



**UFSM**

**Monografia de Especialização**

**AVALIAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE  
A PARTIR DA CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO NA  
MICROBACIA HIDROGRÁFICA DA SANGA DA RESTINGA –  
RS.**

---

**Glênio Antônio da Luz**

**PPGGG**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2005**

**AVALIAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE  
A PARTIR DA CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO NA  
MICROBACIA HIDROGRÁFICA DA SANGA DA RESTINGA –  
RS.**

---

**por  
Glênio Antônio da Luz**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização do  
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências,  
Área de Concentração em Recursos Naturais do Rio Grande do  
Sul, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),  
como requisito parcial para a obtenção do grau de  
**Especialista em Geografia.**

**PPGGG**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2005**

**Universidade Federal de Santa Maria**  
**Centro de Ciências Naturais e Exatas**  
**Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Monografia de  
Especialização.

**CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO A PARTIR DO ÍNDICE  
DIFERENCIADO NORMALIZADO DE VEGETAÇÃO NA  
BACIA HIDROGRÁFICA DA SANGA DA RESTINGA – RS.**

Elaborada por  
**Glênio Antônio da Luz**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de  
**Especialista em Geociências e Geografia**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Prof Dr. Waterloo Pereira Filho**  
(Presidente/Orientador)

---

**Prof Dr. Mauro Kumpfer Werlang**

---

**Prof Dr. Roberto Cassol**

Santa Maria, 15 de março de 2005



## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	vi
RESUMO .....	viii
SUMMARY .....	ix
SIGLAS E ABREVIATURAS .....	xi
1. INTRODUÇÃO .....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
2.1 Bacia Hidrográfica e as vegetações .....	17
2.2 Sensoriamento Remoto .....	20
2.3 Comportamento espectral dos alvos vegetais .....	21
2.4 Trabalhos desenvolvidos através da utilização do Sensoriamento Remoto na detecção da vegetação .....	23
2.5 Métodos para quantificar a vegetação .....	24
2.6 Detecção da vegetação com o uso do Sensoriamento Remoto .....	27
2.7 Sistemas de Informações Geográficas .....	31
2.7.1 Tipo de banco de dados .....	32
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	34
4. MATERIAL E METODOLOGIA .....	38
4.1 Material .....	38
4.2 Método .....	39
4.3 Processamento dos dados .....	39
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	49
5.1 Mapa das classes de Vegetação .....	50
5.2 Mapa clinográfico .....	55
5.3 Mapa de áreas de preservação permanente ao longo das margens .....	59

5.4 Mapa do cruzamento entre Clinografia e Vegetação .....	63
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	67
7. BIBLIOGRAFIAS.....	71

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Localização da área de estudo.....	35
FIGURA 2 – Sistema de recorte de imagem.....	46
FIGURA 3 – MNT do terreno. ....	47
FIGURA 4 – Mapa de vegetação (NDVI). ....	53
FIGURA 5 – Mapa clinográfico da M. H. da Sanga da Restinga.....	57
FIGURA 6 – Mapa de áreas de preservação permanente ao longo das margens M. H. da Sanga da Restinga. ....	61
.....	65
FIGURA 7 – Mapa do cruzamento entre clinográfico e Vegetação da M. H. da Sanga da Restinga. ....	65

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Modelo de Stanford IV (Crawford e Lislely, 1966) para a capacidade máxima de interceptação do reservatório.....	18
QUADRO 2 – Bandas do sensor ETM+ do Satélite Landsat 7. ....	21
QUADRO 3 – O comportamento espectral dos alvos vegetais.....	22
QUADRO 4 – Pontos de controle usados na transformação. ....	40
QUADRO 5 – Reclassificação da imagem.....	42
QUADRO 6 – Pontos de controle usados na transformação. ....	43



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Área das classes do mapa de Vegetação.....	54
TABELA 2 – Área do mapa clinográfico.....	58
TABELA 3 – Vegetação nas áreas de preservação permanente ao longo das margens.....	62
TABELA 4 – Área do cruzamento entre Vegetação e Clinográfico.....	66

## AGRADECIMENTOS

Ao finalizar este trabalho devo agradecimentos a Universidade Federal de Santa Maria, ao Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ciências Rurais e a pessoas do meu convívio do passar destes anos como acadêmico de pós-graduação:

A meus pais Doly P. da Luz e Lídia S. da Luz que me incentivaram, me deram coragem nos momentos mais difíceis, que estiveram do meu lado nas horas que eu mais precisei.

Ao orientador prof. Dr. Waterloo Pereira Filho pela dedicação, orientação e incentivo a pesquisa.

A banca pela contribuição dada para a pesquisa,

A todos os professores do Curso de Geografia da Universidade Federal de Santa Maria que foram os responsáveis pela minha formação.

A os professores dos cursos de pós-graduação, Mestrado em Geomática e Especialização em Geografia e Geociências, que sempre estiveram disponíveis para responderem as minhas dúvidas.

Aos que me ajudaram nos casos de duvidas quanto ao software: o prof. Dr. Pedro Roberto Madruga, Jordano Francisco Zagonel e Márcio Lorens.

A mestranda do curso de Geografia Dione Rossi Farias.

Aos meus colegas Márcia A. Trentin, Edison A. Alberti, Jurandir Goldani, Isabel Camponogara, Sônia M. Fogiato, Idomiro de Oliveira, Lucas Kegler enfim a todos os colegas e amigos que contribuíram de forma direta ou indireta com a minha formação profissional.

## RESUMO

Monografia de Especialização  
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências  
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil.

AVALIAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE A PARTIR  
DA CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO NA MICROBACIA  
HIDROGRÁFICA DA SANGA DA RESTINGA – RS.

Autor: Glênio Antônio da Luz

Orientador: Waterloo Pereira Filho

Local e data de defesa: Santa Maria, 15 de março de 2005.

No passado o desenvolvimento da sociedade dependia quase que totalmente do setor agrícola e até mesmo no presente consiste em uma atividade importante. Conforme foram aumentadas as áreas para a agricultura também foram reduzidas as áreas de matas, este fato é visível através da observação da superfície terrestre. Com a redução das áreas de matas se teve uma redução no controle da vazão e da erosão da Microbacia Hidrográfica da Sanga da Restinga, esta despreocupação poder ocasionar o aumento dos picos de vazão e assoreamento do leito dos cursos hídricos resultando em enchentes e perdas de solo fértil pela erosão. Este trabalho tem como objetivo principal identificar as classes de vegetação na microbacia hidrográfica através do NDVI (Índice Diferenciado Normalizado de Vegetação) feitas com as imagens do satélite Landsat 7, Sensor ETM+ do ano de 2000. Foram estabelecidas as seguintes classes: solo exposto, solo parcialmente exposto, campos, vegetações arbustivas e vegetações arbóreas. Observou-se que há o domínio de campos seguido de vegetação arbustiva, solo com pouca vegetação, vegetação arbórea e solo totalmente exposto da classe campos observou-se que na área a atividade econômica predominante é a pecuária seguida da agricultura, entretanto a classe mais importante para o equilíbrio e a estabilidade da microbacia hidrográfica é a classe de vegetação arbórea e vegetação arbustiva, por serem classe que retardam o efeito quantidade de água das chuvas.

## **SUMMARY**

Monograph of Specialization

Program of Masters degree in Geography and Geociências

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brazil.

EVALUATION OF AREAS OF PERMANENT PRESERVATION  
STARTING FROM THE CHARACTERIZATION OF THE VEGETATION IN  
MICROBACIA HIDROGRÁFICA OF SANGA DA RESTINGA- RS.

Author: Glênio Antônio da Luz

Guiding: Waterloo Pereira Filho

Place and defense date: Santa Maria, March 15, 2005.

In the past the development of the society almost depended that totally of the agricultural section and even in the present it consists of an important activity. As the areas were increased for the agriculture were also reduced the areas of forests, this fact is visible through the observation of the terrestrial surface. With the reduction of the areas of forests if he/she had a reduction in the control of the flow and of the erosion of Microbacia Hidrográfica of Sanga of the Sandbank, this easiness to cause the increase of the flow picks and assoreamento of the bed of the courses hídricos resulting in inundations and losses of fertile soil for the erosion. This work has as main objective to identify the vegetation classes in the microbacia hidrográfica through NDVI (Index Differentiated Normalized of Vegetation) done with the images of the satellite Landsat 7, Sensor ETM+ of the year of 2000. They were established the following classes: exposed soil, I sole partially exposed, fields, vegetation arbustivas and arboreal vegetation. It was observed that there is the domain of fields following by vegetation arbustiva, soil with little vegetation, arboreal vegetation and I totally sole exposed of the class fields it was observed that in the area the predominant economical activity is the livestock following by the agriculture, however the most important class for the balance and the stability of the microbacia hidrográfica is the class of arboreal vegetation

and vegetation arbustiva, for they be class that you/they delay the effect amount of water of the rains.

## SIGLAS E ABREVIATURAS

Sensor ETM+ - Etnographic Tematic Mapper

GIS ou SIG – (Geographical Information Systems) Sistema de Informações Geográficas.

Landsat 7 – Satélite da Terra 7

MNT - Modelo Numérico do Terreno.

M. H. - Microbacia Hidrográfica.

MODIS – (Moderate Resolution Imaging Spectrometer) - Resolução Moderada Espectrômetro de Imagem.

NASA – (National Aeronautics and Space Administration) - Administração Aeronáutica nacional.

NDVI - (Normalized Difference Vegetation Index) Índice Diferenciado Normalizado de Vegetação.

TSAVI - (Soil Transformed Vegetation Index) – Índice de Transformação da Vegetação no Solo.

MSAVI - (Soil Modified Vegetation Index) - Índice de Modificação da Vegetação no Solo.

RED – (Red) - Vermelho

NIR – (Infra Red Near) – Infravermelho Próximo.

AVHRR – (Advanced Very High Resolution Radiometry) - Alta Resolução Radiométrica.

LAI - (Leaf Area Index) – Índice de Folhas por Área

TDI - (Transformed Divergence Índice) - Índice de Divergência Transformada.

IFOV – Campo de Visada Instantâneo

IAF - Índice de Área Foliar

Endmembers – Pixels que ficam distantes em relação a os que ficam próximo da média

Pixel - Picture (pix) elemeNts (els) ou pixels – menor elemento de uma imagem

SPOT – (Système Pour l' Observation de la Terre) – Satélite de  
Observação da Terra.

## 1. INTRODUÇÃO

O princípio da colonização do Município de Restinga Sêca que ocorreu em 1817, mas foi em 1857 que ocorreu a vinda dos imigrantes alemães para a região de Santo Ângelo, atual Agudo, muito dos quais se dirigiram para o município de Restinga Seca (Oliveira, 1983). A partir deste momento começou o processo de cultivo da terra, que possuía uma vegetação composta por campo e matas nativas. Com o decorrer do processo de ocupação, começou a desenvolver a agricultura, objetivo dos colonizadores, e com isso as matas nativas começaram a ser utilizadas como combustível, sendo suas áreas de ocorrência substituídas por lavouras.

O auge da degradação ambiental iniciou-se com a mecanização agrícola, com a entrada das máquinas no sistema de produção para tornar possível o aumento das áreas plantadas. Este sistema, despreocupado com a preservação do equilíbrio ambiental, durou várias décadas dentro do Estado sendo insustentável para a propriedade agrícola.

A despreocupação com o meio ambiente trouxe vários problemas que afetam o homem de forma direta, tais como processos de assoreamentos, o qual leva grandes quantidades de materiais e sedimentos para dentro dos rios e lagos, diminuindo a profundidade destes, aumentando o processo de enchentes. A retirada da vegetação, que de um modo geral, diminui o processo de retenção da água das chuvas pelo do solo fazendo com que se torne mais compacto, causando um aumento nos picos de cheia dos rios, diminuindo a quantidade de água subterrânea que durante as estiagens os cursos de água acabam secando devido ao baixo nível do lençol freático.

A quantidade e o tipo de vegetação, principalmente em locais mais sensíveis à erosão, como nas margens de cursos d'água, é um fator que pode resultar na perda de solos, muitas vezes uma perda



irrecuperável. Para Leinz (1974) o solo consiste no produto final do intemperismo das rochas, onde as condições físicas, químicas e biológicas permitem o desenvolvimento de vegetais junto com a atividade de organismos associados. A formação de solos depende de fatores como: clima, rocha, vegetação, relevo e o tempo de atuação destes fatores.

Devido ao uso incorreto a perda de solos acarreta o assoreamento dos cursos d'água, tendo conseqüências como o aumento dos picos de cheias durante as chuvas causando enchentes com sérias conseqüências principalmente nas áreas urbanas. As áreas urbanas são as áreas mais sensíveis no caso de enchentes pelo fato de possuírem um número maior de pessoas suscetíveis a ficarem desabrigadas durante as cheias, o que é um transtorno tanto para os governantes como para a população.

Estes fatos descritos anteriormente poderão ser planejados através do manejo integrado de bacias hidrográficas, pois todas as causas têm conseqüências dentro da bacia hidrográfica e, o que será feito na montante da bacia hidrográfica repercutirá em toda a sua extensão até a jusante. há a uma relação entre bacias hidrográficas e vegetação onde deve-se obter um planejamento visando o controle e manutenção do ecossistema sustentável para atender o bem-estar das populações. O relacionamento das ações antrópicas de uso destas áreas são fatos de grande importância e que, na maioria das vezes, são ignoradas e serão levadas em consideração quando o fato se torna um problema, e, então é o momento de busca de soluções.

A prevenção de problemas desta natureza não é muito discutida pela população e governantes até o momento o problema se apresenta como um fator de perdas econômicas para a população. As questões sócio-econômicas estão inteiramente ligadas à questões ambientais, podendo trazer qualidade de vida no presente e para as futuras gerações.

O sensoriamento remoto a auxilia a pesquisa do estado dos ambientes na superfície terrestre. É uma ciência que vem se desenvolvendo em paralelo com os estudos ambientais, e se encontra em constante desenvolvimento, apresentando tendências promissoras com melhores resoluções espectrais, espaciais e temporais contribuindo, ainda, para melhores precisões no estudo da superfície terrestre através dos sensores orbitais, sub-orbitais e aerotransportados.

O estudo da vegetação, através do Sensoriamento Remoto, é de grande importância, pois é a partir da distinção da diversidade vegetal que tem-se o mapeamento de culturas e localizações vegetais, essencial para os estudos ambientais.

O Sensoriamento Remoto apresenta uma diversidade de aplicabilidades na detecção de alvos vegetais na superfície terrestre, sendo muito utilizado para controle ambiental de desmatamentos, na quantificação, na localização de espécies e queimadas em áreas de reservas florestais, também muito utilizado na detecção de áreas florestadas nas grandes cidades, entre outros.

