quantidade e a qualidade da energia eletromagnética refletida ou emitida pelos objetos terrestres resultam em interações entre o objeto e esta energia, que são determinadas pelas propriedades físico-químicas e biológicas do objeto. Para tanto são necessários sensores óptico-eletrônicos capazes de detectar e registrar, no caso sob a forma de imagens, o fluxo de energia radiante que é refletido ou emitido pelo alvo em questão.

Os sensores decompõem a radiação incidente em diferentes comprimentos de onda, sendo que a intensidade relativa de energia refletida pelo objeto pode ser medida de maneira contínua ao longo do espectro eletromagnético, fornecendo um conjunto de dados numéricos ou gráficos conhecidos como curvas ou assinaturas espectrais conforme a Figura 6.

As imagens de satélites orbitais possuem algumas características que as diferenciam de outras imagens digitais, estas características são importantes para se entender o processamento digital, basicamente, são representadas pela resolução e pela estrutura da imagem de satélite. Em NOVO (2008) a definição de resolução diz que *“é uma medida da habilidade que um sistema sensor possui de distinguir entre respostas que são semelhantes espectralmente ou próximas espacialmente”*.

Para Crosta (1992), as imagens de sensoriamento remoto servem de fontes de dados para estudos e levantamentos geológicos, ambientais, agrícolas, cartográficos, florestais, urbanos, oceanográficos, entre outros, representando uma das únicas formas viáveis de monitoramento ambiental em escalas locais e globais. Este mesmo autor ainda relaciona os parâmetros necessários para a resolução em imagens de satélite, que são elas:

- a) Resolução espacial;
- b) Resolução espectral;
- c) Resolução radiométrica;
- d) Resolução temporal.

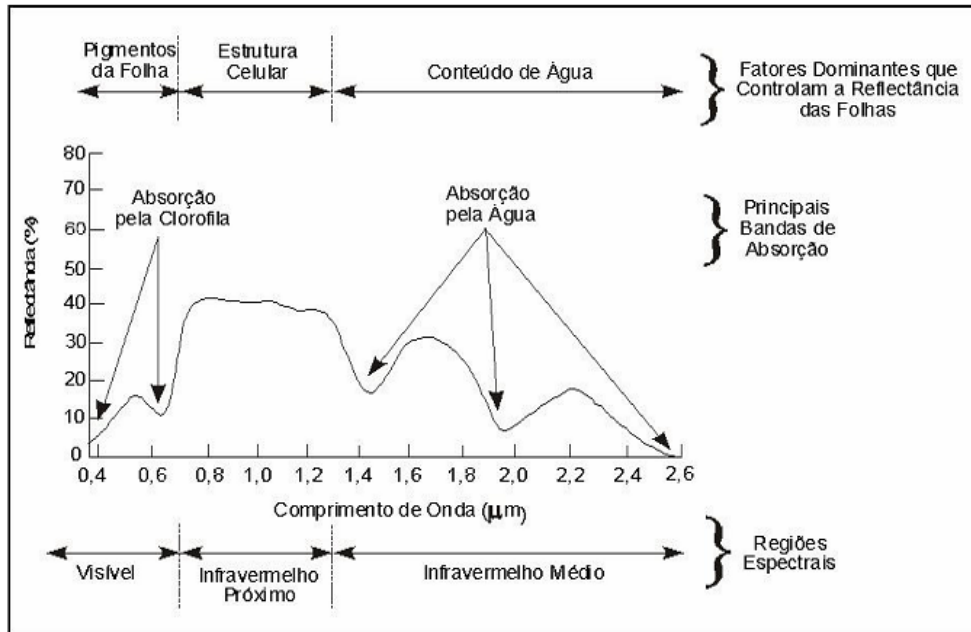


Figura 6. Curva média da vegetação fotossinteticamente ativa. Fonte: adaptado de Novo, 2008.

2.8.4 Sensoriamento Remoto – aplicações na agricultura

O sensoriamento remoto é um dos avanços tecnológicos que permitiu estudos sobre o nosso planeta, a avaliação de nosso ambiente como um todo, trazendo à tona alguns problemas ambientais que até então não eram considerados por não demonstrarem sua real condição e tamanho.

Uma das principais aplicações do Sensoriamento Remoto (SR) em agricultura é apoiar as estimativas de safras agrícolas (NOVO, 2008), daí a importância do SR, pois orienta a tomada de decisões no mercado, já que pode trazer uma previsão de safras, podendo afetar a escolha da cultura a ser plantada, sua comercialização e preço no mercado futuro.

Segundo D'ARCO (2007) o monitoramento de áreas agrícolas com fins de estimativas de produção, a resolução espacial e a temporal são as mais importantes e os dados provenientes dos SR para a agricultura devem ser utilizados para o acompanhamento e estimativa/previsão, tendo efeito sobre imagens atuais.

PORTO (2007), no que diz respeito à orizicultura, cita o desenvolvimento de políticas e estratégias de ação, em que a cultura do arroz e o ambiente sejam vistos na sua complexidade, podendo subsidiar maior adequação no planejamento deste

setor.

Assim, para o tratamento de informações espaciais, o uso de técnicas do SR e do Geoprocessamento são imprescindíveis, tornando-se um requisito necessário para verificar e organizar o uso do solo agrícola. PONZONI (2010) traz algumas questões sobre o estudo da vegetação envolvendo a aplicação das técnicas de sensoriamento remoto, fundamenta-se na compreensão da “aparência” que uma dada cobertura vegetal assume em um determinado produto de sensoriamento remoto, a qual é fruto de um processo complexo que envolve muitos parâmetros e fatores ambientais, considerando que um dossel é constituído por muitos elementos da própria vegetação, como folhas, galhos, frutos, flores, etc.

2.8.4.1 O sistema LANDSAT

O sistema LANDSAT faz parte dos sistemas desenvolvidos para a coleta de dados dos recursos naturais de nosso planeta, foi desenvolvido pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) no início dos anos 70. Dentro do programa LANDSAT foram desenvolvidos e colocados em órbita sete satélites, e a maioria dos dados utilizados são oriundos do LANDSAT 5 (sensor TM).

A série LANDSAT atualmente consta com três satélites em funcionamento, são eles o LANDSAT4, LANDSAT5 e LANDSAT7, o LANDSAT5 opera desde 1984 e possui os seguintes sensores: TM – *Thematic Mapper* e MSS – *Multispectral Scanner System*, com respectivamente 7 e 4 bandas em cada, além disso apresenta uma resolução espacial de 30m e possui uma área de recobrimento de 185 x 185 Km.

Segundo BATISTELA (et. al., 2010) o sensor TM é um sistema avançado de varredura multiespectral concebido para proporcionar resolução espacial mais fina, melhor discriminação espectral entre objetos da superfície terrestre, com maior fidelidade geométrica e melhor precisão radiométrica se comparado ao sensor MSS. Apresenta ainda, 7 bandas espectrais onde a 1,2 e 3 na faixa do visível; bandas 4,5 e 7 no infravermelho próximo e a banda 6 na faixa do infravermelho distante – termal.

As aplicações das imagens dos satélites LANDSAT são: acompanhamento do uso agrícola das terras; apoio ao monitoramento de áreas de preservação; ativida-

des de mineração; cartografia e atualização de mapas; desmatamentos e queimadas; dinâmica de urbanização; monitoramento da cobertura vegetal; secas.

2.8.4.2 Sensoriamento remoto e a orizicultura:

Atualmente a orizicultura é uma das culturas agrícolas que utiliza o SR como planejamentos na gestão de um sistema de acompanhamento e previsão de safras no Brasil. Existem trabalhos dirigidos para os três segmentos que podem compor um programa de previsão de safras: a estimativa de área cultivada, o monitoramento ao longo do período de desenvolvimento da cultura e a estimativa de rendimento.

Conforme D'ARCO (2007), são poucos os trabalhos encontrados sobre o mapeamento do arroz irrigado utilizando dados de sensores ópticos no Brasil, para esse autor:

Não existem muitos estudos em relação ao uso de sensores ópticos para o monitoramento da lavoura de arroz. Grande parte das pesquisas com a cultura do arroz irrigado se faz através do uso de sensores de microondas, isto porque, no continente asiático, onde o arroz é muito estudado, a nebulosidade frequente dificulta o uso de sensores ópticos.

Os sensores ópticos mais utilizados para tal propósito encontrados na literatura são o LANDSAT e o MODIS, o sensor MODIS faz parte do programa Earth Observing System (EOS) da NASA, e esse sistema abrange três áreas de estudos distintas: atmosfera, oceano e terra.

Mesmo assim, podemos citar COLLISCHON et.al.(2009) que utilizou imagens do satélite sino-brasileiro CBERS-2 para classificação multitemporal.

PORTO (2007) que apresenta metodologias de sensoriamento remoto para o mapeamento da cultura no Rio Grande do Sul.

MATTOS (2010) com dados do MODIS para modelagem agrometeorológica no Estado. E SAKAMOTO (2005) que usou os dados deste satélite para detecção das fases fenológicas da cultura no Japão. Outro trabalho de importância e o mais atual, é o de NUARSA (2011) que utilizou uma série temporal do LANDSAT na Indonésia para estudar as características espectrais dessa cultura.

3. MATERIAIS E MÉTODOS:

3.1 Caracterizações da área de estudo:

O município de Restinga Sêca está situado na Região da Depressão Central, entre os rios Jacuí e Vacacaí (Figura 7), sua área é de 961,8Km². Conforme a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler – FEPAM, Restinga Sêca encontra-se na região hidrográfica do Guaíba (Figura 8), que é formada pelas bacias da porção norte e central do Estado que drenam para o Lago Guaíba. Verifica-se ainda que o município encontra-se inserido em duas Bacias, a do Baixo Jacuí e a do Vacacaí - Vacacaí-Mirim.