Para a realização dos objetivos deste trabalho utilizaram-se imagens de duas bandas do Landsat – 7, sensor ETM+, a banda 3 e a banda 4 para formar a composição da fórmula do NDVI (Índice Normalizado de Diferença de Vegetação), uma fórmula que diferencia a quantidade de vegetação, pois a vegetação apresenta uma relação direta com o equilíbrio do ecossistema de uma bacia hidrográfica, sendo ela uma das responsáveis pelo controle da vazão e da quantidade de sedimentos transportado pelas águas.

De certo modo pode-se afirmar que a quantidade de vegetação é um regulador, é um item fundamental para se ter um equilíbrio na bacia hidrográfica. Em função desta afirmação problematiza-se a relação entre a baixa quantidade de vegetação e os locais sensíveis à degradação ambiental, áreas de preservação ambiental, tais como próximo a margens de cursos de água e áreas declivosas. O ideal é que nestas áreas exista a

presença de vegetações arbóreas ou vegetações arbustivas, pois um valor baixo de vegetação nestas áreas significa que são áreas não preservadas no seu ambiente ideal.

Assim o objetivo principal desta pesquisa. Foi identificar a classe da vegetação a partir do NDVI (Índice Normalizado Diferenciado de Vegetação) em toda a M. H. (Microbacia Hidrográfica), verificando a presença e o comportamento da vegetação ao longo de sua extensão, tendo como objetivos específicos:

- Destacar a importância do estudo da vegetação na M. H.;
- Avaliar a importância da cobertura da vegetação em relação às áreas de preservação permanente;
- Identificar a distribuição espacial da vegetação na M. H.;

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Bacia Hidrográfica e as vegetações.

Para Pinto (1976) bacia hidrográfica é o curso de água em uma determinada área geográfica coletora de água da chuva que escoam pela superfície do solo até uma seção considerada, Tucci (1993, p. 41) complementa, considerando bacia hidrográfica, "... um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo exutório, considerando-se como perdas intermediárias os volumes evaporados e transpirados e também os infiltrados profundamente...".

Tratando-se da relação entre cobertura vegetal e bacia hidrográfica, Pinto (1976) considera que parte da água precipitada evapora antes de chegar até o solo devido à interceptação da vegetação e do volume de água que atinge o solo. Parte desta água infiltra, outra evapora e o excedente escoam, a última perda se dá através do fenômeno de transpiração das plantas que retiram umidade do solo e eliminam para a atmosfera sob a forma de vapor, já a evapotranspiração é o conjunto de evaporação do solo e das plantas.

Segundo Pinto (1976) os fatores que superintendem o fluxo da água em uma bacia hidrográfica são as seguintes:

- Área de contribuição;
- Conformação topográfica;
- Condições da superfície do solo e constituição geológicas, que são influenciados pela existência de vegetação cultivada, natural ou reflorestada, pela capacidade de infiltração do solo, pela disposição das camadas geológicas, pelos tipos de rocha e as pelas condições de escoamento da água através das rochas;
- Obras de controle e utilização da água a montante da seção.

A compactação do solo ocorre através da ação antrópica com veículos e a intensa utilização da área com animais em pastagens; para o processo oposto, tornando o solo mais permeável, é necessário que aumente a infiltração de água no solo, o qual pode ser intensificada através da atenuação de fatores naturais, como escavações feitas por animais e decomposição das raízes dos vegetais.

A cobertura vegetal descompacta o solo através do estabelecimento de uma cobertura de matéria orgânica que favorece a atividade de escavações de animais e, através de suas raízes retira água do solo para a manutenção de suas atividades biológicas e facilita a infiltração de água no solo dificultando o escoamento superficial.

A vegetação é um fator importante para uma bacia hidrográfica. Onde a interceptação de acordo com Blake *apud* Tucci (1993, p.243) “ é a retenção de parte da precipitação acima da superfície do solo...”, que ocorre devido à interferência da vegetação ou qualquer outro tipo de obstrução do escoamento.

Tucci (1993) *apud* Stanford IV (Crawford e Linsley, 1966) criaram um modelo da capacidade máxima de interceptação do reservatório, conforme o Quadro 01.

QUADRO 1 – Modelo de Stanford IV (Crawford e Lisley, 1966) para a capacidade máxima de interceptação do reservatório.

<b>Cobertura</b>	<b>Capacidade máxima (mm)</b>
Campo, prado	2,50
Floresta ou mato	3,75
Floresta ou mato denso	5,00

FONTE: Tucci Carlos. E. M. (1993)

O processo de interceptação pela vegetação mantém os cursos de água reduzindo os picos de vazão ao longo do ano. Desse modo, o autor ressalta que a retenção através de depressões no solo não é

considerada uma interceptação porque nestas áreas o volume de água retido só diminui através da infiltração ou da evaporação, e durante as enchentes o lençol freático se encontra alto e a saída de água da bacia hidrográfica se dá principalmente pela evaporação.

Ainda em relação à interceptação através da vegetação, o mesmo autor considera que este fator depende de vários outros, tais como, característica da vegetação, condições climáticas, tipo e densidade da vegetação e período do ano. O tipo de vegetação indica a quantidade de gotas de água que ela suporta através de suas folhas, e a densidade indica o volume retido na superfície da bacia hidrográfica. É de grande importância o estudo do uso e ocupação da terra, pois a modificação ocorrida na cobertura vegetal de uma determinada área irá interferir diretamente sobre o escoamento de uma bacia hidrográfica.

De um modo geral, Ward & Elliot (1995) afirmam que a água, após infiltrar nas camadas de solo percorre lateralmente as camadas internas, mantendo o nível do lençol freático que por sua vez irá manter o fluxo dos córregos e o nível de lagos. Esta capacidade de retenção e absorção de água no solo é relativa em função do resultado da atividade humana sobre a superfície terrestre e do tipo de rocha ou material que forma o solo.

Os mesmos autores mencionados no parágrafo anterior acrescentam a topografia, um fator importante no condicionamento de uma área, pois em função da declividade se define a capacidade de erosão da área. Quanto maior a declividade maior será quantidade de sedimentos transportada pelas águas aprofundando o canal dos córregos. Estes sedimentos transportados pelas águas, das áreas mais elevadas com maior declividade serão depositados nas áreas mais baixas, na jusante da bacia hidrográfica.

Para maiores efeitos a vegetação reduz a erosão, protege o solo dos pingos da chuva, reduzindo a velocidade do escoamento superficial das águas e evita que o solo escoe junto com a água, melhora a estrutura

do solo com as raízes e com seus resíduos, aumenta a atividade biológica no solo e aumenta as taxas de transpiração.

Através da vegetação poder-se-á reduzir os efeitos da degradação, pois aquela é um dos fatores que implicam no condicionamento de uma bacia hidrográfica, e junto com outros fatores naturais caracterizam a área de uma bacia hidrográfica.

## **2.2 Sensoriamento Remoto**

Para Novo (2002) Sensoriamento Remoto é a ciência que utiliza instrumentos com tecnologias capazes de obter informações de objetos sem ter contato físico com eles, com dados obtidos através da energia refletida pelos materiais na superfície terrestre.

O programa do Landsat de responsabilidade da NASA (2004) tem mais de 32 anos de detecção de alvos na superfície terrestre, possui uma comunidade grande e variada de interessados em seus produtos, tais como universidades, agroindústrias, cientistas, países, governos locais, comércio, exército e comunidade internacional.

A missão do Landsat é detectar alvos multiespectrais na superfície da terra com alta resolução em âmbito global. As imagens obtidas do Landsat detêm informações que satisfazem necessidades de negócios, ciência, educação, governamentais e de segurança nacional.

NASA (2004) ainda comenta que o último satélite lançado foi o Landsat 7 na Base Aérea de Vandenburg em 15 de abril de 1999 estando a 705 Km da superfície da terra, possui uma órbita sol-síncrono que se repete nos intervalos de 16 dias.

O sensor ETM<sup>+</sup> (Enhanced Thematic Mapper Plus), presente no Landsat 7, diferencia-se do sensor TM (Thematic Mapper) por possuir uma banda espectral pancromática com resolução de 15 metros, além de possuir melhorias radiométricas e geométricas, arquiva 250 cenas por

dia e detecta 256 níveis de cinza. O sensor ETM<sup>+</sup> possui no total 8 bandas espectrais, com resolução de 30 metros nas bandas 1 (azul), 2 (verde), 3 (vermelho), 4 (infravermelho próximo), 5 (infravermelho médio) e 7 (infravermelho termal), 120 metros na banda 6 (infravermelho termal) e 15 metros na banda 8 (VIS infravermelho próximo) e faixas espectrais , conforme o Quadro 02.

QUADRO 2 – Bandas do sensor ETM+ do Satélite Landsat 7.

Banda	Faixa espectral- µm	Região do espectro	Resolução espacial- m
1	0,45 a 0,52	Azul	30
2	0,53 a 0,61	Verde	30
3	0,63 a 0,69	Vermelho	30
4	0,76 a 0,90	I. V. próximo	30
5	1,55 a 1,75	I. V. médio	30
6	10,4 a 12,5	I. V. termal	120
7	2,08 a 2,35	I. V. médio	30
8	0,52 a 0,90	Visível e I. V. próximo	15

Fonte: NASA (2004).

Adaptação: Glênio A. da Luz (2005).

### 2.3 Comportamento espectral dos alvos vegetais

O conhecimento espectral é de fundamental importância para a interpretação de imagens de satélite, pois a detecção dos objetos da superfície terrestre depende da natureza química e física que tem como resposta uma característica espectral. O conhecimento do comportamento espectral dos objetos permite uma melhor interpretação das imagens, assim a escolha das bandas espectrais do satélite deve estar de acordo com os objetivos a serem analisados.

Novo (2002) afirma que a melhor combinação para que se faça um estudo do comportamento espectral dos alvos é a composição colorida. Além da preocupação com o comportamento espectral dos alvos deve-se ainda levar em consideração as condições ambientais, tais como condições atmosféricas. Mesmo que se tenha todo este conhecimento dos comportamentos referentes à reflectância dos objetos não se deve



dispensar a necessidade de um trabalho de campo para ter uma visão da realidade.

Novo (2002) comenta que a umidade na atmosfera, presença de aerossol e as turbulências são fatores que alteram o campo de energia refletida pelos alvos que chegam até os satélites, tornando-se alvos com reflectância variável, como por exemplo a presença de aerossóis que espalham a reflectância.

O Quadro 03 apresenta o comportamento espectral dos alvos vegetais, levando em consideração a região espectral ocupada por estes alvos, à absorção de radiação e feição espectral dos alvos.

Observa-se que a clorofila e os caratenóides absorvem ondas em torno dos 0,48  $\mu\text{m}$  a 0,62  $\mu\text{m}$ , e tem uma feição espectral de 0,7  $\mu\text{m}$ ; na detecção da cor verde que se dá em torno de 1,0  $\mu\text{m}$ , tem uma absorção em torno de 0,56 $\mu\text{m}$ ; nos comprimentos de ondas de 0,7  $\mu\text{m}$  a 1,3  $\mu\text{m}$  se tem a detecção da interferência celular. Na detecção de conteúdo de água nas folhas dá-se através dos comprimentos de onda de 1,3  $\mu\text{m}$  e 2,5  $\mu\text{m}$  e absorve nas faixas de 1,4  $\mu\text{m}$  e 1,45  $\mu\text{m}$ .

QUADRO 3 – O comportamento espectral dos alvos vegetais.

Região do espectro	Absorção da radiação pelo objeto	Feição espectral <sup>1</sup>	Característica
Até 0,7 $\mu\text{m}$ (menor que 2)	0,48 $\mu\text{m}$ 0,62 $\mu\text{m}$	Baixa	Caratenóides clorofila
1,0 $\mu\text{m}$	0,56 $\mu\text{m}$	Médio	Detecta a cor verde
0,7 $\mu\text{m}$ a 1,3 $\mu\text{m}$	0,3 $\mu\text{m}$ a 0,4 $\mu\text{m}$	Alta	Detecta a Interferência celular
1,3 $\mu\text{m}$ e 2,5 $\mu\text{m}$	1,4 $\mu\text{m}$ e 1,45 $\mu\text{m}$	Alta	Detecta o conteúdo de água nas folhas

Fonte: Novo, 2002.

Organizado por: Glênio Antônio da Luz, 2004.

<sup>1</sup> Maneira como se encontra ao ser detectado dentro do espectro. Modo como um tipo de vegetal é detectado em relação a os outros, sendo que a sua detecção se dá em função da quantidade de energia refletida.

O conteúdo de água nas folhas fica em torno de 1,4  $\mu\text{m}$  a 1,45  $\mu\text{m}$ , que segundo Figueredo *apud* INPE/ATUS (2002, p.19), esta banda detecta o stress hídrico da vegetação.

## **2.4 Trabalhos desenvolvidos através da utilização do Sensoriamento Remoto na detecção da vegetação**

Kuusik (1998) através do uso de imagens do Landsat 5 – TM2, TM5 e TM7, analisou a reflectância da parte superior das plantas que tem alcançado um nível adequado na estimação de parâmetros de vegetação por inversão de modelo. Em seu trabalho apresenta a eficiência dos algoritmos através do uso do computador na produção de estimativas de parâmetros e na inversão de modelos de reflectância da parte superior das plantas.

Purevdorj (1998) utilizou dados do sensor AVHRR (Advance High Resolution Radiometer) para calcular a porcentagem da cobertura vegetal de gramados na Mongólia e no Japão, levando em consideração às diferenças entre solo ajustado, solo ajustado e modificado e solo transformado e ajustado.

Elvidge et al. (2001) utilizaram imagens de satélites para detectar queimadas nas reservas florestais da Floresta Amazônica no Estado de Roraima (Brasil). Eles afirmam que as grandes queimadas aparecem bem em azul sendo resultado da soma do azul com o verde e o fogo é bem detectado em comprimentos de onda do vermelho.

Lucas et al (2002) basearam-se em imagens do Landsat e do SPOT para detectar áreas de regeneração da floresta em antigas áreas de agricultura no norte de Manaus- Brasil, a 2°20'S e 60°00' W.

Small (2000) abordou o desenvolvimento espacial e temporal da vegetação dentro do recinto urbano da Cidade de Nova York, teve como objetivo estudar a aplicabilidade de um modelo espectral para estimar a

abundância da vegetação na área urbana, a qual possui uma mistura de pixels devido a altos e baixos padrões de albedo das superfícies.

A partir da distinção da vegetação e dos efeitos de temperatura, Wigneron (2003) desenvolveu algoritmos para detectar a vegetação baseada na cobertura da terra, nos índices de sensoriamento remoto subordinados, os dois parâmetros juntos (cobertura da terra e índices de sensoriamento remoto subordinados), recuperação de três parâmetros (neste caso, umidade da terra, profundidade óptica da vegetação, temperatura de superfície e simultaneamente das observações de microonda).

## **2.5 Métodos para quantificar a vegetação**

Para Moreira (2003), na região do visível os pigmentos existentes nas folhas dominam a reflectância espectral e variam de espécie para espécie. A energia radiante interage com a estrutura foliar por absorção e por espalhamento, através da clorofila essa energia é convertida em calor ou fluorescência e também convertida fotoquimicamente em energia estocada.

Ainda para o mesmo autor, na região do infravermelho próximo há pouca absorção de REM e considerável espalhamento interno na folha. Nesta região a reflectância é resultado da interação da energia incidente com a estrutura do mesófilo quanto mais lacunosa for à estrutura interna foliar, maior será a reflectância.

Moreira (2003) comenta ainda que na região do infravermelho de ondas curtas a absorção se dá devido à água líquida predominar na reflectância espectral das folhas nessa região. A reflectância ocorre de maneira diferenciada na face ventral e dorsal das folhas, essa diferença é acentuada na região do visível. Na face dorsal encontra-se o mesófilo esponjoso e é normalmente mais refletiva do que a ventral.

A folhas no visível também é alterada conforme a sua idade. Isso pode ser resultado do desenvolvimento da clorofila, que aumenta rapidamente em quantidade nas fases iniciais do desenvolvimento da folha, aumentando mais lentamente nas fases subseqüentes até que a coloração verde característica da espécie seja atingida.

Moreira (2003) aborda que outros fatores que afetam na reflectância das folhas são os efeitos de estresses (ataque de insetos, doenças, problemas fisiológicos e condições ambientais adversas) causadores da modificação do conteúdo de pigmentos fotossintetizantes, da ocorrência de necroses, da introdução de substâncias e alteração do equilíbrio hídrico foliar.

O mesmo autor afirma que alguns autores chegaram à conclusão de que a reflectância tem como principal componente causas internas à folha, demonstrando que não se conhece exatamente a posição das superfícies que causam a reflexão ou quais são as reais contribuições dos vários constituintes celulares.

Para Moreira (2003) o estudo da vegetação, através do sensoriamento remoto, requer não só o conhecimento do comportamento espectral das folhas, mas também das demais partes da planta, o que subentende o estudo dessa interação com os diversos tipos fisionômicos de dosséis (florestas, culturas agrícolas, formações de porte herbáceo, etc.).

Moreira (2003) destaca que as folhas das plantas absorvem os comprimentos de onda na região do visível. Com aumento do IAF (Índice de Área Foliar) diminui a reflectância na região do visível, mas em relação à região do infravermelho próximo tem-se um aumento, porque se tem um espalhamento e conseqüentemente um aumento da reflectância.

Em relação a dosséis (cobertura), composto por folhas dispostas retamente, conforme aumenta o ângulo zenital decresce a reflectância na região do visível e aumenta na região do infravermelho em função do espalhamento causado pelo dossel.

Moreira (2003) argumenta que para uma orientação Norte-Sul de um dossel ele aumentará sua reflectância na região do visível conforme aumenta a elevação solar, já para uma orientação Leste-Oeste (em fileiras) é menos alterada em relação a Norte-Sul, na região do infravermelho, em condições de baixa elevação solar, este dossel tem maior reflectância nesta região do espectro eletromagnético. Uma observação a ser feita é que uma parte da REM atravessa o dossel e atinge o solo, então o material que compõe este solo passa a influenciar na reflectância, esta influência aumenta em função dos dosséis tornassem-se esparsos.

Em dosséis homogêneos com grande quantidade de folhas, a região do infravermelho refletirá mais do que a região do vermelho. Em dosséis menos densos, que sofrem a influência de sombras, pode-se calcular os dosséis das camadas inferiores, através da fórmula:  $DN = (\rho_{IR} - \rho_R) / (\rho_{IR} + \rho_R)$ , onde: DN é a diferença normalizada,  $\rho_{IR}$  reflectância no infravermelho e  $\rho_R$  reflectância no vermelho (Moreira, 2003).

Moreira (2003) define que cada dossel tem uma característica própria, por exemplo uma floresta de eucalyptus ssp têm um brilho mais do que uma floresta perenifolia (no infravermelho próximo), sendo que os eucaliptos têm um IAF bem menor do que a floresta perenifolia. A floresta perenifolia causa um sombreamento nos extratos inferiores, escurecendo o dossel desta vegetação. A radiância no vermelho exibe uma relação inversa não-linear com a biomassa verde, enquanto que o infravermelho próximo exibe uma relação não linear, mas direta.

Para Moreira (2003) o índice de vegetação mede o vigor e o crescimento da vegetação, utilizando informações da reflectância do infravermelho próximo e do vermelho. Conforme Jordan (1969),  $RVI = IVP/V$ , RVI (índice razão de vegetação) que é igual a IVR (radiância no infravermelho próximo) dividido por V (radiância no vermelho).

Rouse et all. (1973) propuseram o índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI) que mede o crescimento e o vigor da vegetação através da fórmula:  $NDVI=(IVP-V)/(IVP+V)$ .

## 2.6 Detecção da vegetação com o uso do Sensoriamento Remoto

Purevdorj (1998) descreve que na região de clima semi-árido a vegetação é menos densa, sendo que o solo passa a ser mais refletido devido à baixa densidade da vegetação, pois esta adição de solo na linha de fundo da vegetação passa a ser um problema na detecção da vegetação.

Para não compensar apenas o solo, mas também a vegetação desenvolveu-se fórmulas (Purevdorj, 1998):

NDVI (normalized difference vegetation index)

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

SAVI (soil adjusted vegetation index)

L= 0,5

$$SAVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED + L} * (1+L) \quad (2)$$

TSAVI(soil transformed vegetation index)

$$TSAVI = \frac{a(NIR - aRED - b)}{(RED + aNIR - ab)} \quad (3)$$

MSAVI(soil modified vegetation index)

$$\text{MSAVI} = \frac{2\text{NIR} + 1 - \sqrt{(2\text{NIR} + 1)^2 - 8(\text{NIR} - \text{RED})}}{2}$$

(4)

onde o RED e o NIR correspondem ao canal 1 (580 a 680 nm) e 2 (725 a 1100nm) do AVHRR; o L é o fator SAVI calculado L=0,5; já o a e b em TSAVI correspondem à intersecção na linha do solo da reflectância do RED e do NIR.

Por outro lado, Wigneron (2003) afirma que a energia refletida da Terra torna-se menor quando está sob uma cobertura vegetal. A baixa frequência é resultado de um modelo de radiação simples (RT), o chamado  $\tau - \omega$ , que é um modelo baseado em dois parâmetros, a profundidade óptica  $\tau$  e o albedo espalhado  $\omega$ . A emissão das duas camadas (terra e vegetação) corresponde a soma de três condições: emissão direta da vegetação, emissão refletida pela terra e emissão da terra atenuada com o pálio.

Tratando de NDVI, Kuusk (1998) trabalhou com o Índice normalizado de vegetação, "(NDVI - normalized difference vegetation index)", e o índice de folhas por unidade de área, "(LAI- leaf área index)". O autor afirma que são similares porém há forte relação entre ambos, mas na imagem a LAI é mais detalhada do que o NDVI.

Já na pesquisa de Lucas et al. (2002) foi utilizado o satélite Landsat TM (Thematic Mapper) nos comprimentos de onda do vermelho (0,63 a 0,69  $\mu\text{m}$  R), do infravermelho próximo (0,76 a 0,90  $\mu\text{m}$  NIR) e do infravermelho médio (1,55 a 1,74  $\mu\text{m}$  MIR) para a investigação das diferenças de idade da vegetação em regeneração.

Em relação aos dados de sensoriamento remoto, Lucas et al. (2002), mencionam que as mudanças no pálio da floresta em regeneração indicam a idade da regeneração, e a decrescente detecção da radiação nos comprimentos de onda do vermelho indica que este

comprimento de onda está sendo absorvido pela clorofila, o que é um incremento do índice de folhas por unidade de área- “LAI (Leaf Área Index)”.

Em Lucas et al. (2002) a LAI de 4,6 indica que a regeneração da floresta tem 9 anos. Quando a floresta toma o estágio de adulta torna-se indistinguível a sua idade através da utilização de comprimentos de onda do vermelho e atinge o pico máximo de detecção em NIR.

Quando a detecção da floresta na região espectral do vermelho é baixa e tem o pico máximo no infravermelho próximo significa que o pálio<sup>2</sup> da floresta é denso, e aos 16 anos a floresta assume a mais baixa detecção no comprimento de onda do vermelho. Em relação ao tipo de folha de acordo com a geometria, aspereza e orientação folhar a detecção será diferente no infravermelho médio.

Para Lucas et al. (2002) o número de folhas expostas ao sensor são relativas, se expostas uniformemente formam sombras. A Cecropia<sup>3</sup> em regeneração tem declínio no NIR em relação à Vismia<sup>3</sup> esta diferença se dá em função da rugosidade, a Vismia tem as folhas orientadas de forma plana o que à torna mais fácil de detectar no NIR

A face da Cecropia tem folhas orientadas de forma horizontal vista pelo sensor no comprimento de onda do NIR, porém, possui um desarranjo em forma de guarda-chuva exposto na parte superior da floresta, que por sua vez possui uma grande diversidade típica de áreas onde a Vismia domina e também a mistura de florestas. Isto dificulta a distinção de florestas que indica baixo TDI (Transformed Divergence Índice).

A principal diferença espectral está na idade da floresta e na regeneração observado no comprimento de onda do MIR (Infravermelho

---

<sup>2</sup> Pálio é a parte superior da floresta. O que se vê de cima para baixo em uma vista aérea.



médio) o qual é relativo à quantidade de água e densidade das áreas florestais

Para a realização de seu trabalho Small (2000) utilizou o sensor TM (Thematic Mapper) do Landsat para quantificar a abundância da vegetação para o monitoramento intra-anual de toda a área urbana da Cidade de Nova York. O sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectrometer) do Satélite SPOT foi utilizado para o monitoramento espaço-temporal da abundância e variação da vegetação urbana e suburbana. Nesta pesquisa foram utilizadas imagens de períodos diferentes, dentro de um intervalo de dezoito anos.

Em relação à mistura espectral linear, Small (2000) coloca que a combinação Homogênea linear “endmember” dentro do IFOV<sup>4</sup> reflete um espectro linear, o não linear reflete um espalhado devido à presença de diversos materiais, o que pode ser solo ou vegetação. Na mistura de endmember predomina o espectro linear e o endmember misturado pode ser conhecido como uma mistura de pixels.

O endmember linear misturado assume um padrão de rede, que assume um perfil dentro do IFOV, o sensor pode descrever como linear uma combinação de endmembers. De fato o sensor mede a radiação em diferentes bandas espectrais, as faces de reflectância são estimadas com a calibração do sensor e a interação com a atmosfera, tendo como resultados perfis de reflectância de ondas, conforme as estimativas de reflectância de comprimento de onda.

Small (2000) com o uso de um sensor fotográfico de alta resolução espectral, câmara Zeiss LMK 1015 a uma altura de 3788 m, os pixels verdes representam a área iluminada da vegetação, sendo que não serve para a detecção de algas em rios ou corpos pequenos, apenas para

---

<sup>3</sup> Cecropia e vismia são espécies vegetações arbóreas de grande porte da Floresta Amazônica.

<sup>4</sup> Campo de visada instantâneo de um (1) pixel, ângulo que visa o pixel.

áreas com larguras superiores a dois metros, com isso é possível detectar áreas com espaços contínuos verdes e vegetação.

O mesmo autor com o propósito de levar em consideração a distinção entre a vegetação completamente iluminada, com parte iluminada, sombras e sem vegetação, considerando que a vegetação sofre influência das sombras dos prédios e a perda de folhas de árvores decíduais, isto irá representar tons de cor do verde mais denso e menos denso.

Para calcular a taxa de vegetação Small (2000) através da soma do vermelho e do azul obteve o divisor do verde nos comprimentos de onda do visível, sendo taxa de vegetação =  $g/(r+b)$ , onde  $g$  é o comprimento espectral do verde,  $r$  do vermelho e  $b$  do azul, que correspondeu em intensidades na densidade da vegetação, que é relativo a intervenção de sombras ou não.

Small (2000) faz uma comparação do Sensor TM do Landsat em IFOV de resolução espacial de ~ 50 m, para a mensuração da vegetação, com um aerofotograma com resolução de 2 m, na detecção do total da vegetação. O resultado da imagem no aerofotograma de 2m se apresenta mais liso do que no Sensor TM do Landsat de 28,5 m, para a comparação da vegetação.

## **2.7 Sistemas de Informações Geográficas**

Para Assad & Sano (1998) o termo SIG (Sistema de Informações Geográficas) é um sistema de tratamento computacional de dados geográficos que armazena a geometria e os atributos dos dados georreferenciados.

Para WARD & ELLIOT (1995) *apud* Kessler (1992) o SIG consiste no armazenamento de um banco de dados espaciais, o qual possui um potencial na criação e extração de produtos de mapas, apresentando múltiplas análises e modelos de simulação dos dados.

WARD & ELLIOT (1995) enfatizam que o SIG armazena vários arquivos, sendo que cada um possui posição e coordenadas com pontos de atribuídos de entrada de dados. O banco de dados possui várias camadas de informações, como localização, topografia, práticas administrativas, entre outros. Tanto informações de natureza química como de natureza física ou biológica podem ser representadas neste sistema de acordo com o interesse do usuário.

Os dados em forma de camadas podem ser mensurados, multiplicados, subtraídos, enfim, trabalhados de várias formas estatísticas, apresentando precisão e qualidade dos produtos.

### **2.7.1 Tipo de banco de dados**

Em Sensoriamento Remoto e SIG os dados são organizados de duas formas: forma raster ou na forma de vetor (WARD & ELLIOT, 1995):

- a. Em forma de raster: consiste em uma grade de celas que reproduzem a imagem, conseqüentemente um polígono, com um determinado numero de cela que forma uma área, a grade de celas referente a raster significa picture (pix) elements (els) ou pixels.
- b. Em forma de vetor: é o modo mais comum de armazenamento de dados na forma de coordenada ou vetor. Possui uma posição na forma de pontos na forma de coordenadas (x, y), sendo que os pontos conectados formam uma linha, que conectada em todos os seus pontos podem formar um polígono.

Assad & Sano (1995) mencionam o Modelo Numérico do Terreno (MNT), modelo matemático de representação da superfície terrestre através de algoritmos em um conjunto de pontos (x, y) que possuem um referencial no atributo (z), apresentando comprimento, largura e altura,

isto significa uma imagem da superfície terrestre em terceira dimensão apresentando a topografia e o tamanho do terreno.