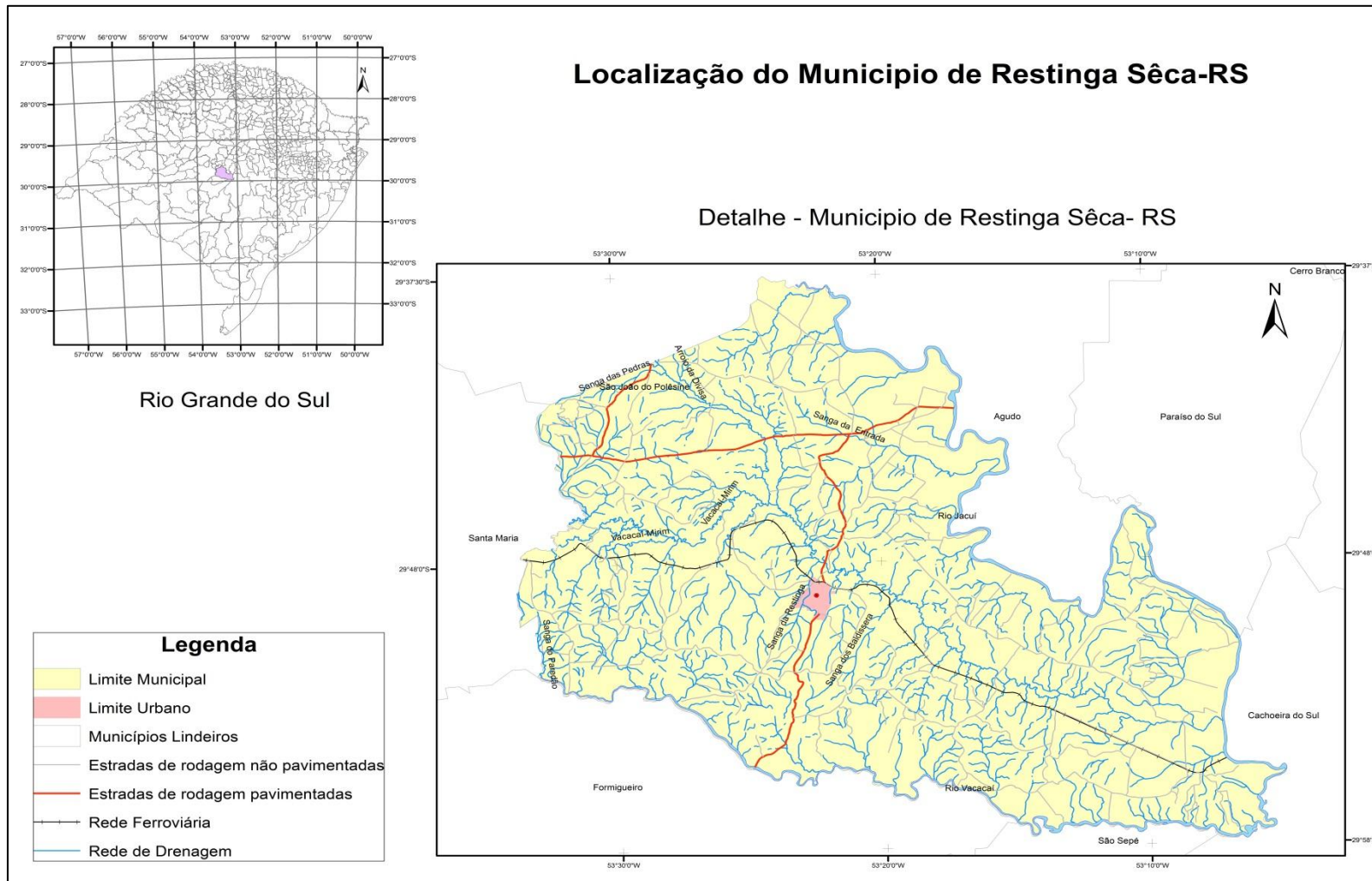


Figura 7. Localização do município de Restinga Sêca - RS

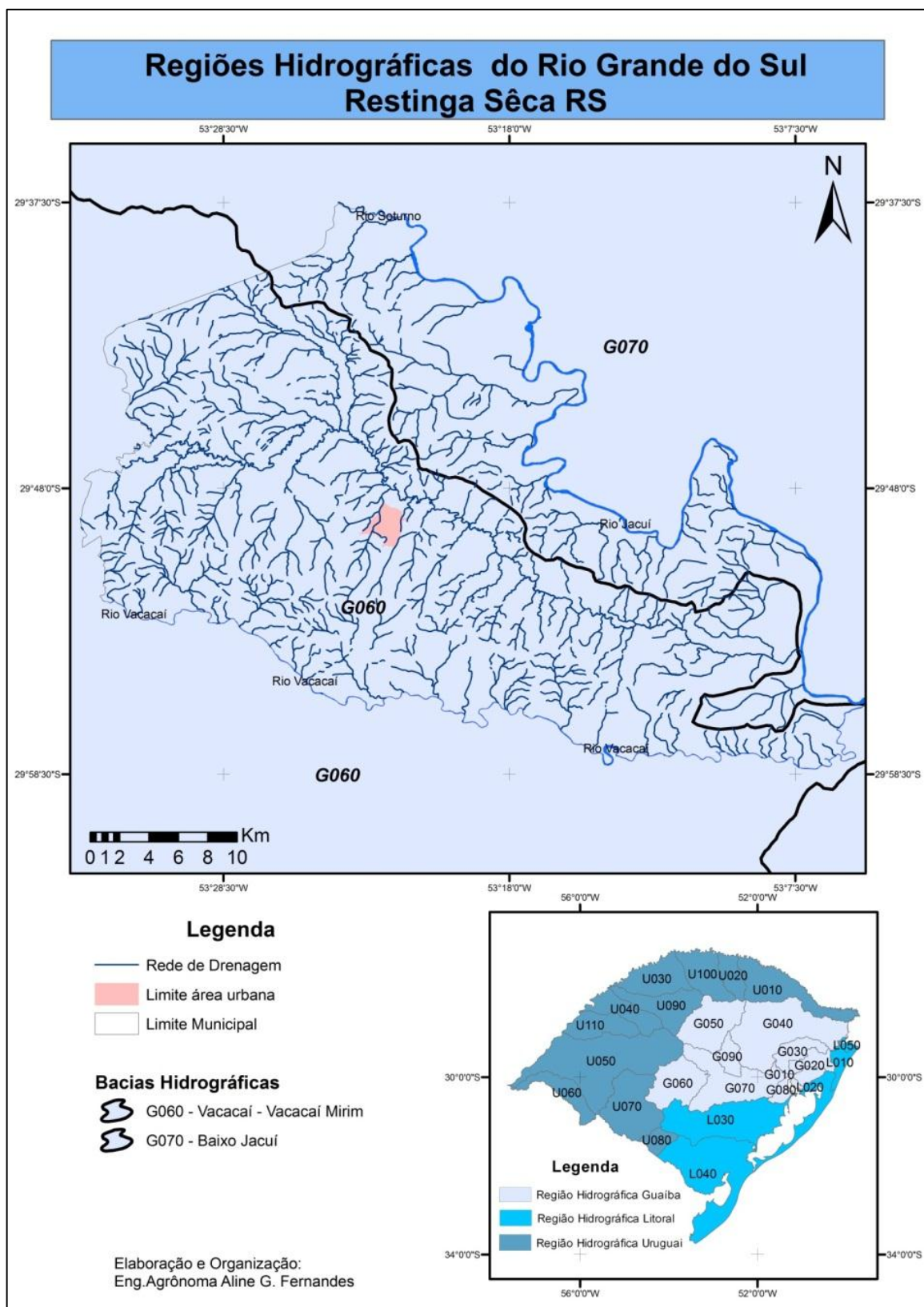


Figura 8. Mapa das bacias hidrográficas ao qual o município de Restinga Sêca pertence.

A vegetação original da Região Central do Rio Grande do Sul, onde se localiza o município de Restinga Seca, é caracterizada pela Floresta Estacional Decidual, cuja formação é constituída, basicamente, por cinco degraus de vegetação e por três sub formações básicas (Floresta Aluvial, Floresta Sub montana e Floresta Montana) ITAQUI, 2002.

A cobertura vegetal do município de Restinga Sêca é tipicamente formada pela floresta ombrófila, ou seja, exige poucos períodos de seca, mas com bastante intensidade e regularidade pluviométricas.

ITAQUI (2002) ainda afirma que o município faz parte da região da Quarta Colônia, que é considerada “Área Piloto da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica do Rio Grande do Sul” (RBMA) e é importante ressaltar que Restinga Seca é, entre os municípios da Quarta Colônia, o que apresenta proporcionalmente a menor percentagem de cobertura florestal, sendo que a vegetação original foi aos poucos substituída principalmente pelas atividades agrícolas.

Em relação ao relevo, Restinga Sêca encontra-se a uma altitude média de 400 metros acima do nível do mar e o município caracteriza-se pela presença de colinas suaves e planícies aluviais, resultantes do trabalho de sedimentação fluvial dos rios (CIROLINI, 2008), conforme a Figura 9.

A distribuição espacial dos solos no município apresenta de modo geral as unidades de relevo de coxilhas da Depressão Central Gaúcha e as Planícies Aluviais. Ao relevo de Coxilhas encontram-se associados os Argissolos, que são solos geralmente profundos a muito profundos e bem drenados, utilizados principalmente para a cultura da soja, campos naturais e pastagens implantadas.



Figura 9. Fotografia 01. Características do relevo - planícies aluviais – Fonte: trabalho de campo/2010 - Restinga Sêca RS.

Outro tipo de solo encontrado no município são os Planossolos, que são imperfeitamente ou mal drenados encontrados nas várzeas do rio Jacuí, Vacacaí e Vacacaí-Mirim. Conforme EMBRAPA (1999, p.101) são:

Solos constituídos por material mineral com horizonte A ou E seguido de horizonte B plânico e satisfazendo ainda os seguintes requisitos: horizonte plântico, se presente, os requisitos para Plintossolo: horizonte glei, se presente, coincide com o horizonte B plânico ou ocorre abaixo do mesmo.

Devido à presença deste tipo de solo, a orizicultura é o cultivo que melhor se adapta na região, e segundo dados do IRGA, a produtividade média está em torno de 6580 Kg/ha nos últimos cinco anos, conforme a Tabela 5.

Tabela 5. Dados gerais das últimas cinco safras no município de Restinga Sêca - RS.

Safra	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10
Área Plantada (ha)	16800	17350	17300	17450	16331
Área Perdida (ha)	0	30	0	0	5833
Área Colhida (ha)	16800	17320	17300	17450	10498
Sacas (60Kg)	2198448	2358984	2377366	251008	1151211
Produtividade da Área Semeada (Kg/ha)	6543	6798	6871	7192	3525
Produtividade da Área Colhida (Kg/ha)	6543	6798	6871	7192	5483

Fonte: SIG - IRGA, disponível em <http://www.codexremote.com.br/irga/relatorio/index.php?mun=80>

O município apresenta clima do tipo subtropical, conforme CIROLOLINI apud SARTORI (2000, p.209):

- no inverno, a temperatura média do mês mais frio (julho) fica entre 13°C e 15°C e a média das mínimas entre 7°C e 10°C, provocadas pelas invasões periódicas do Anticiclone Polar Atlântico.
- no verão, a temperatura média do mês mais quente (janeiro) é superior a 24°C e a média das máximas ente 32°C, provocadas pelo super aquecimento continental das massas polares (polar velha) ou pelo domínio eventual, portanto em menor frequência, de massas tropicais (MTA ou MTC).
- as temperaturas médias anuais variam entre 18°C e 20°C.

Segundo CIROLINI (2008) o regime de chuvas é regular ao longo do ano, alternando-se em curtos períodos de estiagens e cheias, a autora cita que em épocas de índices pluviométricos mais altos ocorrem cheias, e os rios Jacuí, Vacacaí e Vacacaí-Mirim elevam-se encobrendo as várzeas em suas margens, que causam prejuízos a orizicultura e à comunidade em geral. Este fenômeno pôde ser comprovado no verão da safra 2009/2010, quando o índice pluviométrico foi alto no estado todo, provocando cheias em toda a região causando danos que geraram transtornos, sem falar no custo econômico para a região, como por exemplo, a queda de uma ponte no rio Jacuí, na BR 287 (Figuras 10 e 11).



Figura 10. Mosaico de fotos – Local município de Restinga Sêca, propriedades com processo de degradação. Fonte: Prefeitura Municipal de Restinga Sêca, levantamento do Arroio Serraria, 2009.



Figura 11. Mosaico de fotos. Local BR 287 – divisa municípios de Restinga Sêca e Agudo, em Dezembro de 2009. Fonte: Diário de Santa Maria, disponível em <http://www.diariosm.com.br>.

3.1.1 Aspectos hidrográficos.

Quanto ao aspecto hidrográfico, o município de Restinga Seca é privilegiado, pois sua área é delimitada por grandes extensões de cursos d'água, se destacando os rios: Jacuí a sua margem direita e o rio Vacacaí a sua margem esquerda. A parte central do município é banhada pelo rio Vacacaí-Mirim, e por inúmeras sangas e arroios, como principalmente a sanga da Restinga.

O curso d'água de maior expressão é o rio Jacuí, seguindo-se em ordem hierárquica de magnitude fluvial, o rio Vacacaí-Mirim, Sanga da Entrada, Arroios Laranjeira e Marmeleiro. O arroio Marmeleiro constitui-se no limite municipal no extremo noroeste com São João do Polêsine. Todos os cursos d'água são afluentes da margem direita do rio principal, que é o Jacuí, (CIROLINI, 2008).

Portanto, a hidrografia do município desempenha papel fundamental na estrutura econômica, pois a maior parte das lavouras orizícolas do município, é irrigada pelos rios citados.

3.2 Fonte de dados:

Foram utilizadas como base cartográfica as Cartas do Rio Grande do Sul, em escala 1:50.000 da Diretoria de Serviços Geográficos – DSG, conforme o quadro 2

Quadro 2. Cartas Topográficas utilizadas no estudo.

<i>Nome</i>	<i>Nomenclatura</i>	<i>Escala</i>
Arroio do Só	Folha SH.22-V-C-IV-4, MI – 2965/4	1:50.000
Camobi	Folha SH.22-V-C-IV-2, MI – 2965/5	1:50.000
Faxinal do Soturno	Folha SH.22-V-C-V-1, MI- 2966/1	1:50.000
Jacuí	Folha SH.22-V-C-V-4, MI- 2966/3	1:50.000
Restinga Seca	Folha SH.22-V-C-V-3, MI- 2966/1	1:50.000

Fonte: DSG

As imagens de satélite foram adquiridas da página web do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, do catálogo de imagens, disponível em <http://www.inpe.br> (INPE, 2012). O sensor escolhido foi o TM – *Thematic Mapper* do Satélite Landsat-5, órbita 222, ponto 81. Para o estudo foi utilizada uma série histórica com intervalos de dez anos entre as imagens, conforme a Tabela 6. Antes de proceder à classificação de imagens, estas tiveram que ser georreferenciadas, sendo necessário utilizar uma imagem Geocover – registro, disponível em <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl>. E dados SRTM – *Shuttle Radar Topographic Mission/90m* (EMBRAPA/SRTM,2005), para a elaboração do mapa temático de hipsometria.

Tabela 6. Datas utilizadas das Imagens Landsat-5 para o estudo.

Ano	Época
1986	15/01
1996	28/12
2006	22/11
2011	26/04

Fonte: <http://www.inpe.br>

3.3 Aplicativos:

O sistema de informação geográfica Arcview – Arcmap foi utilizado para a elaboração dos mapas temáticos.

Para o processamento e classificação das imagens o aplicativo ENVI- Version 4.7. (2009).

3.4 Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido em três etapas a seguir:

- a) Levantamento de dados a campo e visita a algumas propriedades rurais, entrevistas com a Associação de Arrozeiros de Restinga Sêca, no Sindicato Rural de Restinga Sêca e na prefeitura – secretaria de agricultura.
- b) Mapeamento e geração das bases digitais.
- c) Elaboração dos mapas temáticos e análise dos dados conforme a Figura 12.