### 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área da Microbacia Hidrográfica da Sanga da Restinga deságua no Rio Vacacaí-Mirim que, por sua vez, deságua no Rio Jacuí. Possui uma área de 1.614,78 ha com altitude de 40 metros do nível do mar na parte Sul e 140 metros na parte Norte. Tem uma extensão de 69.06 metros de cursos de água com um perímetro de 53.24 metros de limite.

A Microbacia Hidrográfica da Sanga da Restinga está inserida na Região Central do Estado do Rio Grande do Sul no município de Restinga Sêca entre as coordenadas UTM de 6.692.000 m Norte a 6.702.000 m Norte e a leste 267.000 m E a 271.000 m E. (Figura 1). Pertence à folha SH.22-V-C-V-3: MI-2966/3 do Ministério do Exército da Diretoria de Serviço Geográfico (1977), que tem como referência o *Datum* horizontal Córrego Alegre em Minas Gerais e a origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 51° W. GR, acrescida as constantes 10.000 Km e 500 Km respectivamente.

Esta área do Rio Grande do Sul possui dois tipos de vegetação predominante: a vegetação da floresta subcaducifólia subtropical e a vegetação de campos. A floresta subcaducifólia subtropical se apresenta ao longo do vale de rios que apesar da exuberância não possui grande porte, suas folhas são pequenas tendendo a tamanhos médios de cor verde levemente acinzentada. Os campos são ligados a uma topografia suave onde se destacam as vegetações de gramíneas e as ciperáceas formando um tapete herbáceo, com uma vegetação adaptada para áreas descampada com revestimento piloso para diminuir o aquecimento das folhas retardando a transpiração, dando um caráter de uma vegetação acinzentada (IBGE, 1977).

# LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

## MICROBACIA HIDROGRÁFICA DA SANGA DA RESTINGA

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR  
 ORIGEM DA QUILOMETRAGEM UTM: "EQUADOR E MERIDIANO 51° W.G.R."  
 ACRESCIDAS AS CONSTANTES: 10.000 KM E 500 KM. RESPECTIVAMENTE  
 DATUM VERTICAL: MARÉGRAFO DE TORRES - RIO GRANDE DO SUL.  
 DATUM HORIZONTAL: CÓRREGO ALEGRE - MINAS GERAIS.

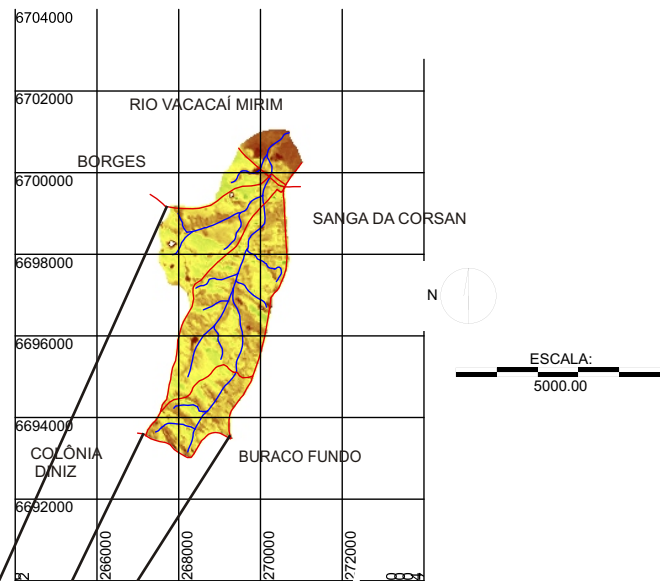
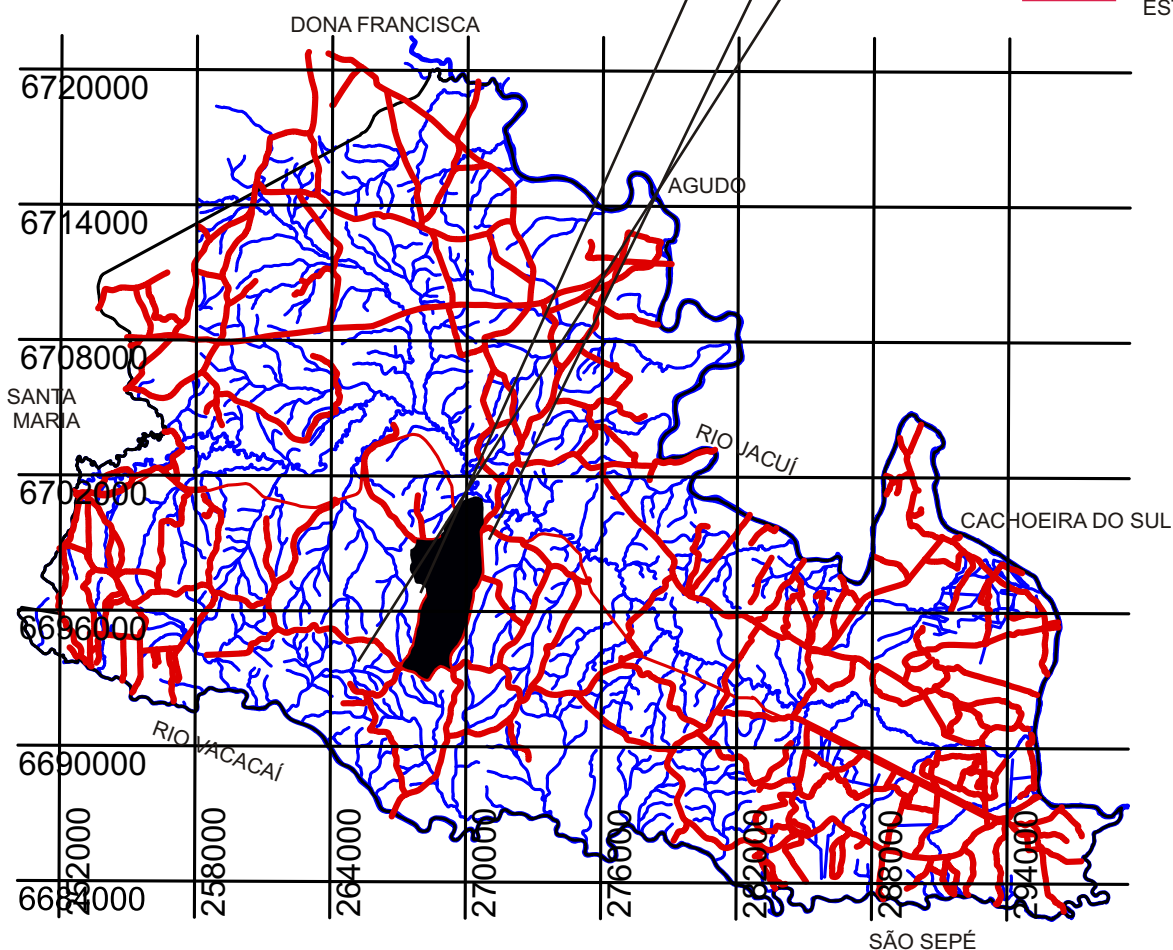


FIGURA 1- LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.

LEGENDA:

-  REDE HIDROGRÁFICA
-  LIMITE
-  ESTRADAS
-  ESTRADA DE FERRO

## MUNICÍPIO DE RESTINGA SÊCA



ESCALA:

50000.00

FIGURA 1 – Localização da área de estudo.

Ainda em relação à vegetação, segundo a classificação de Quadros & Pillar (2002), a Floresta Estacional Decidual acompanha o leito do Rio Jacuí e a região Centro do Estado do Rio Grande do Sul, junto com a vegetação de campos e vegetação arbustiva que tem ocorrência no centro do Estado e Bacia do Jacuí.

Nos aspectos geomorfológicos a Microbacia Hidrográfica da Sanga da Restinga localiza-se na Depressão Central do Rio Grande do Sul, interposta entre a Cobertura Basáltica-Arenítica e a Borda Meridional representada pelo Escudo Sul-Rio-grandense (IBGE, 1977).

A rede de drenagem se instalou sobre um terreno de sedimentos do Permocarbonífero escavando rios subseqüentes, como o Rio Jacuí que drena esta área, formando um relevo com topografias suavizadas e levemente onduladas planícies aluviais, vales rasos, sangas e banhados (IBGE, 1977).

A dinâmica do clima do Estado do Rio Grande do Sul é determinada pelas massas de ar do Anticiclone do Pacífico, Anticiclone Móvel Polar, Baixa do Mar de Weddell, Baixa do Chaco, Anticiclone do Atlântico (IBGE, 1977).

As Correntes Perturbadas de Sul são representadas pela invasão do Anticiclone Polar que tem origem nas áreas polares. Invadem o Estado com ventos do quadrante W e SW e freqüentemente adquire ventos do quadrante S e SE, sua trajetória no sentido SW e NE, ao chegar na região Sul, apresentam forte inversão de temperatura com ar seco frio e estável.

A segunda trajetória é mais freqüente no verão e traz abundantes chuvas, raramente consegue ultrapassar a Cordilheira dos Andes, transpondo pelo extremo sul do continente no sentido NNW – SSE avançando no sentido NE. Avançando no sentido NE mantém o equilíbrio dinâmico entre a alta do atlântico sul e alta polar, onde esta situação se mantém por alguns dias causando chuvas intensas (IBGE, 1977).

As correntes perturbadas de Oeste ocorrem em meados de primavera e outono com ventos do quadrante W e NW trazendo linhas de

instabilidade tropical. Ao lado das correntes perturbadas se tem à baixa do Chaco no interior do continente que está ligada a ondulações da frente polar, esta baixa com a frente polar adquire importância nos anos de verão seco e pouco chuvoso.

A baixa do mar de Weddell é uma célula de baixa pressão polar e oscila em função da frente polar atlântica; já a alta dos Açores corresponde a boreal do anticiclone semi-fixo e permanente do Atlântico sul e possui influência na circulação do sul do Brasil.

Segundo Ladwig (1993) no Município de Restinga Sêca tem-se o clima subtropical, a área pertence ao clima temperado chuvoso e quente do tipo Cfa, sendo:

“C: Temperatura média do mês mais frio, entre  $-3^{\circ}\text{C}$  e  $18^{\circ}\text{C}$  e o mês mais quente superior a  $10^{\circ}\text{C}$ ;

f: nenhuma estação seca, úmido todo o ano;

a: “verão quente, com temperatura média de mês mais quente superior a  $29^{\circ}\text{C}$ , Ladwig (1993, p.17)”.



## 4. MATERIAL E METODOLOGIA

### 4.1 Material

Para a realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- Carta topográfica do Município de Restinga Sêca de nomenclatura SH.22-V-C-V-3 MI- 2966/3 de 1977. Desta carta foi selecionada a área de interesse para a pesquisa;
- A imagem de cobertura da Sanga da Restinga (na carta topográfica), que após de ter sido selecionada e georreferenciada foram digitalizadas informações como rede hidrográfica, curvas de nível e rede viária;
- Imagem de Satélite: utilizaram-se imagens do Landsat-7 ETM<sup>+</sup>, órbita ponto 222/81 de 24 de julho de 2000. Destas imagens foram selecionadas as áreas de interesse através de um recorte que correspondesse à imagem de cobertura da Sanga da Restinga. As imagens utilizadas no trabalho não foram corrigidas em função dos efeitos atmosféricos para conversão de reflectância, apenas foi aplicada a ampliação linear progressiva;
- Utilizou-se um computador Pentium IV com um processador de 1.8GHZ com uma placa de memória DDR de 512 MB;
- Utilizaram-se dois Programas de informática (softwares), sendo que o Adobe Photoshop 5.5 foi utilizado para o recorte das imagens e o Idrisi 32 foi utilizado para o tratamento das imagens, tais como: georreferenciamento e cruzamento dos planos de informação e, o Cartalinx foi utilizado para a digitalização de polígonos e linhas;
- Para o trabalho de campo utilizou-se um veículo para fazer o reconhecimento da área;
- Para a construção de gráficos e tabelas utilizou-se o programa de informática Excel e para a elaboração dos textos utilizou-se o Microsoft Word.

## 4.2 Método

Na primeira etapa do trabalho foi selecionada uma área de pesquisa, no caso a Sanga da Restinga, através de um recorte extraído da carta topográfica abrangendo toda a microbacia hidrográfica, o mesmo foi feito nas imagens de satélite.

As imagens foram recortadas no programa de computador Adobe Photoshop 5.5, e depois de ajustados os níveis de cinza (através de **imagem - ajuste - nivela imagem e ajuste - autos níveis**) foram salvas no formato BMP.

Tendo a posse de todas as imagens recortadas, a etapa posterior foi a criação de um projeto no programa de informática Idrisi 32, através do módulo **Arquivo - Caminhos de Dados**, onde se optou pelo local (diretório) onde colocar a pasta do projeto, para realizar a importação das imagens para o programa Idrisi 32 através do módulo **Arquivo - Importação - Imagem - Formatos de Edição eletrônica - BMPIDRISI**.

Nesta etapa de importação das imagens foram inseridas para o programa todas as bandas do Landsat 7, sensor ETM<sup>+</sup>, e também a imagem recortada da carta topográfica.

## 4.3 Processamento dos dados

Nesta etapa as imagens no formato BMPIDRISI foram georreferenciadas. A imagem do recorte da carta topográfica (M. H. da Sanga da Restinga), através do módulo: **Entrada de dados - Edite** nesta etapa foram digitalizados os valores dos pixels da imagem e sua posterior relação com as coordenadas UTM e salvo no arquivo de formato **Arquivo de correspondência (. COR)**.

Conforme o Quadro 4, se observa que nas duas primeiras colunas se tem o valor dos pixels da imagem, na coluna X (**antigo x**) e na coluna

Y (**antigo y**), já na terceira e na quarta coluna se tem os valores das coordenadas UTM em **Novo x** valor de UTM no sentido Leste – Oeste e em **Novo y** valor UTM no sentido Norte – Sul.

Nesta etapa de digitação destes valores foi digitado o menor e o maior valor dos pixels, os quais no futuro terão outros valores que serão os valores de coordenadas UTM.

QUADRO 4 – Pontos de controle usados na transformação.

<b>Antigo X</b>	<b>Antigo Y</b>	<b>Novo X</b>	<b>Novo Y</b>	<b>Residual</b>
64.4	2066.66	266000	6702000	0.09127
57.39	1667.7	266000	6700000	0.50294
51.35	1269.4	266000	6698000	0.27996
45.45	870.65	266000	6696000	0.15484
39.39	471.74	266000	6694000	0.36373
33.39	73.71	266000	6692000	0.16815
433.34	65.74	268000	6692000	0.25494
832.5	57.22	270000	6692000	0.51741
1232.1	49.85	272000	6692000	0.29259
1237.74	447.95	272000	6694000	0.16032
1243.75	846.6	272000	6696000	0.07889
1250.38	1245.54	272000	6698000	0.53647
1256.3	1643.43	272000	6700000	0.35915
1262.44	2042.5	272000	6702000	0.29944
863.79	2050.59	270000	6702000	0.22488
464.98	2058.26	268000	6702000	0.59245

O software Idrisi 32 informou que estes valores possuem um erro médio quadrático de 0.343007 pixel, sendo que valores abaixo de três ou dois são considerados pelo Idrisi 32 como valores precisos, neste caso a georreferência alcançou uma ótima precisão.