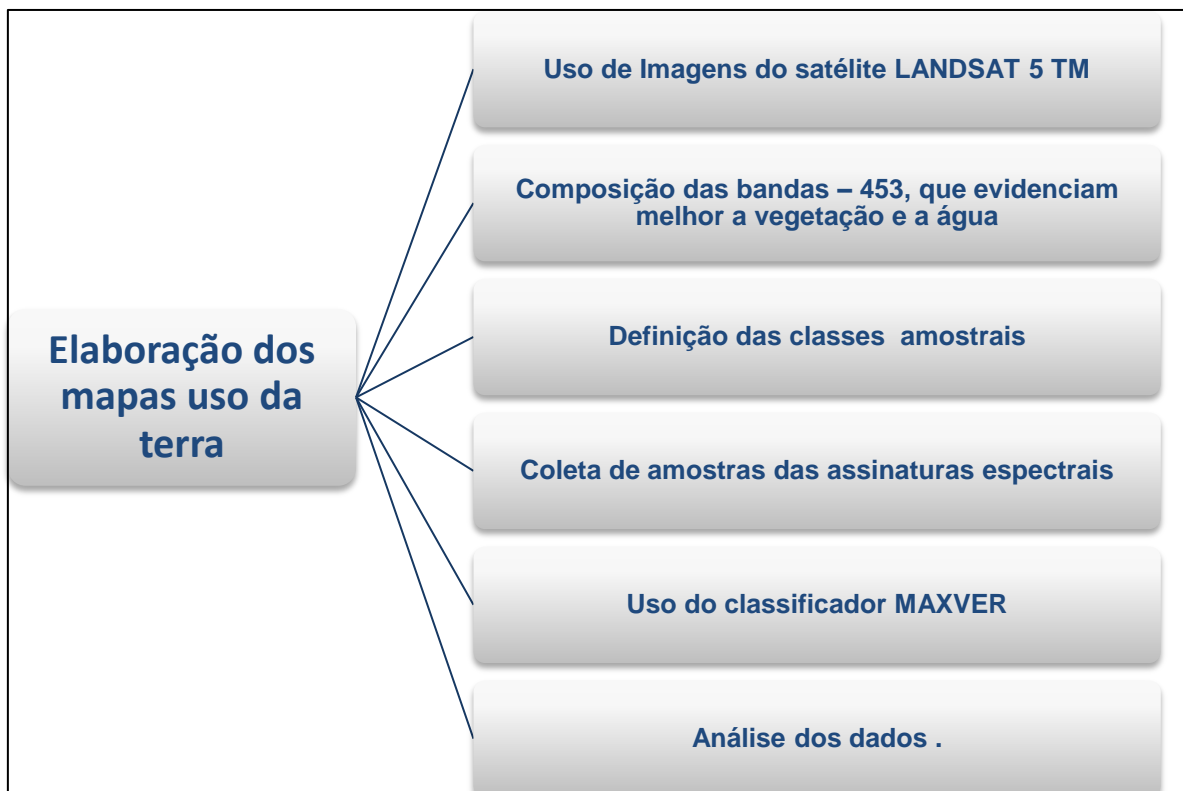


Figura 12. Fluxograma da metodologia adotada.

3.4.1 Delimitação da área de estudo:

O limite da área do município de Restinga Sêca foi obtido das cartas topográficas da DSG e dos arquivos digitais disponíveis no site da FEPAM já vetorizados

em arquivos do tipo *Shapefile*.

3.4.2 Obtenção dos mapas hipsométricos e rede hidrográfica do município:

O mapa hidrográfico foi elaborado a partir da digitalização da rede de drenagem e açudes existentes nas cartas topográficas da DSG e atualizados com as imagens de satélite para acréscimo de novos corpos d'água.

Para o mapa de altitudes ou hipsométrico, foram utilizados os dados SRTM, disponibilizado pela EMBRAPA que para a América do Sul apresenta resolução de 90 metros; a partir desse dado inicial realizou-se a interpolação das cotas originais para 20 m de intervalo, como constam nas cartas topográficas.

3.4.3 Obtenção do mapa de áreas de preservação permanente:

Para a determinação das APPs do município seguiu-se o que estabelece a Lei nº 4.771/65 e as Resoluções CONAMA302 e 303/2002 conforme o citado no Quadro 1 do item 2.7.3.2.

A metodologia aqui citada foi a sugerida por SALBEGO (2010), onde as características da região em que se encontra o município foram levadas em conta, já que se pretende identificar as áreas com orizicultura nas áreas de APP. A seguir os critérios para a delimitação das APPs:

- a) Cursos d'água: largura inferior a 10 m e entre 10 e 50 m - faixa de proteção de 30 e 50m, respectivamente;
- b) Nascentes: raio de proteção de 50 m;
- c) Reservatórios artificiais: reservatório situado em área urbana: faixa de proteção de 30 m; reservatório com até 20 ha (não utilizados em abastecimento público ou geração de energia elétrica), situado em área rural: faixa de proteção de 100m.

Assim, os critérios Declividade e Topo de Morro previstos na legislação não foram considerados, já que a orizicultura não é favorável em áreas declivosas.

Os passos para a determinação da faixa de largura das APPs ao longo de cursos d'água, nascentes e reservatórios conforme a Figura 15, foram utilizados no aplicativo Arcmap, com a ferramenta análise de proximidade ou *buffer*, sendo deste modo criado um novo plano de informação através do *Arctoolbox – Analysis Tools – Proximity – Buffer*.

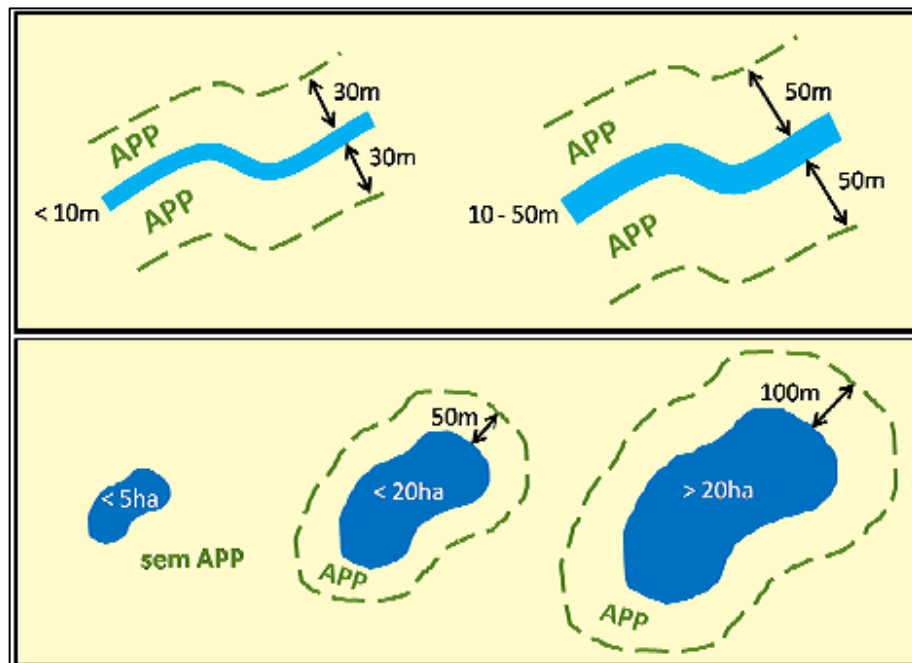


Figura 13. Representação gráfica dos limites determinados na legislação para APPs de cursos d'água, lagos e lagoas, sem escala. Fonte : CAMPOS et.al., 2010.

3.4.4 Obtenção do mapa da área orizícola do município de Restinga Sêca RS, por meio de imagens de satélite:

O processamento e classificação das imagens ocorreram da seguinte forma: Mapeamento com imagens do satélite LANDSAT TM, nas datas referidas na Tabela 6, composição colorida das bandas TM3, TM4, TM5, TM6 e TM7. Para o uso das imagens LANDSAT foi necessário realizar o georreferenciamento destas imagens com base nos dados Geocover (NASA/GEOCOVER, 2002). As imagens que extrapolavam a área de estudo foram recortadas utilizando o limite da área de estudo ba-

seado na malha digital municipal vetorizada anteriormente. Classificação digital supervisionada de cada imagem, onde se definiu as classes de uso da terra.

Para identificação dos padrões de uso da terra, utilizou-se o aplicativo ENVI, onde foi feita uma coleta de amostras espectrais em cada composição, neste momento foi realizada uma nova composição de bandas para evidenciar os temas de maior importância para o estudo, que são corpos d'água e vegetação. Segundo D'ARCO (2007) a melhor composição para a coleta dos pontos de interesse (ROI – *Regions of Interest*) é a composição das bandas 4,5 e 3. A partir daí foram coletados os pontos de interesse conforme as classes de uso da terra, que seguem: - solo exposto, agricultura irrigada, vegetação arbórea, urbanização e agropecuária.

A classificação das imagens para o cálculo da área cultivada com arroz foi feita utilizando o método de classificação de Máxima Verossimilhança (Maxver) que é a classificação supervisionada mais aplicada no tratamento de dados adquiridos por satélites. Para tanto, este método deve ser aplicado quando se conhece bem a imagem a ser classificada, para que se possa definir bem as classes representativas..

Conforme o INPE, 2012:

"Esse tipo de classificador considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos, e depende principalmente do conjunto de que vão definir o diagrama de dispersão das classes e suas distribuições de probabilidade, considerando a distribuição de probabilidade normal para cada classe do treinamento. Para duas classes (1 e 2) com distribuição de probabilidade distintas, as distribuições representam a probabilidade de um "pixel" pertencer a uma ou a outra classe, dependendo da posição do "pixel" em relação a esta distribuição ,o que vai ocorrer é uma região onde as curvas sobrepõem-se indicando que um determinado "pixel" tem igual probabilidade de pertencer às duas classes, para tanto é necessário estabelecer critérios de decisão a partir da definição de limiares, ou seja o percentual de "pixels" de uma classe que será classificado como pertencente a esta classe". Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>.

Para SHIBA et al.,(2012) apud Previdelli (2004), a eficácia do Maxver depende, principalmente, de uma precisão razoável da estimativa do vetor médio e da matriz de covariância de toda classe espectral. Isso depende da quantidade de pixels incluídos nas amostras de treinamento. O resultado do Maxver é tanto melhor quanto maior o número de pixels numa amostra de treinamento para implementá-los na matriz de covariância.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os métodos utilizados permitiram espacializar e quantificar a comprovação de como está o uso da terra no município de Restinga Sêca - RS, conforme as épocas consideradas, proporcionando uma análise temporal da expansão da atividade orizícola em áreas de preservação permanente na região em um período de 25 anos.

O uso das técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto foram imprescindíveis, permitindo a verificação de padrões de uso do solo sem maiores custos e em pouco tempo de estudo.

4.1 Análise dos resultados para ocupação do uso do solo pela orizicultura, referente aos anos 1986, 1996, 2006 e 2011.

Para a análise dos resultados primeiramente é necessário apresentar os mapas temáticos de Hipsometria e Rede de Drenagem do município, comprovando o que foi citado na caracterização da área de estudo.

Assim, a Figura 14 apresenta o mapa temático de Hipsometria, com altitude máxima de 400m acima do nível do mar, e mínima de 20m, nas planícies fluviais onde há o uso do solo para a orizicultura. Já a Figura 15 é o resultado da digitalização dos cursos d'água e reservatórios do município nas cartas topográficas e nas imagens orbitais atualizadas, o mapa hidrográfico representa lagos, rios e açudes localizados no município de Restinga Sêca.

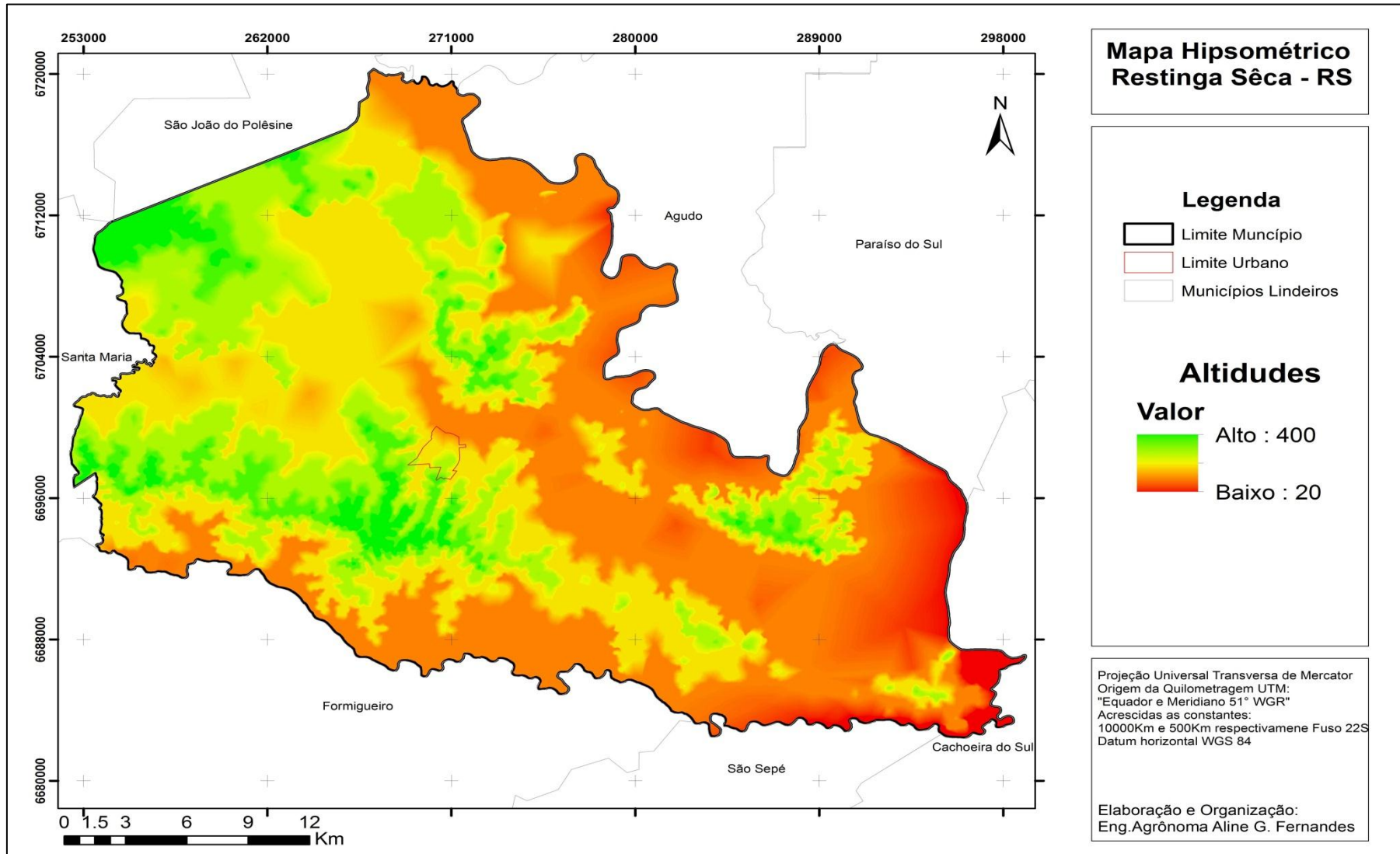


Figura 14. Mapa Hipsométrico do município de Restinga Sêca RS.

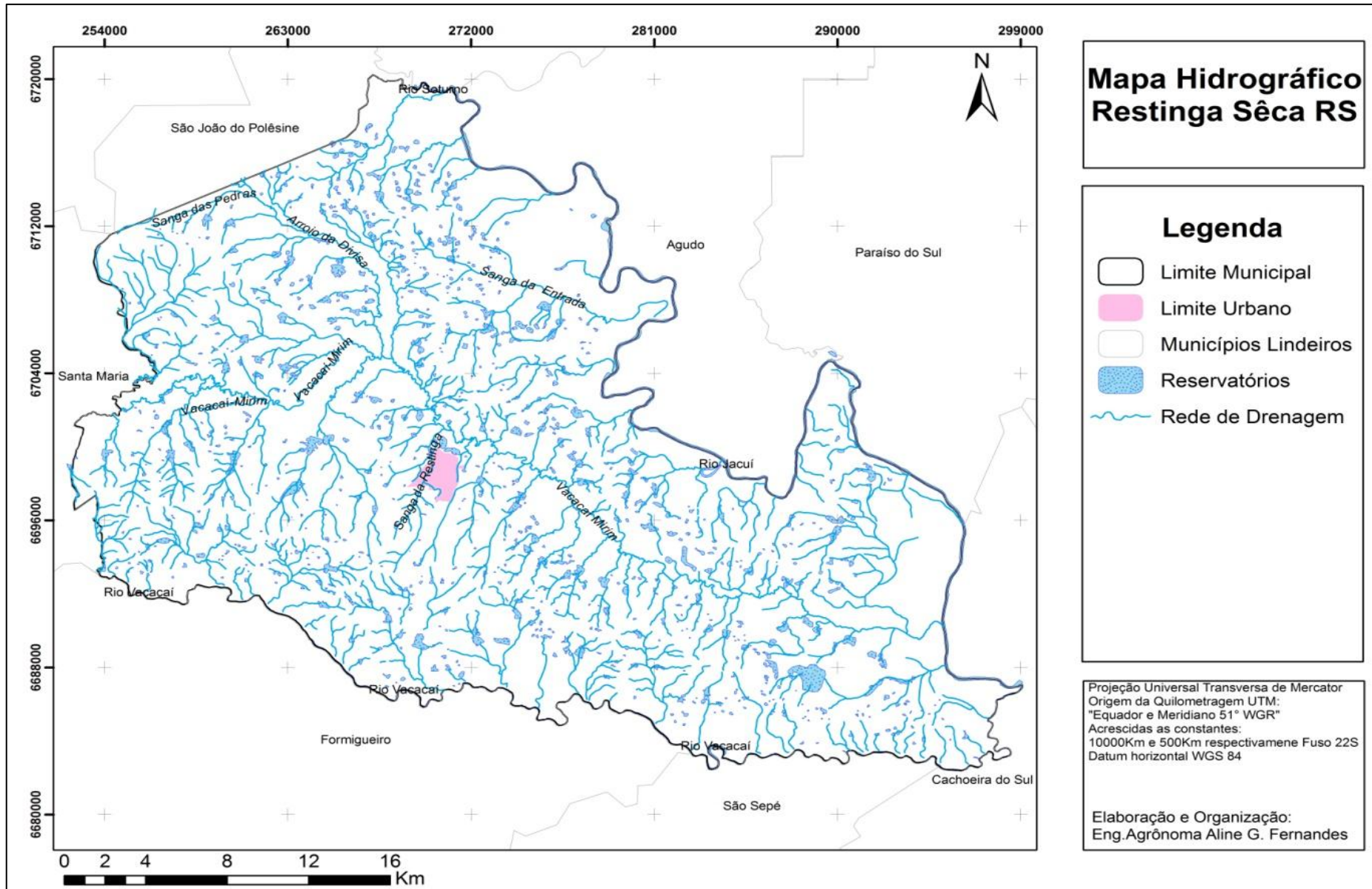


Figura 15. Mapa Hidrográfico do município de Restinga Sêca RS.

4.1.1 Ocupação do uso do solo no ano de 1986

Conforme a Tabela 7 e as Figuras 16 e 17, que apresentam a distribuição espacial das classes de uso da terra, no ano de 1986, a análise permite verificar que há a predominância da classe agropecuária com 38,56% da área do município, que representa os campos e áreas cultivadas com outros cultivos como soja, milho e fumo, além da pecuária. A classe referente à vegetação representa 19,54%, isso se explica devido ao tipo de ocupação que se desenvolveu no município, onde as áreas mais elevadas e íngremes e próximas à rede de drenagem apresentam áreas de florestas nativas ou exóticas e capoeirão, representando uma maior preservação da vegetação. Para a classe agricultura irrigada a presença é significativa para este ano, com um percentual de 19,55%, a classe lâmina d'água representa 2,65% da área, referente a rios, barragens e açudes.

Tabela 7. Percentual e área em hectares das classes de uso da terra do ano de 1986 do município de Restinga Sêca RS.

Classes de Uso da Terra	Área (ha)	%
Lâmina d'água	2.554,74	2,65
Vegetação	18.793,87	19,54
Agropecuária	37.089,44	38,56
Solo exposto	18.931,54	19,68
Agricultura Irrigada	18.810,4	19,55
Total	96180,00	100

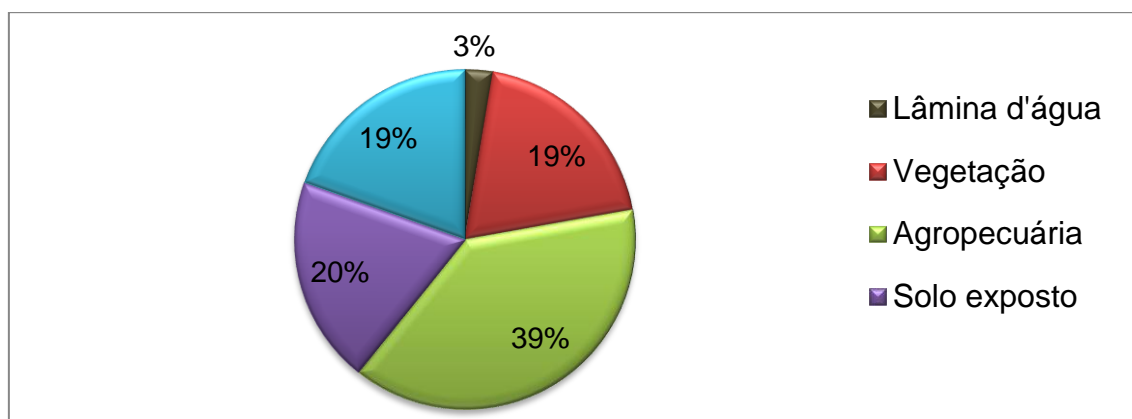


Figura 16. Percentual de uso da terra no município de Restinga Sêca RS no ano de 1986.

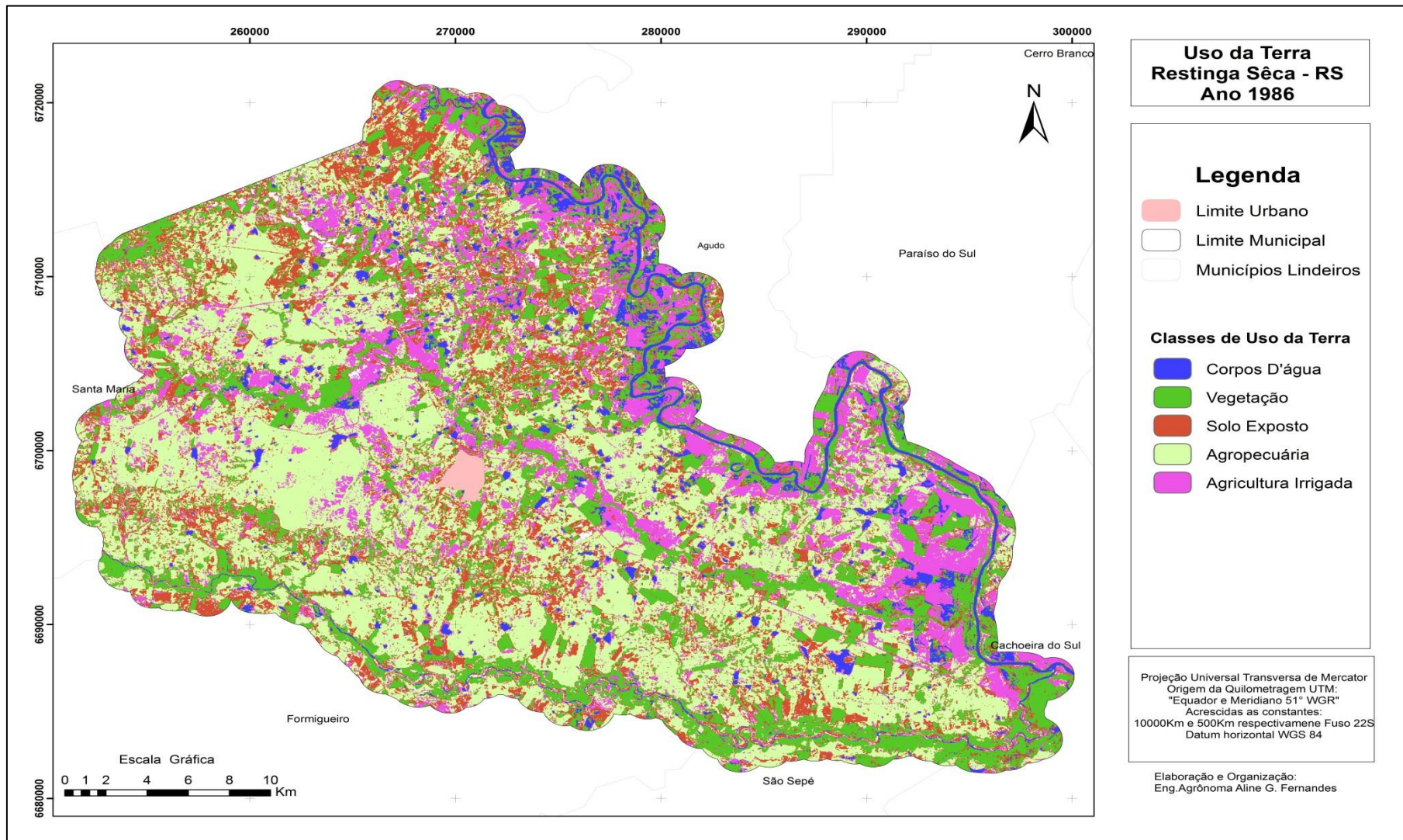


Figura 17. Mapa de uso da terra no município de Restinga Sêca - RS do ano de 1986.

4.1.2 Ocupação do uso do solo no ano de 1996

Para o ano de 1996, a Tabela 8 e as Figuras 18 e 19, o uso da terra, passados 10 anos da primeira análise, algumas classes mantiveram-se iguais, como a classe agropecuária que se manteve em 38%, porém outras classes aumentaram seus percentuais, como a lamina d'água com 3,17% e vegetação com 21,63%. A agricultura irrigada apresentou um decréscimo, mas como a imagem foi adquirida no mês de dezembro de 1996, onde há o preparo do solo, para as culturas de verão, pois a classe solo exposto que representa áreas cultivadas e/ou preparadas para o plantio geram uma confusão na hora de usar o classificador.

Tabela 8. Percentual e área em hectares das classes de uso da terra do ano de 1996 do município de Restinga Sêca RS.