A etapa posterior foi georreferenciar a imagem através do módulo **Reformat - Reamostragem**, indicando o sistema de coordenadas a ser utilizado no projeto, no caso, o sistema UTM 22s onde que foi feito a transformação dos valores dos pixels da imagem da coordenada iniciada em zero (0, 0) para as coordenadas com os novos valores UTM.

Esta transformação de valores deverá obter um erro linear quadrático abaixo de 3, que no caso foi ajustado ficando abaixo de 1, de acordo com a quinta coluna do Quadro 4 (residual), segundo o programa Idrisi 32.

A imagem da Microbacia Hidrográfica da Sanga da Restinga após ter sido georreferenciada foi exportada através do módulo **Arquivo - Exportação - Imagem - Formatos de Editoração eletrônica - BMPIDRISI**, no caso a imagem foi transformada para o formato BMP para a leitura em outros programas. A próxima etapa foi a importação desta imagem para o programa Cartalinx através do módulo **Arquivo - Conversões de Imagem**, onde mesma etapa acrescenta-se o **arquivo de paleta** do arquivo BMP, isto significa que junto com a imagem vem a georreferência da imagem.

Feita esta etapa de importação, a etapa posterior foi à digitalização das linhas de redes hidrográficas, curvas de nível, estradas e limite da microbacia hidrográfica. Nesta mesma etapa de digitalização foi dado o valor para as linhas de cada arquivo de linha no formato LNX, realizado através do módulo: **propriedades Características - Usuário Numérico**

Para retornar estes arquivos de linhas para o Idrisi 32 exportou-se do Cartalinx através do módulo **Arquivo - Características de Exportação**, no qual foram exportados para o Idrisi 16 bytes como arquivo VEC do tipo arcos incluindo linhas. Posteriormente foram transferidas para o Idrisi 32, através do módulo **Arquivo - Arquivo de Idrisi Conversões 16/32** repassando os dados dos arquivos linhas junto com o arquivo.

Após estas etapas, se têm todos os arquivos VCT (extensão dos arquivos linhas no Idrisi 32) georreferenciados. Na próxima etapa fez-se o mapa clinográfico, que através do módulo **Reformat - Conversão de Vetor para raster - Linhas** rasterizou-se os arquivos linhas de curvas de nível e, posteriormente, através do módulo **Entrada de dados -**

**Superfície – Rasterizar toda a imagem segundo os valores das curvas de nível** – criou-se um mapa altimétrico da M. H. da Sanga da Restinga.

O mapa de declividades foi criado através do módulo **Análise de GIS - Operadores de Contexto - Superfície**, e consiste em um mapa com elevações em porcentagens de declividades que vão de 0 a mais de 2500% na legenda, mas na imagem só aparecerá valor existente na realidade, que são valores de 0 até mais ou menos 50%.

Após a elaboração do mapa de declividades classificou-se este em intervalos de declividades, conforme o Quadro 5.

QUADRO 5 – Reclassificação da imagem.

Entrada da imagem	Novo valor	A todos os valores de	Até valores menores que	Saída da imagem
	0	1	5	
	1	5	12	
	2	12	30	
	3	30	47	
	4	47	2500	

Esta classificação foi feita através do módulo **Análise de GIS - Banco de dados – Reclassificar**, usando a definição de classes conforme descrito no quadro 05, no qual tem-se uma imagem de entrada, o mapa de declividades, que por sua vez foi classificado dando origem a uma nova imagem.

Esta etapa encerra o período de tratamento de imagens com arquivos VEC do tipo arcos incluindo linhas, tendo como resultado o mapa de declividades um arquivo do tipo raster (RST e RDC).

A etapa de tratamento das imagens Landsat 7 consiste na indicação de nove pontos de georreferenciamento dentro da imagem, conforme o Quadro 06, indica os valores dos pixels da imagem com origem zero (0, 0) nas linhas Y e nas colunas em X e seus novos valores

a serem assumidos na coordenada X no sentido Leste – Oeste e na coordenada Y no sentido Norte – Sul.

Esta digitalização de valores foi feita através do módulo **Entrada de dados - Edite** e salvo no arquivo de formato **Arquivo de correspondência (COR)**, conforme o Quadro 5, da primeira até a quarta coluna.

QUADRO 6 – Pontos de controle usados na transformação.

<b>Antigo X</b>	<b>Antigo Y</b>	<b>Novo X</b>	<b>Novo Y</b>	<b>Residual</b>
119.23	284.77	267341.41	6696838.4	0.069717
231.34	371.59	270600.87	6699668.36	1.529396
210.82	366.99	270050.51	6699444.57	1.278701
296.45	328.89	272532.26	6698438.83	0.222573
159.9	193.32	268674.46	6694152.98	0.723454
159.63	191.59	268674.42	6694144.75	0.75971
185.47	453.75	269118.65	6702019.34	0.88267
182.41	462.49	269027.12	6702207.5	1.403261
154.3	436.67	268122.91	6701448.13	1.106201
148.49	409.71	268035.66	6700612.5	0.552242

O software Idrisi 32 informou que estes valores possuem uma média de erro médio quadrático de 0.969844 pixel, sendo que valores abaixo de três ou dois são considerados pelo Idrisi 32 como valores precisos, neste caso a georreferência alcançou uma boa precisão.

A etapa posterior foi georreferenciar a imagem através do módulo **Reformat - Reamostra**, indicando o sistema de coordenadas a ser utilizado no projeto, no caso o sistema UTM 22s, que foi feito à transformação dos valores dos pixels da imagem da coordenada iniciada em zero (0, 0) para as coordenadas com os novos valores UTM, tendo como resultado um erro quadrático abaixo de 2 pixels, conforme a última coluna do Quadro 06.

Tendo realizado esta etapa em todas as imagens do Landsat 7, partiu-se para a composição do cálculo de NDVI (Índice Normalizado de Vegetação) (Purevdorj et all, 1998)  $NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$ , sendo que NDVI= banda 4 – banda 3/banda 4

+ banda 3, este cálculo foi feito através do módulo: **Análise do GIS - Operador Matemático - Calculadora de Imagem**, que consiste primeiramente na subtração dos pixels da banda 4 com a banda 3 e posterior divisão pela soma dos pixels das mesmas bandas.

O mapa de Vegetação consiste em um mapa quantitativo classificado de modo supervisionado, que através do módulo **Digitalize**, se digitalizou os polígonos com as seqüências de cobertura de solo, sendo que o polígono 1 apresenta amostras de corpos de água, o polígono 2 amostras de vegetações arbóreas, o polígono 3 vegetações arbustivas, o polígono 4 campos, polígono 5 solo com pouca vegetação e o polígono 6 com solo totalmente exposto.

Segundo Rocha (2001), a vegetação na superfície terrestre está dividida em cinco grupos: as vegetações arbóreas, plantas lenhosas de grande porte, as vegetações arbustivas, vegetais ramificados desde a base que crescem aproximadamente até cinco (5) metros e possuem lenho, as herbáceas as quais consistem em vegetais sem parte lenhosa (madeira) de pequeno porte, as gramináceas e as monocotiledôneas e os vegetais inferiores, tais como algas, líquens, cogumelos, bactérias, fungos e musgos. A classe das herbáceas, gramináceas e vegetais inferiores foram incluídas na classe a de campos.

Conforme o observado na imagem do NDVI o polígono 1, **corpos de água** inclui açudes e pequenos bebedouros em campos; o polígono 2, **vegetações arbóreas**, nesta classe estão matas de eucaliptos e matas nativas bem desenvolvida; em **vegetações arbustivas**, polígono 3, estão nesta classe capões pouco desenvolvida presente principalmente nas margens dos cursos d'água, como vegetação de proteção das margens; no polígono 4, **campos**, nesta classe estão incluso campos nativos e plantação de pastagens; no polígono 5, **solo com pouca vegetação**, significa solo arado com inicio de vegetação, ou melhor vegetação pobre em fase inicial; por último o polígono 6, **solo totalmente exposto**, neste

estão incluído as áreas de cultivo, áreas recentemente arada sem vegetação.

A etapa posterior foi indicar o significado de cada polígono e relacionar com as bandas utilizadas para o cálculo de NDVI, feito através do módulo: **Processar Imagem - Desenvolvimento de Assinatura – Refazer**, após esta etapa partiu-se para a classificação, baseada nas amostras extraídas anteriormente, através do módulo **Processar Imagem – Classificadores – Maxlike** – realizou-se a classificação de acordo com as classes indicadas anteriormente.

Ambos os mapas apresentam uma resolução de cinco (5) metros que foram transformados no módulo **Reformatar – Projeto** e após foram cruzados, sendo que o primeiro foi o Mapa Clinográfico da M. H. da Sanga da Restinga e o segundo foi o Mapa de Vegetação da M. H. da Sanga da Restinga. Este procedimento foi realizado através do módulo **Análise do GIS - Questão de Banco de dados - Revista** onde se multiplicou as classes de um mapa com as do outro mapa, dando origem a trinta classes.

Enfim com os mapas prontos o passo seguinte foi a realização do recorte da M. H. da Sanga da Restinga, realizada através da atribuição de valores para o polígono recortado. A parte exterior do polígono possui valor zero (0) e a parte interior valores um (1) que multiplicado pela imagem posterior resultará na imagem recortada, os valores dos pixels da imagem que foram multiplicados por zero (0) resultaram em zero (0), que no caso o exterior do polígono; já os valores de um (1) no interior do polígono multiplicado pelos pixels da imagem resulta no próprio valor da imagem, de acordo com a Figura 2 abaixo.

Para a realização do recorte da imagem, conforme descrito no parágrafo acima, primeiramente, através do módulo **Reformatar – Raster/Vetor - Conversão – Polígonos**, rasterizou-se o polígono, que posteriormente no módulo **Entrada de dados - Inicial** transportou-se a imagem do polígono rasterizado para os parâmetros da imagem a ser



recortada, conforme a Imagem 1 da Figura 2, o passo final para o recorte da imagem realizou-se através do módulo **Análise do GIS - Questão de Banco de dados - Revista** onde se multiplicou a Imagem 1 pela imagem 2 dando origem a M. H. da Sanga da Restinga na Imagem 3

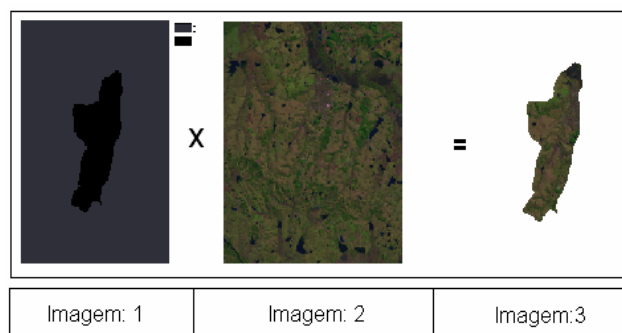


FIGURA 2 – Sistema de recorte de imagem.

Os recortes das imagens foram feitos no final do trabalho porque todos os mapas tiveram a sua resolução modificada para cinco metros (5 m) para melhorar a aparência da impressão, feito através do módulo **Reformat - Projeto**.

Para a construção do mapa do cruzamento entre área de preservação permanente e Vegetação foi transformado o arquivo linha da rede hidrográfica para a forma de raster através do módulo **Reformat - conversão de Raster/Vetor - Linhas** e, posteriormente, teve a transformação da sua resolução para cinco (5) metros através do módulo **Reformat - Projeto**. Feita esta etapa partiu-se para a rasterização ao longo da rede de drenagem, a qual foi de 30 em 30 metros através do módulo: **Análise do GIS - Operador de Distância - Pára-choque**.

O modelo numérico do terreno foi criado através do módulo: **Interpolação de superfície - Interpolação de MNT - MNT**, que deu origem a três imagens, conforme a Figura 3. A Imagem 1 refere-se à transformação das curvas de nível em pontos com os valores das próprias curvas de nível; já a Imagem 3, resultado da interpolação dos pontos da Imagem 1, possui uma grade triangular que para cada vértice do triângulo

são armazenados atributos de localização de coordenadas (x, y) e o atributo z que corresponde o valor da elevação do terreno. A última imagem, resultado da Imagem 2, é a forma raster com valores de elevações do terreno, na Imagem 3.

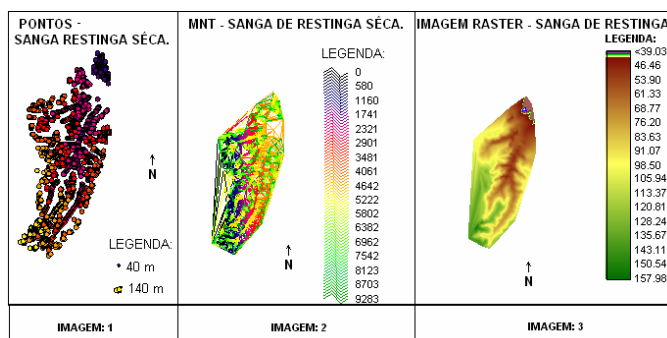


FIGURA 3 – MNT do terreno.

No módulo: **Exibição – Em Três Dimensões** criou-se uma imagem em 3 D (três dimensões) utilizando a Imagem 3, da Figura 03, como modelo de elevação e, posteriormente, foi colocada na superfície uma imagem pancromática, resultado da composição da banda do azul, verde e vermelho. Os ângulos utilizados na imagem foram de 0° Norte na superfície e 50° no sentido horizontal.

O primeiro cruzamento de mapa foi feito através do módulo **cruzamento**, o qual criou o mapa do cruzamento entre mapa clinográfico e vegetação e obteve-se trinta classes. Novamente fizeram-se novos mapas através do módulo: **calculador de imagens: álgebra e modelos lógicos de mapa – expressão lógica – apenas os valores menores**, onde se criou um total de oito mapas, acrescentando valores de um (1) para cada uma das classes, sendo elas:

- Solo totalmente e parcialmente exposto em declividades superiores a 47% de declividade;
- Solo totalmente e parcialmente exposto em declividades até 30%;

- campos;
- vegetações arbustivas com declividades superiores a 47%;
- vegetações arbustivas até 30% de declividade;
- vegetações arbóreas com declividade superior a 47%;
- vegetações arbóreas até 30% de declividade;
- corpos de água.

Concluída esta etapa cruzaram-se todos estes mapas, total de oito, através do módulo: **cruzamento**, obtendo um único mapa com todas as classes citadas anteriormente.

## 5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O tratamento digital das imagens do satélite Landsat 7, Sensor ETM<sup>+</sup>. Para a identificação do NDVI utilizaram-se as bandas 3 e 4, sendo que a banda 3 corresponde a os comprimentos de onda na região do visível no vermelho de 0,63  $\mu\text{m}$  a 0,69  $\mu\text{m}$ , e a banda 4 corresponde ao comprimento de onda do infravermelho próximo de 0,76  $\mu\text{m}$  a 0,90  $\mu\text{m}$ . Ambas as bandas possuem uma resolução de 30 metros, que para a melhor apresentação dos mapas, foram reamostradas para 5 metros.

Conforme disposto na revisão bibliográfica, Rouse et al (1973) apresenta o Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) o qual consiste na subtração da banda do infravermelho próximo da banda do vermelho que por, sua vez, é dividido pelo resultado da soma da banda infravermelho próximo com a banda do vermelho. O resultado é a quantidade de vegetação, o vigor da vegetação.

As folhas das plantas absorvem comprimentos de onda na região do visível, no caso a banda 3 do vermelho, ao contrário a banda 4 do infravermelho próximo se espalha conforme aumenta o IAF. Há vários fatores que influem no espalhamento dos comprimentos de onda na região do infravermelho próximo, conforme a revisão bibliográfica no capítulo anterior, mas, de um modo geral, quanto mais exuberante a vegetação maior será a absorção nos comprimentos de onda na região do vermelho e maior a reflectância na região do infravermelho.

Observa-se que esta área de estudo possui uma atividade agrícola pouco expressiva com o predomínio do uso com campos e pastagens distribuídas de modo uniforme em toda a sua extensão; a atividade agrícola está mais concentrada ao Norte e Noroeste da M. H.

A parte Norte na jusante da M. H. possui um corpo de água bastante expressivo cuja classificação esta incluída como tal devido à enchente ocorrida no Rio Vacacaí-Mirim na qual esta B. H. deságua. Em épocas de enchente a água atinge até às proximidades da estrada de

ferro presente ao Norte da M. H. No Nordeste desta M. H. tem-se a área urbana do Município de Restinga Seca.

### **5.1 Mapa das classes de Vegetação**

As classes de Vegetação foram divididas em 6, conforme a Tabela 1 e a Figura 4, apresentando as seguintes classes: corpos de água, o vegetações arbóreas, vegetações arbustivas, campos, solo com pouca vegetação e solo totalmente exposto, conforme pode ser observado na Figura 4 do mapa da Vegetação da M. H. da Sanga de Restinga.

A classe de corpos de água consiste em todas as áreas onde se tem água, como açudes, bebedouros, área de enchente, canais e ravinas. Esta classe ocupa uma porção de 92,135 hectares que significa um 5,7% do total da área da M. H., a porção maior desta classe localiza-se ao norte o que corresponde à área alagada pela enchente, mas por outro lado encontram-se açudes nas nascentes dos canais a Oeste.

A segunda classe, vegetações arbóreas, corresponde à vegetação de maior exuberância da M. H., tais como matas de eucaliptos no estágio adulto e matas nativas em pleno estado de conservação. Ocupa uma área de 158,7375 hectares que significa 9,8% da área da M.H., de maneira que sua porcentagem está distribuída ao longo das ravinas e canais principalmente nos canais a Noroeste, mas é expressiva a sua presença nas nascentes do Sul.

As vegetações arbustivas ocupam um total de 408,02 hectares correspondente a 25,26% da área, sendo que nesta classe estão incluídas as vegetações ciliares que estão dispostas ao longo dos canais da M. H.. Como pode ser observado na parte Norte esta vegetação se apresenta entreposta junto com a classe de vegetações arbóreas tangenciando os canais hídricos, mas a sua maior parte está concentrada

no centro da M. H. ao longo dos canais, sendo que na parte sul ele se apresenta ao longo dos canais; um fato a ser levado em consideração é que na área Nordeste dentro do sítio urbano, a maior parte da vegetação presente é detectada dentro desta classe.

Os campos pertencem à classe maior dentro da M. H. com 619,91 hectares, o que significa 38,39% da área da M. H. Eles estão igualmente distribuídos ao longo da área, mas possuem uma concentração mais significativa na parte Sul, possuem um aproveitamento econômico principalmente com a pecuária. A classe de campos é detectada dentro da cidade com menor proporção do que a classe de vegetações arbustivas.

As duas últimas classes, solo com pouca vegetação e solo totalmente exposto, foram introduzidas com o objetivo de dividir uma classe pretérita e não existente no trabalho referente a classe de solo ocupado pela agricultura.

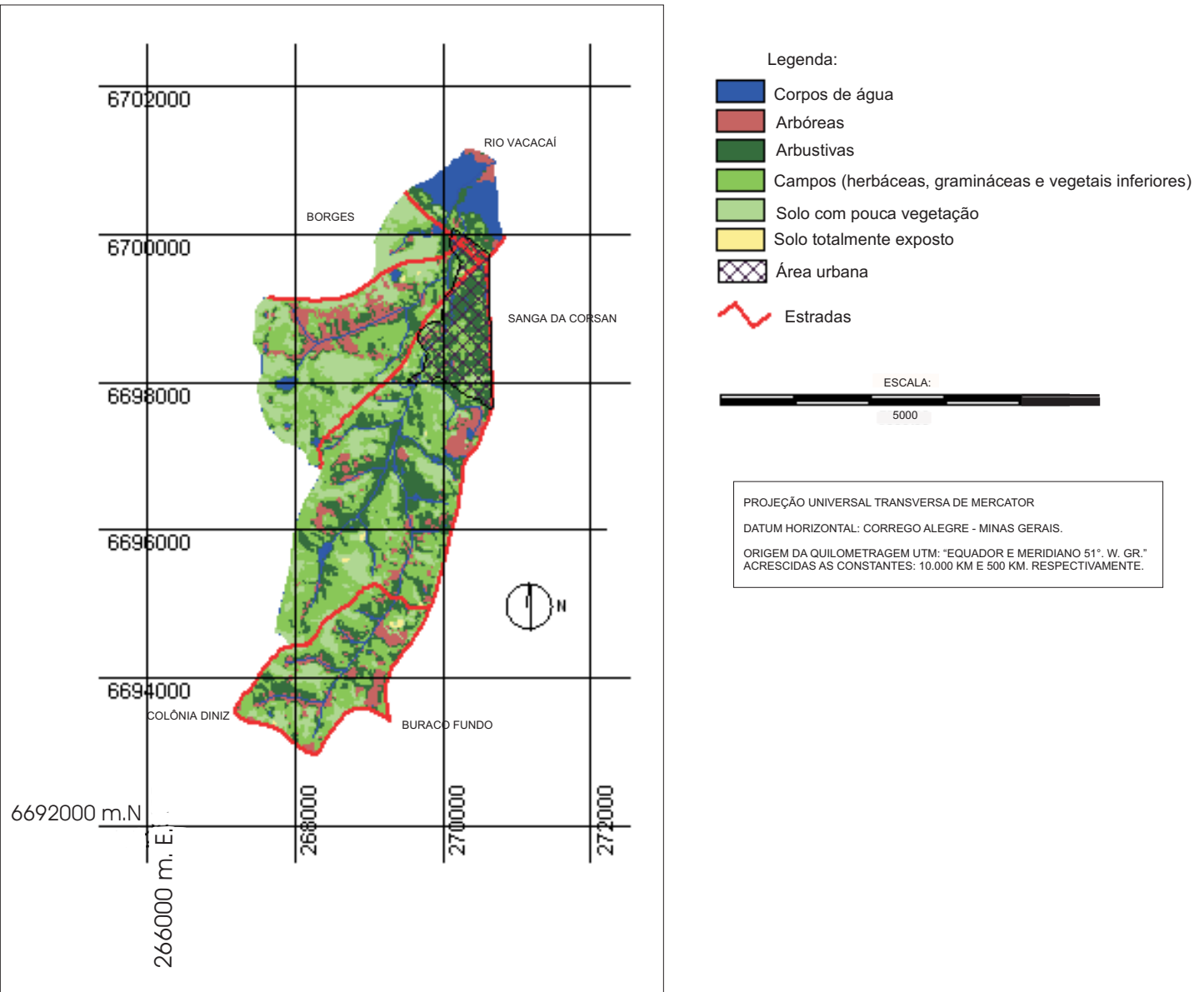
A penúltima classe, solo com pouca vegetação, ocupa uma área de 332,09 hectares a qual correspondente a 20,56% do total da cobertura vegetal da M. H., onde estão incluídas as áreas de solo recentemente arado com início de vegetação, podendo ser plantio agrícola com vegetação em desenvolvimento, área de pastagem em fase inicial de vegetação ou até mesmo solo arado com início de vegetação típica do local. Esta classe está disposta em toda a área, mas é bem observada na parte Noroeste da M. H., e de um modo geral ela está localizada nas vertentes entre as cessões dos canais que formam a M. H.

A última classe, pouco significativa, de solo totalmente exposto, consiste em áreas recentemente aradas com solo descoberto de vegetação. Ocupa uma área de 3,78 hectares correspondente a 0,23% do total da área da M. H. presente principalmente na porção centro-sul.

Um outro fator a ser levado em consideração na análise é que a classe de corpos d'água ocupa a porção norte da M. H., ou melhor, a área

de enchente, logo pode ser afirmado que corresponde a um período de chuvas.

FIGURA 4 – Mapa de vegetação (NDVI).



FONTE: Glênio A. Da Luz



TABELA 1 – Área das classes do mapa de Vegetação.

Legenda	Área em ha	%
CORPOS D'AGUA.	92,13	5,70
VEGETAÇÕES ARBÓREAS.	158,73	9,83
VEGETAÇÕES ARBUSTIVAS.	408,02	25,26
CAMPOS.	619,91	38,39
SOLO COM POUCA VEGETAÇÃO.	332,09	20,56
SOLO TOTALMENTE EXPOSTO.	3,78	0,23
<b>Total</b>	<b>1.614,67</b>	<b>100</b>

FONTE: Glênio Antônio da Luz (2004).

## 5. 2 Mapa clinográfico

A M. H. da Sanga da Restinga por pertencer à região geomorfológica da Depressão Central consiste em uma área plana e baixa, que conforme a Tabela 2 as áreas com declividade entre 0% a 5% predominam com 54,12 % corresponde a 873,87 hectares que estão dispostos principalmente nas áreas á Norte, Noroeste e tangenciando o curso principal da rede hidrográfica.

A segunda classe 5% a 12% está intercalada com áreas menores dentro da primeira classe principalmente nas áreas de maiores altitudes na parte Central, Centro-sul e Sudeste intercaladas com a terceira classe 12% a 30%.

A terceira classe de declividades, de 12% a 30%, estão em áreas cuja altitude é superior a 60 metros, principalmente ao longo das curvas de nível de 80 metros a 120 metros, a sua presença é menos significativa na parte Norte da M. H..

A quarta classe de declividade, de 30% a 47%, ocupa uma área de 27,79 hectares que corresponde a 1,72% do total da área da M. H. o que é pouco significativa em termos de área ocupada sendo mais concentrada na parte Sul da M. H.

A última classe corresponde às declividades acima de 47% que ocupam 25,92 hectares, correspondentes a 1.60% do total da área. É a classe menos significativa em termos de quantidade mas muito importante, pois devido a sua declividade deve-se ter muita atenção por ser uma área sensível aos processos de erosão. Esta classe está é menos presente nas áreas mais baixas de 40 metros a 60 metros de altitude.

As duas últimas classes, 30% a 47% e maior que 47%, são as classes menores dentro da M. H. da sanga da Restinga, mas de grande importância, por possuir declividade elevada elas estão sujeitas à erosão, uma forma de degradação do meio ambiente, tem perda de solo durante o

escoamento de água durante as chuvas. Conforme pode ser observado no Tabela 2 e as localizações na Figura 5.

FIGURA 5 – Mapa clinográfico da M. H. da Sanga da Restinga.

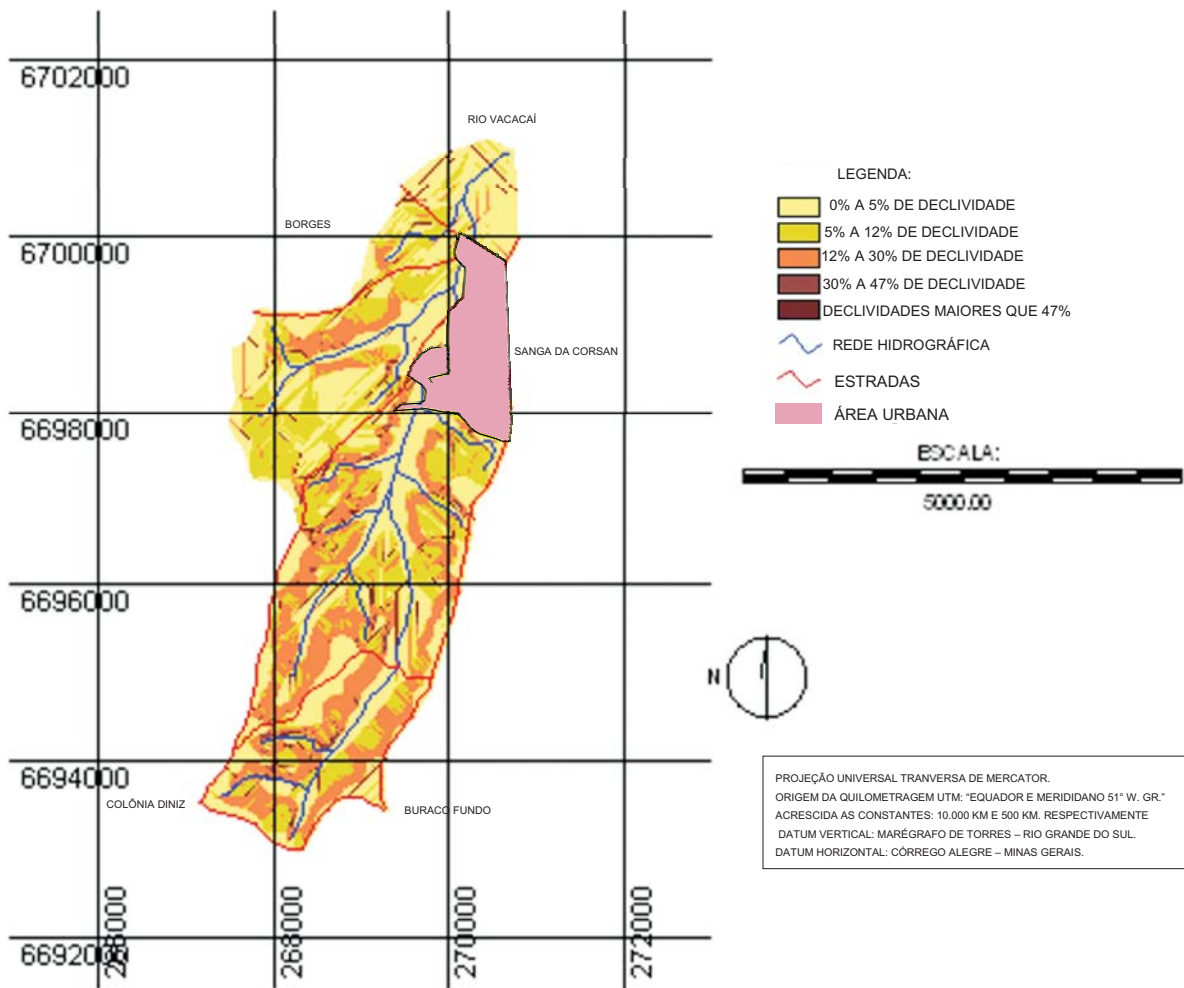


TABELA 2 – Área do mapa clinográfico.