Classes de Uso da Terra	Área (ha)	%
Lâmina d'água	3051,83	3,17
Vegetação	2084,98	21,63
Agropecuária	37143,09	38,61
Solo exposto	21760,24	22,62
Agricultura irrigada	13419,86	13,95
Total	96180,00	100,00

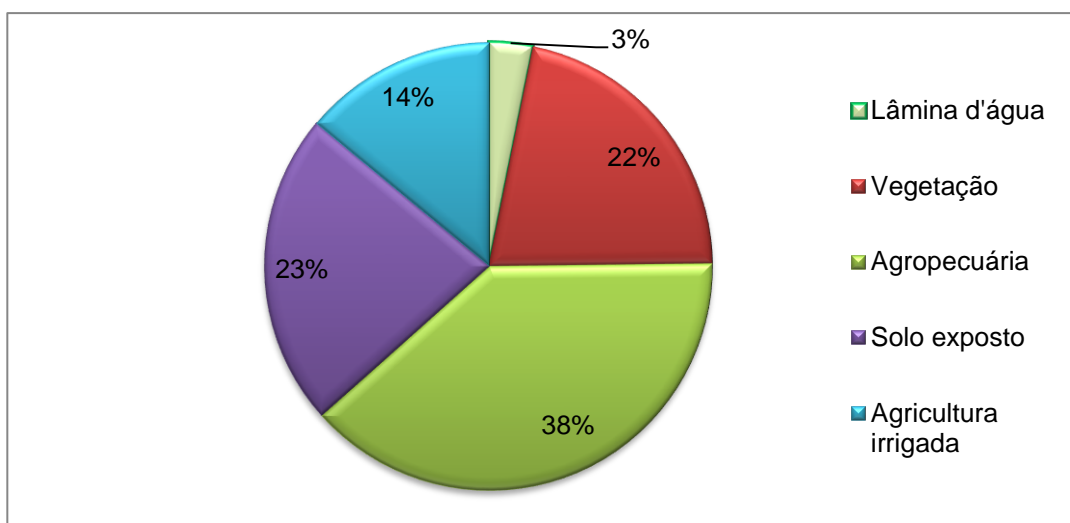


Figura 18. Percentual de uso da terra no município de Restinga Sêca RS no ano de 1996.

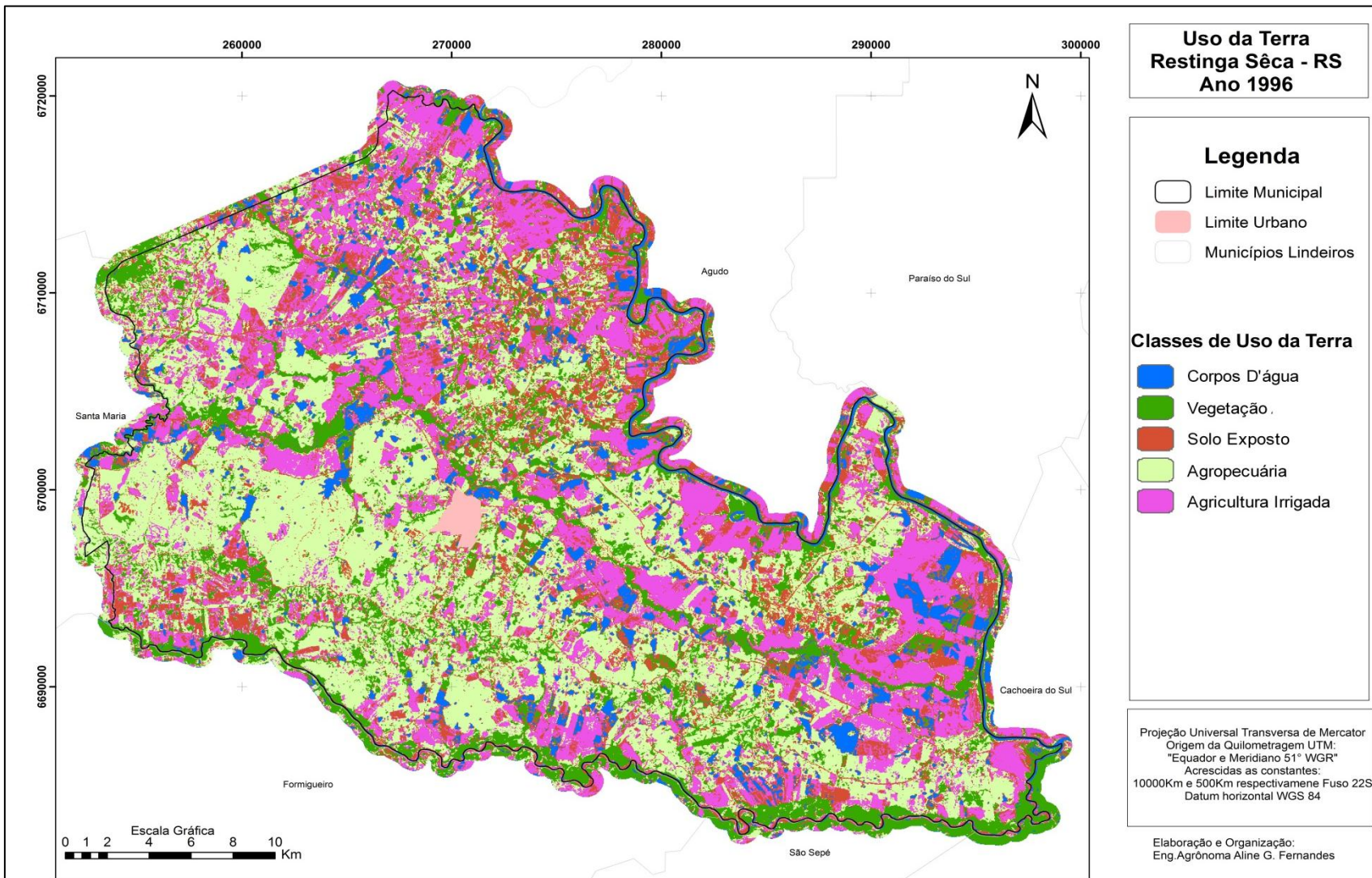


Figura 19. Mapa de uso da terra no município de Restinga Sêca RS no ano de 1996.

4.1.3 Ocupação do uso do solo no ano de 2006

Para o ano de 2006, a Tabela 9 e a Figura 20 e 21, as classes que mais se destacam em aumento de área total é a Agricultura Irrigada, aqui também a classificação se deu em função da época de aquisição da imagem, influenciando o resultado, pois os incrementos em áreas foram significativos em relação aos dez anos anteriores. Cabe aqui ressaltar a forma de cultivo e o manejo da cultura do arroz, onde na década de 80 não utilizavam o manejo da lamina d'água na área em repouso para plantio posterior, esse tipo de manejo passou a ser utilizado a partir da década de 90, onde o agricultor deixa a área de plantio com lamina d'água durante todo o ano para o controle de ervas daninhas. Assim, pode-se dizer que o manejo influencia as respostas espectrais durante a classificação, essa afirmação é encontrada em D'Arco (2007), onde afirma que:

“...Apesar de o arroz irrigado ser cultivado sob inundação e por isso na sua fase inicial apresentar resposta espectral predominante da água, o que o diferencia de outros cultivos de verão, nesta época pode ocorrer alguma confusão com áreas de banhado. Já na fase de maior desenvolvimento vegetativo, onde o dossel da cultura cobre a lâmina da água, esta cultura pode ter respostas espectrais semelhantes a de outros cultivos, principalmente aqueles com o mesmo calendário agrícola (D'Arco ,2007 p.109).

Este mesmo autor cita que as atuais metodologias para mapeamento da orizicultura utilizam dados de radar e são desenvolvidas para as regiões do Hemisfério Norte, principalmente para a Ásia, com realidades bem diferentes de nosso país.

Assim, a classe Lâmina d'água apresentou um incremento em área de 4500 hectares em relação ao período de dez anos, considerando que o número de açudes aumentou neste espaço de tempo e uma nova classe precisou ser considerada na classificação que é a classe urbanização, em função da rede viária do município apresentar novas estradas pavimentadas e não pavimentadas. Conforme Cirolini et al. (2011) a classe área urbana em seu levantamento chegou a 309,59 ha, demonstrando a necessidade do conhecimento da quantidade atualizada e classificação das estradas presentes no interior dos municípios.

Tabela 9. Percentual e área em hectares das classes de uso da terra do ano de 2006 do município de Restinga Sêca RS.

Classes de Uso da Terra	Área (ha)	%
Lâmina d'água	7611,83	7,91
Vegetação	17639,93	18,34
Agropecuária	27213,15	28,29
Solo exposto	6070,67	6,31
Agricultura irrigada	30024,68	31,21
Urbanização	7619,73	7,92
Total	96180,00	100,00

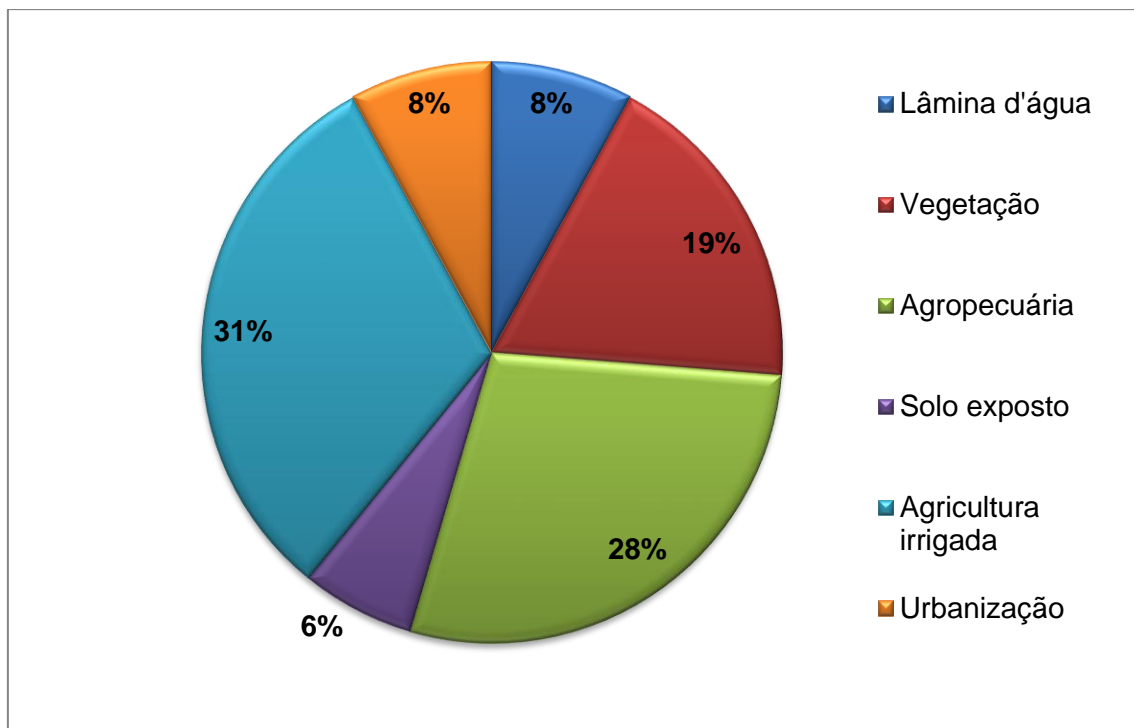


Figura 20. Percentual de uso da terra no município de Restinga Sêca RS no ano de 2006.

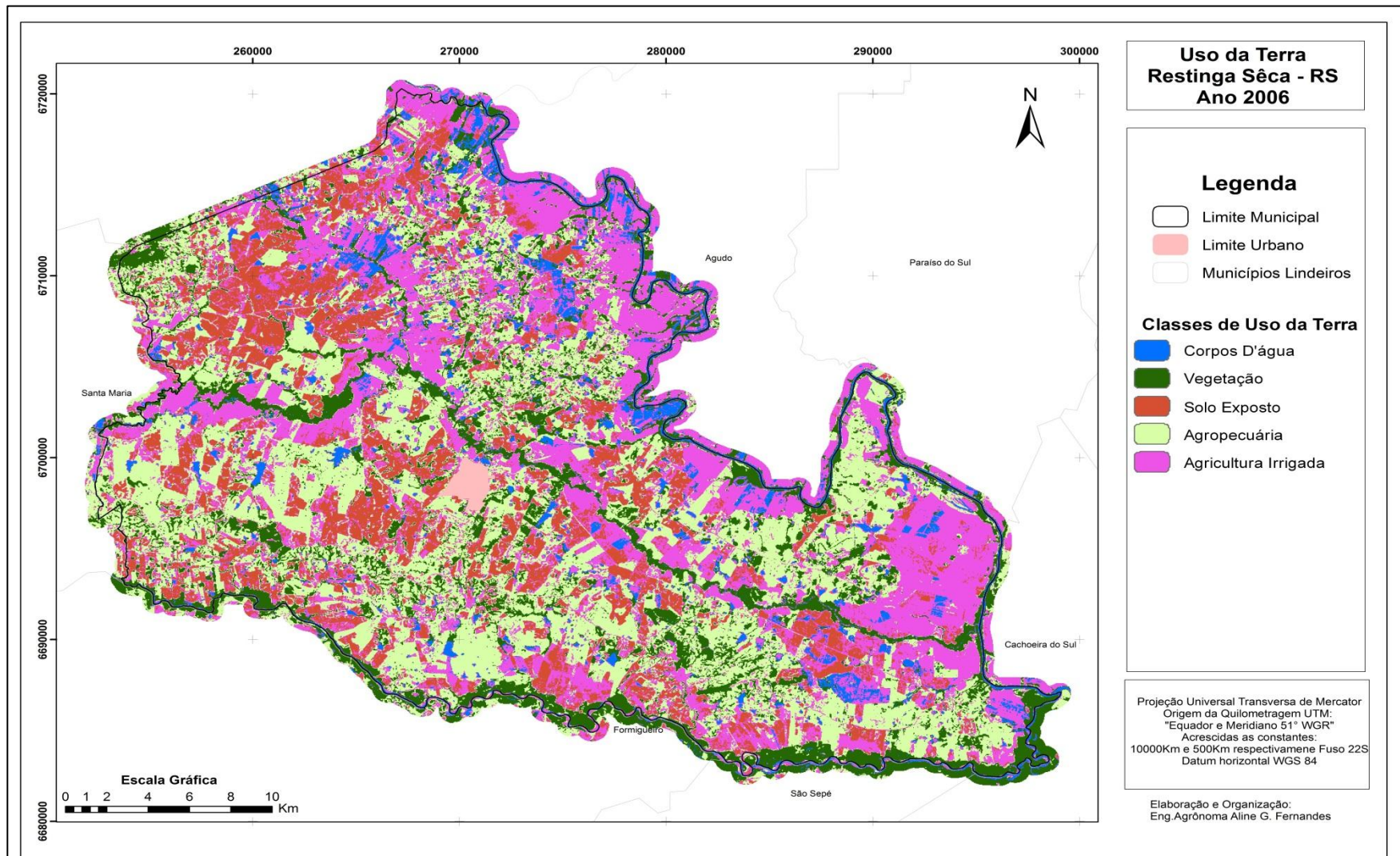


Figura 21. Mapa de uso da terra no município de Restinga Sêca RS no ano de 2006.

4.1.4 Ocupação do uso do solo no ano de 2011

Como forma de aumentar a qualidade do trabalho, utilizou-se uma imagem do período de inverno para verificar a situação da orizicultura durante o período em que as áreas de várzea não são utilizadas para o cultivo. A Tabela 10 demonstra uma variação nas áreas para as classes Agricultura irrigada e Solo exposto, essa classe representa nesse período de ano os cultivos de inverno, onde o solo em preparo representa ser em maior quantidade. Conforme a Figura 22 a classe Vegetação teve aumento em área, esse dado é importante para análise das APPS, pois nos anos 2000 houve uma maior orientação por parte dos órgãos ambientais e dos governos no sentido de preservação e identificação das APPS.

Tabela 10. Percentual e área em hectares das classes de uso da terra do ano de 2011 do município de Restinga Sêca RS.

Classes de Uso da Terra	Área (ha)	%
Lâmina d'água	5543,76	5,76
Vegetação	27097,78	28,17
Agropecuária	6613,37	6,87
Solo exposto	38150,71	39,66
Agricultura irrigada	18774,37	19,52
Total	96180,00	100,00

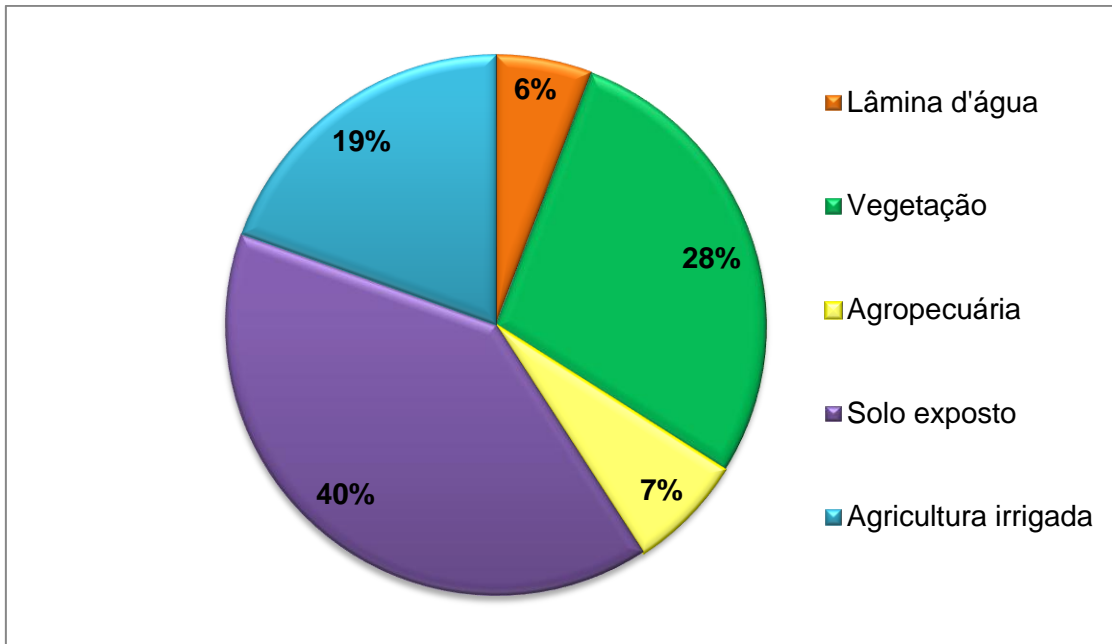


Figura 22. Percentual de uso da terra no município de Restinga Sêca RS no ano de 2011.

Conforme a Figura 23, a evolução da classe Agricultura Irrigada no período de 25 anos foi expressiva em termos de área, fazendo uma classificação visual inicial na Carta Imagem do ano de 2011 (Figura 24), percebe-se que houve uma maior ocupação do solo na região dos rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim e na porção Nordeste e Sul do município na divisa com o rio Jacuí.

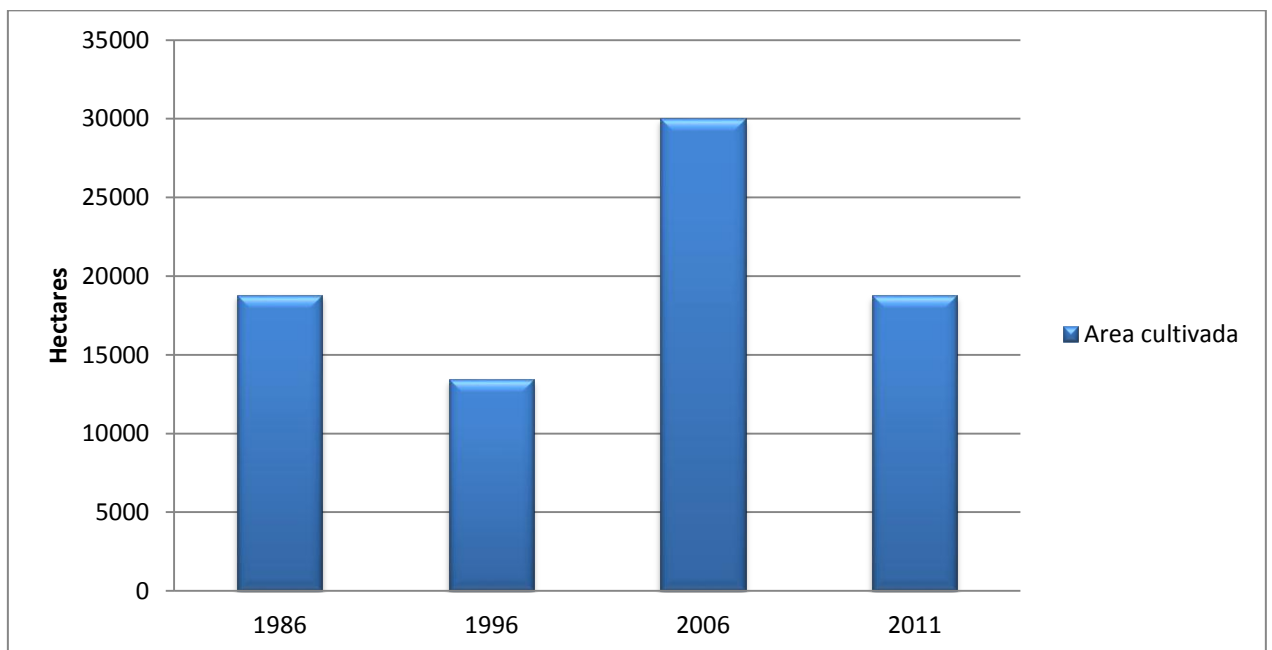


Figura 23. Evolução da área cultivada com orizicultura conforme a classificação de uso da terra, no município de Restinga Sêca - RS, em um período de 25 anos.

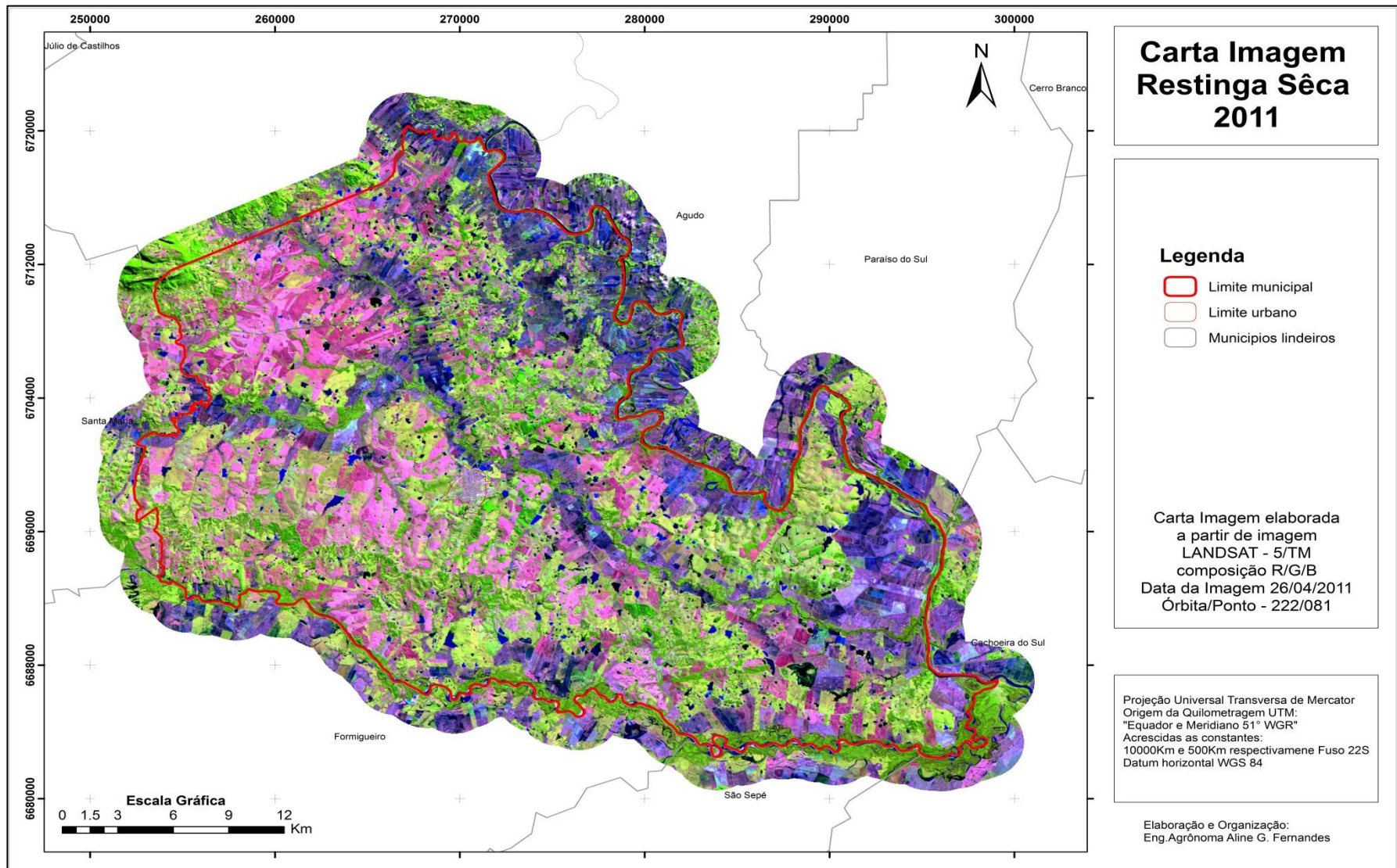


Figura 24. Carta Imagem do município de Restinga Sêca RS – 2011..