Legenda	Hectares	%
0% - 5%.	873,87	54,12
5% - 12%.	372,78	23,08
12% - 30%.	314,30	19,46
30% - 47%.	27,79	1,72
47% - <.	25,92	1,60
Total	1.614,67	100

FONTE: Glênio Antônio da Luz (2004).

### **5.3 Mapa de áreas de preservação permanente ao longo das margens**

Este mapa, na Figura 6, apresenta a vegetação em áreas de 30 metros ao longo das margens dos cursos d'água. Conforme a Tabela 3 e a Figura 6, pode-se afirmar que há um predomínio das vegetações arbustivas ocupando 69,9625 hectares que correspondem 44.24% do total das áreas, sendo que nesta classe estão incluídas as matas ciliares que estão intercaladas com todas as outras classes, principalmente com a classe de vegetações arbóreas. A presença desta classe é mais significativa nas áreas Central e Sul da Microbacia Hidrográfica.

Os campos ocupam 38,64 hectares que correspondem a 24,43% da área de preservação permanente, ficando como a segunda maior classe em termos de quantidade de área ocupada, que está presente principalmente na área central da M. H..

As vegetações arbóreas ocupam uma proporção de 32,20 hectares equivalente a 20.36% da área que está bastante concentrada na parte noroeste da M.H..

Os corpos d'água ocupam uma proporção de 12,68 hectares equivalente a 8.01% do total da área de preservação permanente ao longo das margens. Estas porcentagens estão acumuladas principalmente ao norte da M. H. devido à enchente, mas a noroeste possui, ao longo de toda a extensão, um acúmulo de corpos d'água, tais como bebedouros para o gado e açudes.

As áreas das margens com pouca vegetação aparecem principalmente na porção central e ocupam um total de 4.495 hectares, correspondentes a 2.84% das áreas de preservação permanente ao longo das margens.

O fator mais preocupante são as margens dos cursos de água com solo totalmente exposto que ocupam um total de 0.135 hectares correspondente a 0.08% do total da área de preservação permanente ao

longo das margens. Esta classe indica o índice maior de degradação ambiental que aparece em um ponto ao sudoeste da M. H. e outro de menor proporção na parte central, conforme observado na Figura 6.

FIGURA 6 Mapa de áreas de preservação permanente ao longo das margens M. H. da Sanga da Restinga.

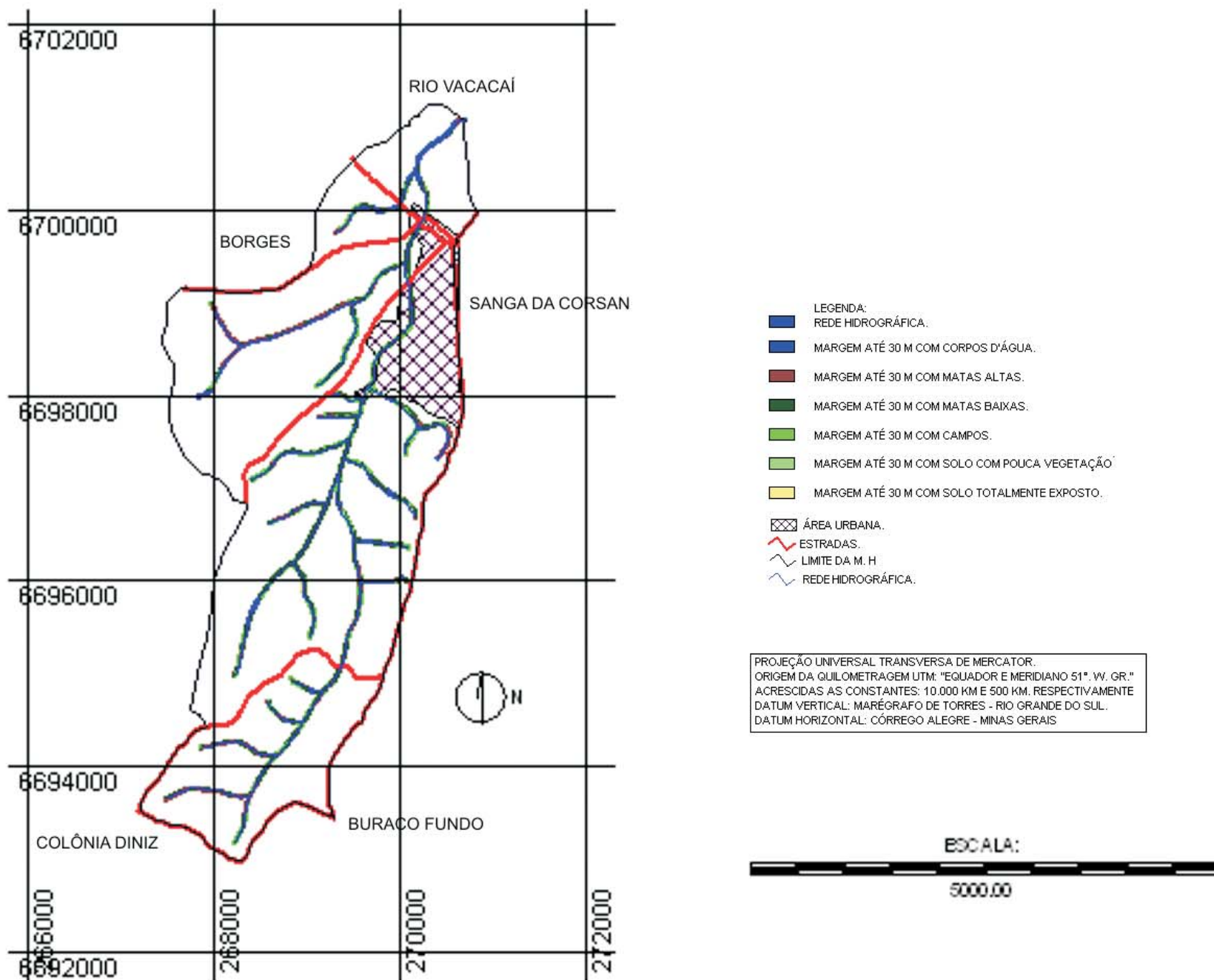




TABELA 3 – Vegetação nas áreas de preservação permanente ao longo das margens

<b>Legenda</b>	<b>Hectares</b>	<b>%</b>
MARGEM ATÉ 30 M COM CORPOS D'ÁGUA.	12,68	8,01
MARGEM ATÉ 30 M COM O VEGETAÇÕES ARBÓREAS.	32,20	20,36
MARGEM ATÉ 30 M COM VEGETAÇÕES ARBUSTIVAS.	69,96	44,24
MARGEM ATÉ 30 M COM CAMPOS.	38,64	24,43
MARGEM ATÉ 30 M COM SOLO COM POUCA VEGETAÇÃO.	4,49	2,84
MARGEM ATÉ 30 M COM SOLO TOTALMENTE EXPOSTO.	0,13	0,08
<b>Total</b>	<b>158,12</b>	<b>100</b>

FONTE: Glênio Antônio da Luz (2004).

#### 5.4 Mapa do cruzamento entre Clinografia e Vegetação

As duas últimas classes de declividades, de 30% e de 47% e as maiores que 47%, são as classes onde se devem obter maiores informações, por serem consideradas elevadas são sensíveis à erosão em condições de solo exposto ou com pouca vegetação.

Na revisão bibliográfica Ward & Elliot (1995) destacaram que a vegetação é importante no condicionamento de uma área, pois a topografia em função da declividade define a capacidade de erosão da área.

O ideal nas áreas declivosas seria a predominância de vegetações arbóreas ou vegetações arbustivas, mas conforme a Figura 7 e a Tabela 4, observa-se que os corpos de água predominam nas áreas onde tem declividades menores, de 0% - 5% e 5% - 12%, principalmente devido à presença da enchente na parte Norte da M. H.. As vegetações arbóreas são encontradas ao longo de toda a extensão da M. H. e predominam nas primeiras classes de declividade, 0% - 5%

Conforme o observado na Figura 7, a classe de solo totalmente e parcialmente exposto com a declividade maior que 47% é mais concentradas na vertente Leste da Microbacia Hidrográfica; já a classe de solo totalmente e parcialmente exposto com a declividade de 30% se apresenta uniformemente distribuída, enquanto que os campos são mais representativos e estão localizados nas áreas oeste e central.

Na parte sul da Microbacia Hidrográfica se observa uma presença significativa das vegetações arbustivas em declividades maiores que 47%, sendo que em declividades de 30% são observadas ao longo da rede de drenagem, principalmente na parte Norte. As vegetações arbóreas em declividades maiores que 47% estão mais concentradas na parte noroeste e sudeste; já em declividades inferiores a 30% estão mais concentradas na porção norte e sudeste.

A classe de corpos de água está mais concentrada na parte norte devido à enchente do Rio Vacacaí Mirim. Na parte central a sua concentração é representada pela presença de bebedouros para o gado e pequenos açudes.

De acordo com a Tabela 04, a classe de solo total e parcialmente exposto acima de 47% de declividade ocupa um percentual de 0,1% do total da área da Microbacia Hidrográfica da Sanga da Restinga, o equivalente a 1,85 hectares. O cruzamento entre solo totalmente e parcialmente exposto, com declividades que vão de 0 a 30%, ocupa 25,20 hectares o que significa 1,56% do total da área.

As duas primeiras classes, descritas no parágrafo anterior, são as menores dentro da área por outro lado, tem-se a classe de campos que ocupa um total de 701,33 hectares ocupando 43,43% do total da área e consistindo na maior classe dentro da área de estudo.

A classe de vegetações arbustivas, com declividades maiores que 47% ocupando um percentual de 9,55% da área, o que significa 154,20 hectares, ficando abaixo da classe de vegetações arbustivas com declividades que vão de 0 a 30%, que ocupando um total de 477,32 hectares, ou seja, 29,56% do total da área da Microbacia Hidrográfica.

A classe de vegetações arbóreas com declividades superiores a 47% ocupa 39,84 hectares, o que equivale a 2,46% do total da área; já a classe de vegetações arbóreas com declividades que vão de 0 a 30%, ocupa 115,47 hectares, o equivalente a 7,15% da área.

Na parte Norte da Microbacia Hidrográfica da Sanga da Restinga os corpos de água consistem em açudes, bebedouros para o gado e área de enchente e ocupa um total de 99,38 hectares o equivalente a 6,15% do total da área, distribuída de maneira pouco uniforme. O alto valor desta classe se dá devido à área de enchente.

FIGURA 7 – Mapa do cruzamento entre clinográfico e Vegetação da M. H.

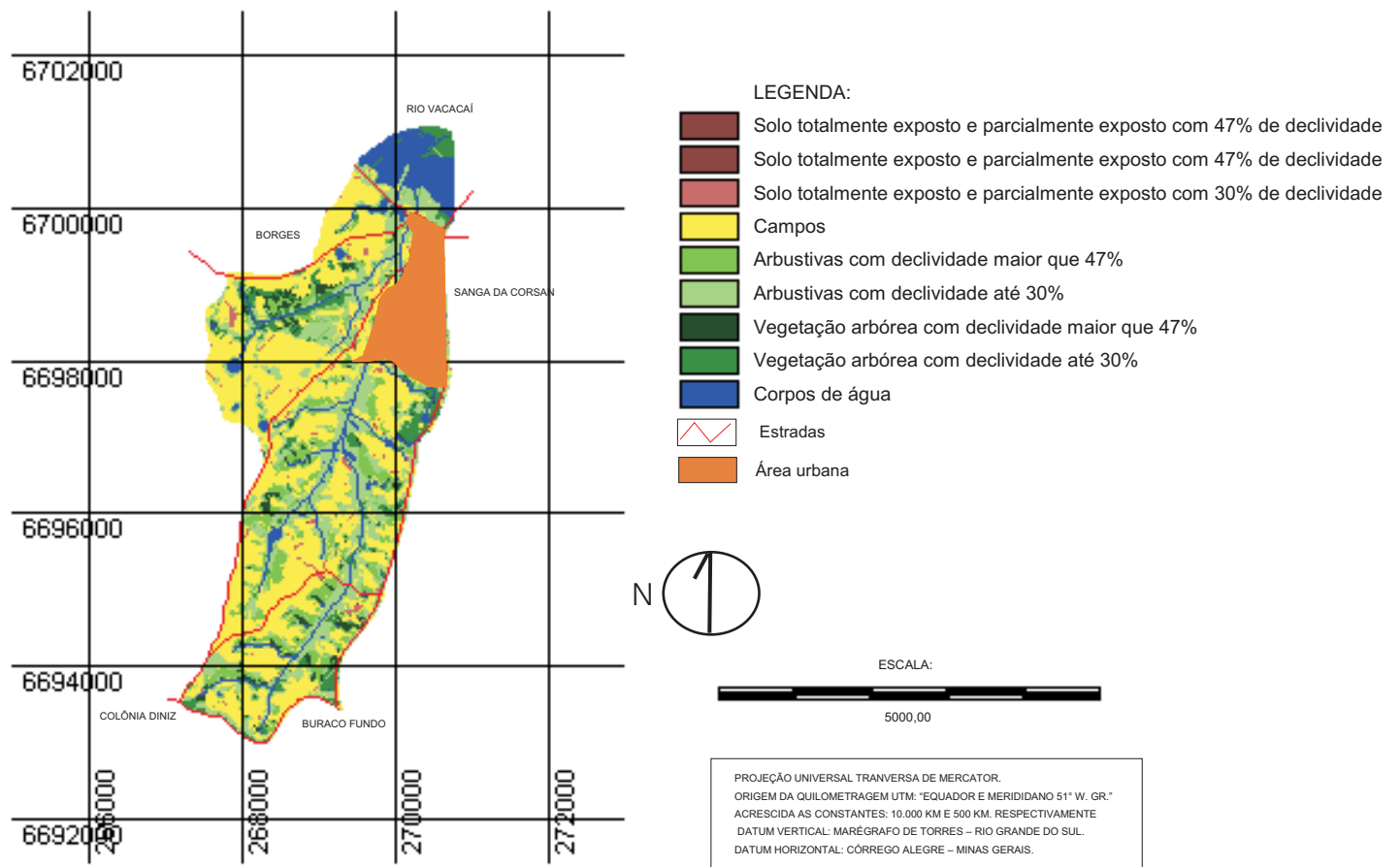


TABELA 4 – Área do cruzamento entre Vegetação e Clinográfico.