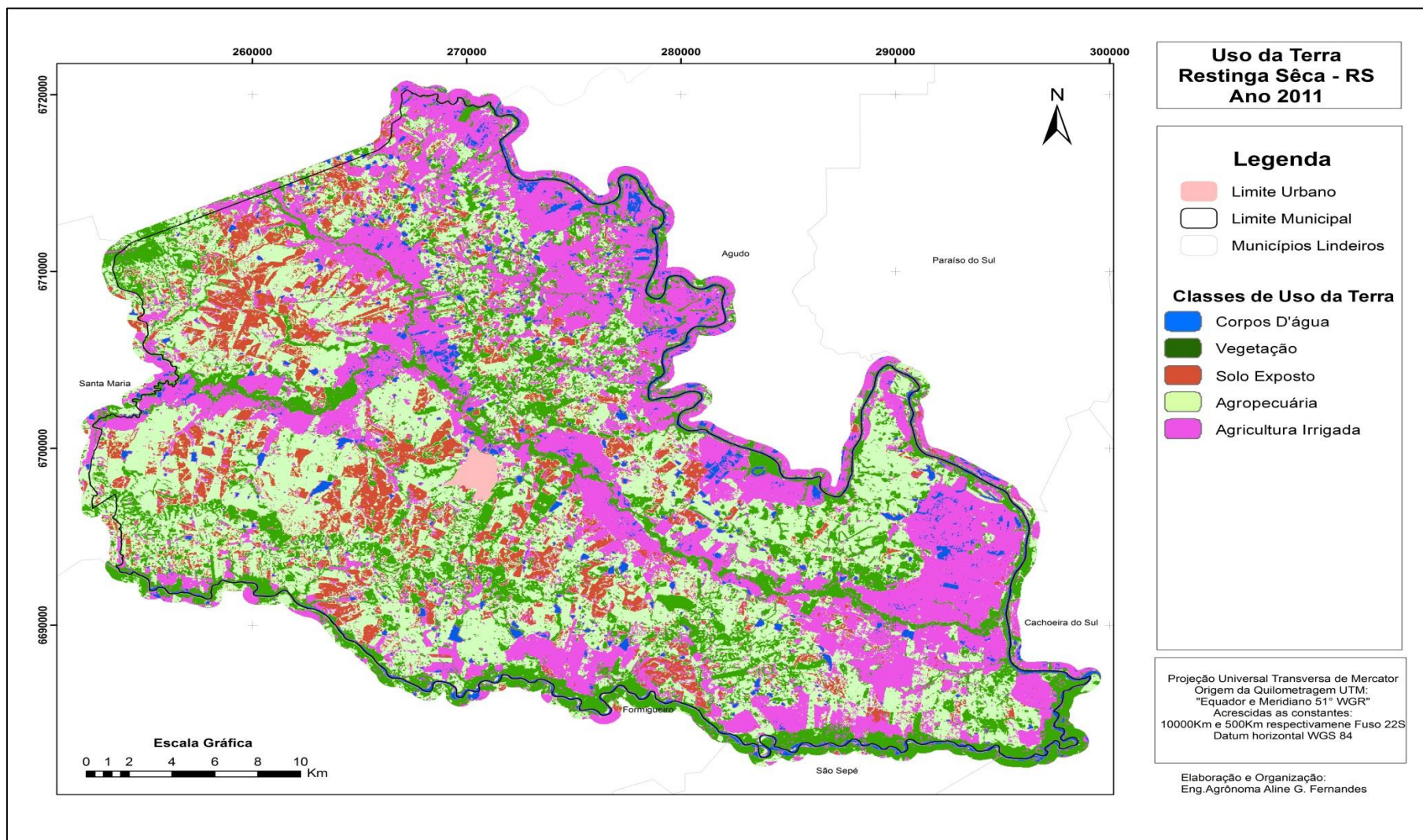


Figura 25. Mapa de Classes de Uso da Terra do município de Restinga Sêca RS no ano de 2011.

4.2. Áreas de Preservação Permanente

Conforme citado no item metodologia, a determinação das áreas de preservação permanente do município seguiram as resoluções CONAMA 302 e 303 de 2002.

A Figura 24 traz a evolução da classe Vegetação no período de 25 anos, observa-se que houve uma maior supressão da vegetação natural nos anos de 1996 a 2006, pode-se dizer com esse tipo de dado que as APPs delimitadas conforme a legislação, estão com área maior que o necessário em alguns locais e menores em outros (Figura 25), já que a estimativa para o percentual de APPs ideal para o município seria em torno de 12%.

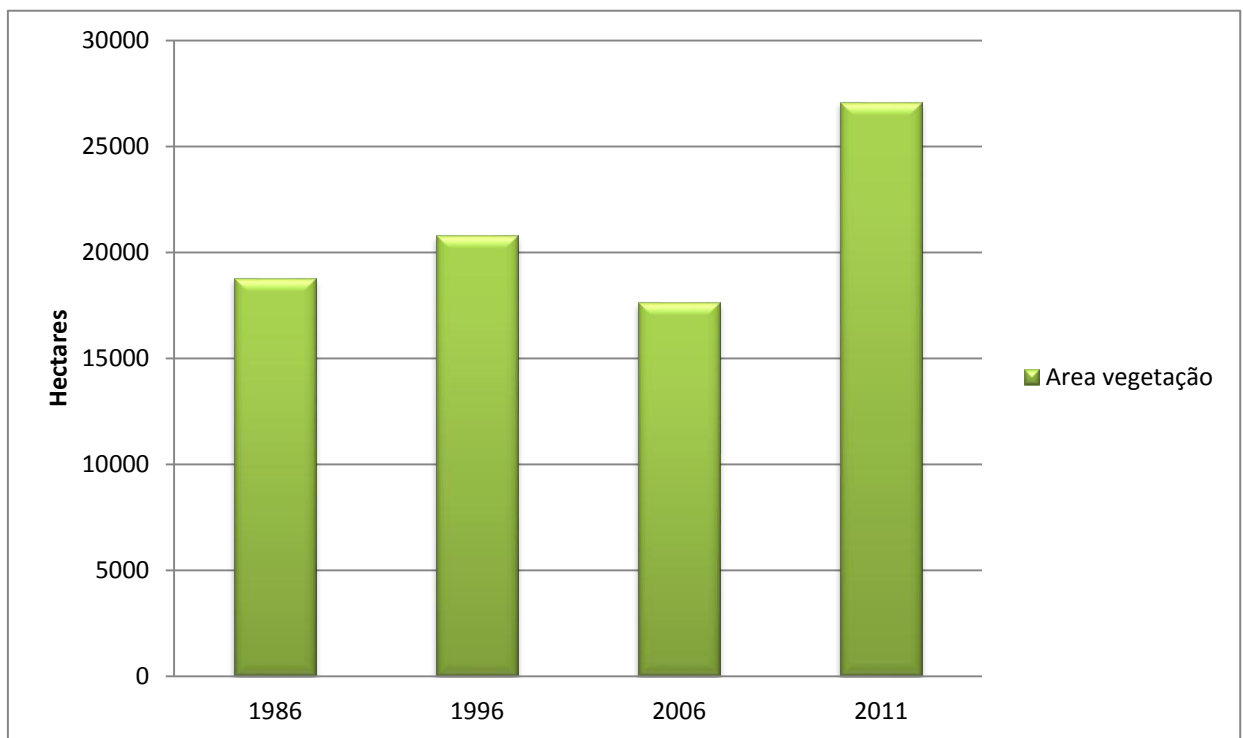


Figura 26. Evolução da classe Vegetação do município de Restinga Sêca RS no período de 25 anos.

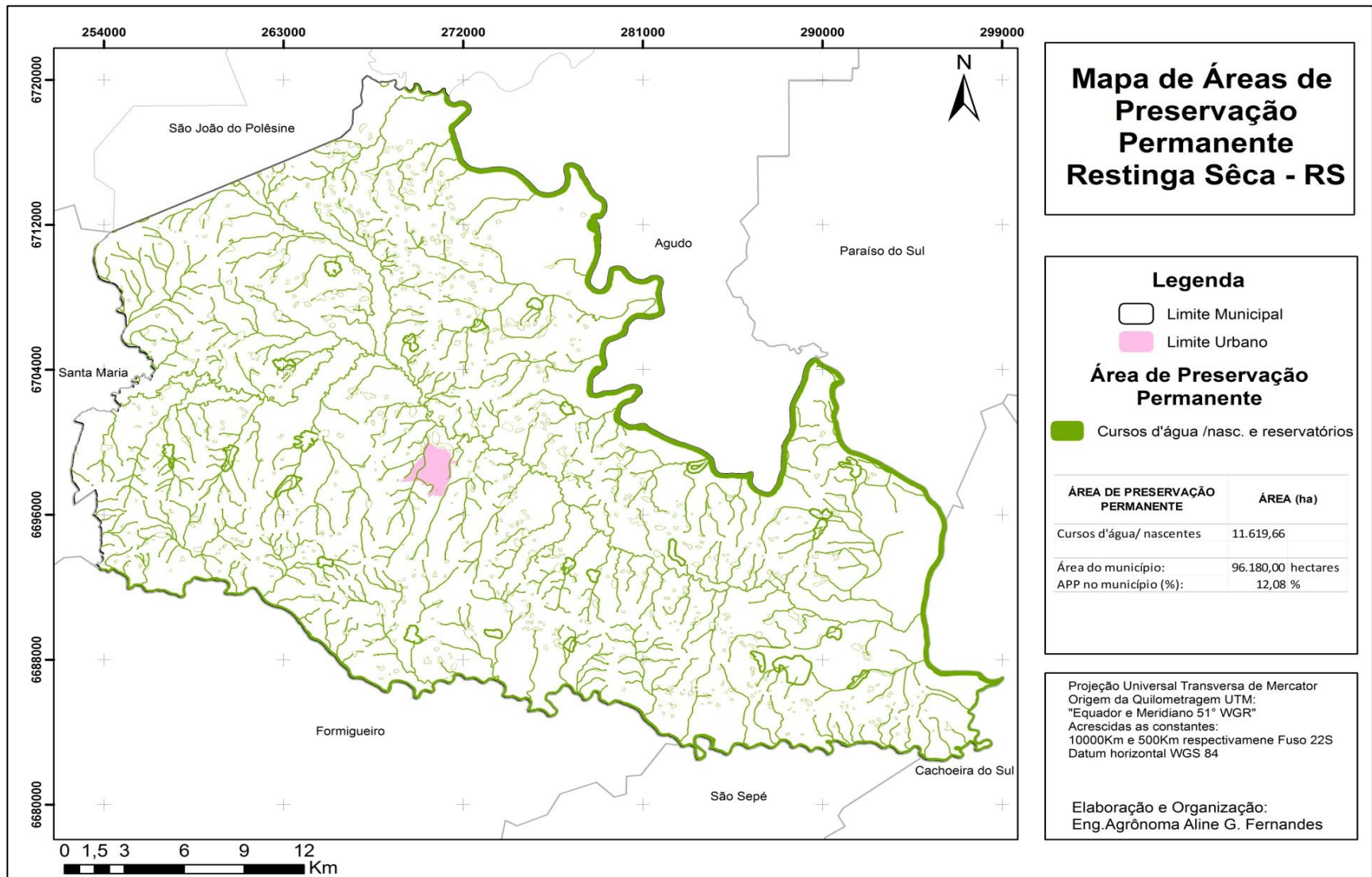


Figura 27. Mapa de Áreas de Preservação Permanente do município de Restinga Sêca RS.

5. CONCLUSÕES

A área ocupada pela orizicultura no município de Restinga Sêca – RS no período estudado apresentou aumento para a classe uso do solo Agricultura Irrigada, com um aumento de aproximadamente 11,6% da área total.

As classes Vegetação e Lâmina d'água são importantes para o planejamento futuro do uso e ocupação do solo, pois representam indicativos de preservação dos mananciais hídricos do município, sendo que a principal atividade econômica do mesmo é devido à agricultura irrigada e a agropecuária.

A adoção da metodologia utilizada neste trabalho pode ser recomendada como uma ferramenta para o planejamento de safras e estimativas de plantio e perdas que possam ocorrer já que o uso das técnicas de sensoriamento remoto e a integração com o sistema de informações geográfica permitiram a análise multitemporal da ocupação do solo do município.

Recomenda-se fazer uma nova avaliação da área de preservação permanente do município, já que a legislação durante o estudo foi modificada, trazendo novos parâmetros para a determinação e obrigatoriedade de delimitação destas nas propriedades rurais. Sendo um dos objetos desse trabalho a aplicação da legislação e uso de geotecnologias para a determinação destas áreas, foram alcançados todos os objetivos.

6. BIBLIOGRAFIA

AGENCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - (BRASIL). **Conservação de água e preservação ambiental nas lavouras de arroz do Rio Grande do Sul:** produção mais limpa / Agência Nacional de Águas; Instituto Rio Grandense de Arroz. -- Brasília: ANA, 2009. 54 p.: il

AGENCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – **A evolução dos recursos hídricos no Brasil.** Março de 2002 - CD ROM.

ASSAD, E.D & SANO, E.E., **Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na agricultura.** Brasília, DF. 2ª Ed. 1998. 434 p.

BALARINE O. F. O. (Org.); [et al]. **Projeto Rio Santa Maria: a cobrança como instrumento de gestão.** Porto Alegre: EDIPUCRS, 2000. 150p.

BATISTELA, M. et al. **Satélites de monitoramento.** Campinas: EMBRAPA Monitoramento por Satélite. Disponível em <http://www.sat.cnpm.embrapa.br>, acesso em 10/01/2011.

BENJAMIM, ANTONIO HERMAN DE VASCONCELOS, – **Reflexões sobre a hipertrofia do direito de propriedade na tutela da reserva legal e das áreas de preservação permanente** disponível em <http://bdjur.stj.gov.br/xmlui/handle/2011/20711>, acesso em 12/10/2009.

BENJAMIN, Antônio Herman de Vasconcelos e. **A proteção das florestas brasileiras: ascensão e queda do código florestal.** Disponível em <<http://bdjur.stj.gov.br>>, acesso em 12/10/2009.

BORSOI, Z.M.F, TORRES, S.D.A. **A política de recursos hídricos no Brasil.** Disponível em <www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/.../rev806.pdf>, acesso em 10/02/2010.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil:** promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 5 jul. 2010.

_____. **Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 5 jul. 2010.

_____. **Decreto Federal n. 24.643, de 10 de julho de 1934.** Decreta o Código de Águas. Disponível em <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em 20 set. 2009.

_____. **Lei Federal n. 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: < www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/.../Lei/L12651.html>. Acesso em: 30 jun. 2012.

_____. **Lei n. 10.350, de 30 de dezembro de 1994.** Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: < <http://www.al.rs.gov.br/legis>>. Acesso em 15 abr. 2010.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Resolução **CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002.** Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Disponível em<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html>> acesso em 10/02/2010.

_____. **Resolução nº 303, de 20 de março de 2002.** Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>> acesso em 10/02/2010

BREUNIG, F. M.; GALVÃO, L. S.; FORMAGGIO, A. R.; EPIPHANIO, J. C. N. Classification of soybean varieties using different techniques: case study with Hyperion and sensor spectral resolution simulations. *Journal of Applied Remote Sensing*, v. 5, n. 1, p. 053533, 2011.

BURROUGH, Peter A.; McDONNEL, Rachel A. **Principles of Geographical Information Systems.** New York: Oxford, 1998.

BUZAI, Gustavo D. **Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos Conceptuales y Aplicaciones.** GESIG - Universidad Nacional de Luján. 2010 (704 páginas). Disponível em <http://www.gesig-proeg.com.ar/documentos/libros/libro-13-version-digital.htm> , acesso em 12/02/2012.

CÂMARA, G. MEDEIROS, J. S. Princípios Básicos Em Geoprocessamento, In ASSAD & SANO: Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura. 2ª edição Revista Ampliada, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados e Ministério da Agricultura e do Abastecimento.

CAMPOS, F.F., MATIAS, L.F. **Mapeamento de áreas de preservação permanente (APPs) e sua situação atual e de uso e ocupação no município de Paulínia (SP).** III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação Recife - PE, 27-30 de Julho de 2010 p. 001-007. Disponível em: <http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/index.htm>

CHRISTOFIDIS, D., FERREIRA, R. S. A., LIMA, J. W. **O uso da irrigação no Brasil.** 2004. Disponível em: <http://cf.org.br/cf2004/irrigacao.doc>. Acesso em 8 jul. 2010.

_____. **Água : Genesis, Gênero e Sustentabilidade Alimentar no Brasil ..** Ministério da Integração Nacional. Brasília DF. Fevereiro de 2006.

_____. **O futuro da irrigação e a gestão das águas.** Série Irrigação e Água: I-2008. Ministério da Integração Nacional. Brasília DF. Novembro de 2008.

CIROLINI, Angelica. **Atlas eletrônico e socioeconômico sob a perspectiva da cartografia escolar no Município de Restinga Sêca, RS.** Santa Maria 2008. Dissertação Mestrado (Programa de Pós Graduação em Geografia e Geociências). Universidade Federal de Santa Maria. 281p.

CIROLINI, A., CASSOL, R., LUTZ, VLS. **Estudo comparativo do uso da terra em período chuvoso e seco no município de Restinga Sêca, RS.** In: VIII Congresso Brasileiro de Agroinformática, 2011, Bento Gonçalves. VIII Congresso Brasileiro de Agroinformática, 2011. Disponível em <sbiagro.eel.ufsc.br/wp-content/anais/anais/.../poster.../89738_1.pdf>, acesso em 04 março de 2011.

COLLISCHONN, B.; COLLISCHONN, W. Classificação multitemporal de uso do solo usando imagens CBERS para fins de simulação e gerenciamento de recursos hídricos na bacia do rio Quaraí. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 4687-4692. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.11.07>>. Acesso em: 18 jun. 2011.

CRÓSTA, A. P., **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: UNICAMP, 1992. 170 p.

D'ARCO, Enzo. **O uso de geotecnologias para estimativa da área plantada de arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul**. São José dos Campos. Tese de Doutorado (Programa de Pós Graduação em Sensoriamento Remoto) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2008, 206p.

DUARTE. PAULO ARAÚJO. **Fundamentos de Cartografia**. 3.ed.- Florianópolis : Ed da UFSC, 2006. 208 p.

EMBRAPA Clima Temperado. **Cultivo do Arroz Irrigado no Brasil**. Sistemas de Produção, 3. Versão Eletrônica. Nov./2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasi>>. Acesso em 8 mar. 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

FITZ, P. R.; HASENACK, H. **O Processo de tomada de decisões e os sistemas de informação geográfica**. In: XI Conferência Iberoamericana de SIG, 2007, Buenos Aires - Argentina, XI CONFIBSIG, 2007. http://www.geogra.uah.es/inicio/web_11_confibsig/SEMINARIO/LS_Fitz_Hasenack.pdf. Disponível em: <<http://www.unilasalle.edu.br/canoas/pagina.php?id=692>> Acesso em : 10 Nov 2009.

_____. **Novas tecnologias e os caminhos da ciência geográfica**. Diálogo, Canoas, n. 6, p. 35-48, Jan-Jun/2005. Disponível em: <http://biblioteca.ricesu.com.br/art_link.php?art_cod=6521> Acesso em: 10 Nov 2009.

_____. **O Poder da Geoinformação**. Diálogo, Canoas, RS, v. 1, n. 2, p. 145-154, 2001. Disponível em: <<http://www.unilasalle.edu.br/canoas/pagina.php?id=692>> Acesso em : 10 Nov 2009.

GOMES e MAGALHÃES Jr. (Organizadores). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF. Embrapa Informações Tecnológicas, 2004. 899p

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Catálogo de imagens LANDSAT**. 2010. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br>. Acesso em 05 de abril de 2010.

_____ - Tutorial SPRING. Disponível em : <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>>. Acesso em 5 março 2012.

IRGA - Instituto Riograndense do Arroz. **Caracterização da lavoura de arroz irrigado, Safra 1999/00**. Porto Alegre: Depto. Técnico Agrícola. 2002. 84p. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br>>. Acesso em 5 mai. 2009.

_____. **Arroz Irrigado no RS: Área, produção e rendimento**. 2008. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br>>. Acesso em 30 jun. 2010.

ITT—Visual Information Solutions, **ENVI, Version 4.7**. Boulder, Colorado, ITT Visual Information Solutions (2009).

JENSEN, John R, **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**; tradução José Carlos Neves Epiphanyo (coordenador)...[et al.]. – São José dos Campos, SP : Parênteses, 2009. II.

KLERING, E. V.; PINTO, D. G.; FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. **Comparação entre os perfis temporais de arroz irrigado das coleções MODIS V004 e V005 para a região orizícola do Rio Grande do Sul**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 239-245. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.20.09>>. Acesso em: 15 fev. 2012.

LAVOURA ARROZEIRA. **Lavoura sustentável garante mais produtividade**. IRGA – Instituto Rio Grandense do Arroz. Volume 56, nº 447. Dez. 2008.

MATTOS, Gil Passos de, FELIPIM, Tamara, BURGOS, Rosalina. A GEOGRAFIA DA CULTURA DO ARROZ NO MUNICÍPIO DE PELOTAS (RS) . **Anais...XIX CIC e XII ENPOS** ,II Amostra Científica, Pelotas , Brasil , 09-12 novembro 2010, disponível em <http://www.ufpel.edu.br/cic/2010/cd/pdf/CH/CH_01472.pdf>, acesso em 15/02/2010.

MIRANDA, E. E. de. **Água na natureza, na vida e no coração dos homens**. Campinas, 2004. Disponível em: <<http://www.aguas.cnpem.embrapa.br>>. Acesso em: 02

abr. 2010.

_____; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 1 dez. 2009.

MIRANDA, José Iguelmar. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 425 p.: il.

MORAES, ELISABETE CARIA de; **Fundamentos de Sensoriamento Remoto – CAP**. 01 disponível em <http://www.dpi.inpe.br/livros.php>, acesso em 20/10/2009.

MOREIRA, MAURICIO ALVES – **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3. Ed. atual. Ampl. – Viçosa : Ed. UFV, 2005.

NASCIMENTO, F. M. et.al, **Expansão citrícola do município de Botucatu-SP, obtidas por meio de fotografias aéreas**. Revista Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia. V3 n°2, maio – agosto de 2010. Disponível em <<http://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/viewArticle/1007>> , acesso em 20 jun.2010.

NOVO, EVELYN M.L DE MORAES – **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. – São Paulo: Blucher, 2008.

NUARSA, I Wayan, FUMIHIKO, Nishio, CHIHARU Hongo. **Spectral Characteristics and Mapping of Rice Plants Using Multi-Temporal Landsat Data**. Journal of Agricultural Science Vol. 3, No. 1; March 2011. p 54 – 66, ISSN 1916-9752. Disponível em <http://www.ccsenet.org/jas>

PONZONI, F. J., SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira Ed., 2009 .il.

RECKZIEGEL, M. **Sistemas de Informações Geográficas**. Disponível em <http://sites.google.com/site/mauricioreckziegel/> acesso em 18/10/09

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto Estadual n. 47.137, de 1º de abril de 2001**. Institui o Programa Estadual de Recuperação de Áreas de Preservação Permanente - APP's - e Reserva Legal, denominado Ambiente Legal, e dá outras providências. Disponível em <<http://www.sema.rs.gov.br>>. Acesso em 15 abr. 2010.

_____. **Resolução CONSEMA n° 100, de 15 de abril de 2005**. Dispõe sobre o

Plano Estadual de Regularização da Atividades de Irrigação para o Rio Grande do Sul. Disponível em: < <http://www.sema.rs.gov.br>>. Acesso em 10 mar. 2010.

_____. Secretaria de Meio Ambiente. Disponível em <http://www.sema.rs.gov.br>

ROCHA, CEZAR HENRIQUE BARRA – **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar**. Juiz de Fora, MG: Ed. do Autor, 2000. 220p. il.

RODRIGUES, Fernando Antonio (Coord.); Tradução de Henrique Chaves. **Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Brasília : Secretaria de Recursos Hídricos. 1998. 292p.: il

RODRIGUEZ, F.A., Banco Mundial - **Gerenciamento de Recursos Hídricos** - / Fernando Antonio Rodriguez, coord.; tradução de Henrique Chaves. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 1998. 292p.:il

SAITO, Carlos Hiroo (Org.) - **Desenvolvimento tecnológico e metodológico para mediação entre usuários e comitês de bacia hidrográfica**. Brasília: Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília, 2004. 138 p.:il

SALBEGO, Adriana Gindri. **Simulação de cenários de sustentabilidade hídrica da orizicultura na sub-bacia hidrográfica do Arroio Grande através da implantação de barragens temporárias**. Santa Maria 2010. Tese de Doutorado (Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria. 155p.

SEMA. Secretaria Estadual de Meio Ambiente. DRH. Departamento de Recursos Hídricos. **Bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, DRH-SEMA-RS. Arquivo shapefile. Disponível em <http://www.sema.rs.gov.br>. Acesso em 02 julho. 2010.

SHIBA, M. H.; SANTOS, R. L.; QUINTANILHA, J. A.; KIM, H. Y. **Classificação de imagens de sensoriamento remoto pela aprendizagem por árvore de decisão: uma avaliação de desempenho**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 4319-4326. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.23.11.44>>. Acesso em: 04 março 2012.

SOSBAI. **Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado**. Recomendações Técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Bento Gonçalves, RS. – Porto Alegre:

SOSBAI, 2010, 188 p.,il.

TARBOTON, D. G., R. L. Bras and I. Rodriguez-Iturbe, (1991), "On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data," *Hydrologic Processes*, 5(1): 81-100. (Also reprinted in *Terrain Analysis and Distributed Modeling in Hydrology*, Edited by K. J. Beven and I. D. Moore, John Wiley & Sons, 1993, p.85-104. <<http://www.neng.usu.edu/cee/faculty/dtarb/tarpubs.htm>> em, 30/11/09

TUCCI, Carlos E.M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília:UNESCO. 2001. 156p., disponível em <http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost_files/gestao-da-agua_brasil.pdf>, acesso em 10/02/2010.

TUNDISI, José Galizia – **Recursos Hídricos**. *Revista Multiciência* ; V.1; outubro de 2003 , disponível em <http://www.multiciencia.unicamp.br/art03.htm>, acesso em 21/10/2009.

XAVIER, Y.M. de A. (Org.); IRUJO, A. E. (Org.); NETO, O S.S.(Org.) **O direito de águas no Brasil e na Espanha : um estudo comparado**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2008. 461 p.

XAVIER–DA-SILVA, J.;ZAIDAN, R.T. (Org.) **Geoprocessamento e Análise Ambiental: Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 368 p.