<b>Legenda</b>	<b>Área em há</b>	<b>%</b>
SOLO TOTAL E PARCIALMENTE EXPOSTO COM < 47% DE DECLIVIDADE	1,85	0,11
SOLO TOTAL E PARCIALMENTE EXPOSTO ATÉ 30% DE DECLIVIDADE	25,20	1,56
CAMPOS	701,33	43,43
VEGETAÇÕES ARBUSTIVAS < 47% DE DECLIVIDADE	154,20	9,55
VEGETAÇÕES ARBUSTIVAS ATÉ 30% DE DECLIVIDADE	477,32	29,56
VEGETAÇÕES ARBÓREAS < 47% DE DECLIVIDADE	39,84	2,46
VEGETAÇÕES ARBÓREAS ATÉ 30% DE DECLIVIDADE	115,47	7,15
CORPOS DE ÁGUA	99,38	6,15
Total	1.614,63	100

FONTE: Glênio Antônio da Luz (2005)

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A vegetação da Microbacia Hidrográfica da Sanga da Restinga não possui apenas importância paisagística, mas também de preservação e controle do ambiente, pois é uma área transformada pela ação antrópica, ou seja, considerada como um sistema que está totalmente inter-relacionado com as atitudes do homem sobre o meio ambiente.

A relação homem-natureza não é uma relação simples. Há uma complexidade de fatores que resultam desta ação podendo ser tanto fatos negativos quanto positivos mas, de um modo geral, qualquer modificação feita sobre um ambiente natural terá um efeito que repercutirá em toda a sua extensão.

Quase todo o ambiente global está modificado pelo homem de maneira direta sobre a superfície, na maioria dos casos, ou indireta através da poluição da atmosfera e das águas. Assim o sistema ambiental está todo interligado com os demais e, de uma forma ou de outra, ele sofrerá com as mudanças sempre buscando adaptar-se para as novas condições estabelecidas.

Conforme pode ser observado, esta Microbacia Hidrográfica é resultado de um sistema modificado pela ação antrópica onde um modo geral, a natureza está sempre em busca de uma estabilidade para adaptar-se às novas condições estabelecidas.

O NDVI (Índice Diferenciado Normalizado de Vegetação) foi utilizado para identificar o tipo de vegetação presente na Microbacia Hidrográfica o que possibilitou a observação das áreas com vegetação de acordo com a sua exuberância.

A vegetação nas áreas de preservação permanente, tanto em relação à declividade quanto em relação as margens dos cursos de água, são importantes não apenas para reter a erosão mas, também, como controladora da vazão da água.

Em relação à vazão da Microbacia Hidrográfica, o primeiro fator de controle através da vegetação ocorre antes da água da chuva chegar até o solo, ficando retida parcialmente em folhas, galhos e troncos, e antes de chegar ao coeficiente de absorção da vegetação é diferenciado dependendo tipo de vegetação, sendo maior nas vegetações de maiores portes. A infiltração da água é facilitada pelas raízes das plantas de grande porte.

Conforme o observado na pesquisa, as vegetações arbóreas consistem na classe mais importante para o controle da vazão; em segundo as vegetações arbustivas e após os campos e as áreas de solo exposto ou solo parcialmente exposto, prejudicial para o ecossistema.

Mesmo que as áreas de matas apresentem grande importância para o controle da vazão são aquelas que não ocupam a maior porcentagem de área dentro da Microbacia Hidrográfica. Deve ser levado em consideração que nas áreas de preservação permanente se tem um predomínio da classe de vegetações arbustivas, e que é um fator positivo presente dentro da área de estudo.

O ideal seria que as vegetações arbóreas predominassem nas áreas de preservação permanente, em declives acentuados, e as vegetações arbustivas tivessem total predomínio ao longo dos cursos de água, quadro este que não foi encontrado na Microbacia Hidrográfica da Sanga da Restinga, embora tenha sido encontrado áreas de cobertura vegetal que atendam parcialmente essa exigência. As vegetações arbustivas possuem porte baixo e denso que dificulta os processos de erosão nas margens dos cursos de água; já as vegetações arbóreas possuem porte alto, com a queda poderá levar consigo uma grande porção de solo aumentando o processo de erosão nas margens dos cursos de água.

É importante ressaltar que em áreas de preservação permanente, ao longo das margens dos cursos de água, não se deve fazer a substituição de áreas de vegetações arbustivas por vegetações arbóreas

ou qualquer outra classe, pelo fato das vegetações arbustivas consistirem em uma vegetação já adaptada para aquele ambiente, a substituição da vegetação arbustiva iria resultar em um intenso processo de erosão que duraria até a estabilização do sistema, isto quer dizer que havia algum tempo para se adaptar ao novo sistema e até atingir a estabilidade teria um processo erosivo que não recompensaria a modificação do sistema.

Em margens onde existem áreas de campos, solos expostos ou parcialmente expostos, onde somam um total de 43,26 hectares, ocupando 27,35% do total da área da Microbacia Hidrográfica, são sensíveis à degradação por erosão. No entanto, o indicado seria o plantio de árvores de pequeno porte adaptáveis a este tipo de ambiente, com o objetivo de intensificar a densidade de vegetação nestas áreas.

O outro fator de degradação visível na Microbacia Hidrográfica está na classe de solo total e parcialmente exposto com declividades maiores que 47%, ocupando um total de 1,85 hectares, representando 0,11 % do total da área. Apesar de ser uma área pequena torna-se importante devido à sensibilidade à erosão. É um dos itens que deve ser transformado para melhoria no sistema ambiental.

Como podem ser observadas no decorrer do trabalho, as classes de vegetações arbóreas e vegetações arbustivas no sistema da Microbacia Hidrográfica não são classes predominantes, pois a agricultura e a pecuária são as atividades mais importantes para a economia local, o que deverá ser levado em consideração. O que se propõe, mesmo com a exploração econômica é que se deve ter a preocupação com a manutenção do equilíbrio do ecossistema para que as próprias atividades econômicas não sejam prejudicadas pelo mau gerenciamento da área.

A atividade urbana é um outro fato presente nas margens da Microbacia Hidrográfica, localizada ao sul no setor jusante. É a área mais sensível a danos causados dentro da Microbacia Hidrográfica, por estar localizada nas áreas mais baixas é mais vulneráveis a alagamentos.



Não se pode barrar a ação humana sobre a superfície da Microbacia Hidrográfica, mas é possível buscar o estabelecimento de metas para o equilíbrio do ecossistema através da manutenção e gerenciamento da cobertura florestal. É uma área que cuja superfície está totalmente modificada pela ação antrópica.

## 7. BIBLIOGRAFIAS

Assad, Eduardo, Delgado & Sano, Edson. Eyji. **Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na agricultura**. 2ª ed. Brasília: Embrapa, 1998.

ASSIS, J. S. **O uso do sensoriamento remoto no planejamento de unidades**. In: I SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 2002, Aracajú. Anais...

BRAGA, R. A. P. Avaliação de impactos ambientais: uma abordagem sistêmica. In: TERRA LIVRE. GEOGRAFIA E QUESTÃO AMBIENTAL.3., 1988, São Paulo. **Anais...**São Paulo: São Paulo: 1988. P. 65-74

CABRAL, J. B. P. **Processamento digital de imagens do sensor TM do satélite Landsat 5 aplicado a identificação de alterações temporais do uso da terra em Santa Maria - RS**. Santa Maria, RS. 1996. 37f. Monografia (Especialização em Interpretação de Imagens Orbitais e Suborbitais)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1996.

CARNEIRO, C. M. R. **Curso básico de Sensoriamento Remoto**. IBDF/PNUD/FAO. Brasília, 1980.

**Características do satélite Landsat**. Disponível em < <http://www.Sensoressenslandsat.html> >. Acesso em 30 de abril de 2002.

CASTRO, A, G. D. **Técnicas de sensoriamento remoto e sistemas geográficos de informações no estudo integrado de bacias hidrográficas**. (Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto.) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1992.

CATELAN, D. **Análise temporal do uso da terra com imagens do satélite Landsat 7 sensor ETM +, no município de Santa Margarida do Sul-RS.** 2002. 117f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, Área de concentração: Sensoriamento Remoto)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

COGO, S. E. V. **Feições de textura para classificação de imagens.** RS. 1994. 97f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, 1994.

CROSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto.** Campinas IG/ UNICAMP,. 1992, 170p.

DAGIÓS, V. C. **Cadastro técnico rural associado a um sistema de informação territorial: caso da Microbaia do Arroio Itaquarinchim.** 2002. 116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, Área de Concentração: Sensoriamento Remoto)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

D'ALGE, J. C. L. 2000. **Atualização Cartográfica por Imagens de Satélite-** Considerações Teóricas e possibilidades de implementação. DPI-INPE, Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/julio/>> Acessado em setembro de 2003.

DE QUADROS, F. L. F. & PILLAR, V. P. Transições floresta-campo no Rio Grande do Sul. **Ciência e Ambiente**, v. 24, Janeiro/julho, p. 109-118, 2002.

DO AMARAL. S, E. & LEINZ. V, **Geologia Geral.** 3ª ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1974.

Elvidge. et all. DMSP-OLS estimation of tropical forest area impacted by surface fires in Roraima, Brazil: 1995 versus 1998. Colorado. **International Journal of Remote Sensing**. v. 22, n. 14, p. 2661 – 2673, 2001.

FIGUEREDO, O. A. T. **Geoprocementario aplicado a la planificación y análisis del uso de la tierra en el municipio de San Pedro de Ycuamandyú, Paraguai**. 2002. 103f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

FRANZONI, A. M. **Aplicação de Sensoriamento Remoto no Monitoramento de Áreas Sujeitas à Degradação Ambiental: o caso da Bacia Hidrográfica do Sangão – SC**. Florianópolis, SC. 1993. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1993.

GONTAN, J. E. N. **Mapeamento e caracterização de feições pseudo-cársticas em duas áreas do Rio Grande do Sul, através de técnicas de sensoriamento remoto e SIG**. Santa Maria, RS. 2002. 81f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Rural, Área de Concentração: Sensoriamento Remoto.) -Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Coordenação e Planejamento.. **Atlas sócioeconômico do Rio Grande do Sul**, 2ª ed. Porto Alegre:Agência Gaúcha de Fomento: Caixa Estadual, 2002.

KURTZ, F. C. **Zoneamento ambiental em banhados**. 2000. 137f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, Área de Concentração: Sensoriamento Remoto)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

Kuusik, A. Monitoring of vegetation parameters on large areas by the inversion of canopy reflectance model. Estonia – Tõravere. **International Journal of Remote Sensing**. v. 19, n. 15, p. 2893 – 2905, 1998.

INPE. **Tratamento de Imagens** Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario/imadig.htm>>. Acesso em: 3 de dezembro de 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

\_\_\_\_\_. **Censo Demográfico: Dados Distritais**. Rio de Janeiro: IBGE, 1982.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base de Informações Municipais - Malha Municipal Digital 1997**. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/temas.pht?nomenum=Restinga%20Seca&codmun>>. Acesso em: 22 de abril de 2003.

LADWIG, N. I. **Uma abordagem da geomorfologia fluvial na seção do Rio Vacacaí que compreende o Balneário Passo das Tunas – Restinga Seca – RS**. 1993. 47 f. Trabalho de graduação (Relatório apresentado á disciplina Trabalho de Graduação A). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1993.

**Landsat 7 science data users handbook.** Disponível em: <http://ftpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook>. Acesso em: 04 nov. 2004.

LAPOLLI, É. M. **Processamento de Imagens Digitais: Uma Abordagem Utilizando Conjuntos Difusos.** Florianópolis, 1994. Tese. UFSC.

LOCH, C. **A interpretação de imagens aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais.** 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Editora da UFSC, 1989.

Lucas, R. M. et al. Forest regeneration on abandoned clearances in central Amazonia. Aberystwyth. **International Journal of Remote Sensing.** v. 23, n. 5, p. 965 – 988, 2001.

MATHER, Paul. M. **Computer Processing of Remotely-Sensed Images.** England: John Wiley & Sons, 1996.

MADRUGA, P. R. de A. & PEREIRA, R. S. **Sistemas de informações geográficas aplicadas à área florestal – uma proposta metodológica.** Tópicos Especial apresentado ao curso de pós-graduação em Engenharia Florestal. UFOPR, 1991. 145p.

MENDONÇA, S. M. L; BROWN, I. F. Interpretação de imagens de satélite e fotografias aéreas para mapeamento e monitoramento do uso da terra em duas comunidades do Rio Capim-Pará-gramineas-Pará-Brasil. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. II., 1993, Curitiba. **Anais...**Curitiba: 1993 p.188-191.

MOREIRA, M. P. **O uso do Sensoriamento Remoto para avaliar a dinâmica de sucessão secundária na Amazônia Central.** Manaus, AM. 2003. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais da Universidade

Federal do Amazonas), Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2003.

MOREIRA, Maurício. A. **Fundamentos de sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2ª ed. Viçosa: UFV, 2003.

NASA. **Landsat 7 – Science Data Users Handbook**. Disponível em: <<http://itpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook>. >. Acesso em: 04 de novembro de 2004.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e aplicações**. 2ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2002.

OHARA, T.; MATTOS, J. T.; RUEDA, J. R. J. Estudos de Zoneamento Geoambiental com Imagens TM/ Landsat na Região do Alto Paraíba do Sul. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Salvador, 1996. **Anais**...Salvador: INPE, 1996. CD.

OLIVEIRA, L. C. **Evolução histórica, política e administrativa do município de Restinga Sêca**, janeiro de 1983.

PEREIRA FILHO, W. **Influência dos diferentes tipos de uso da terra em bacias hidrográficas sobre sistemas aquáticos da margem esquerda do reservatório de Tucuruí-Pará**. 2000. 138f. Tese (Doutorado em Geografia Humana) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

PEREIRA, M. N.; KURKDJIAN, M. L. N. & SAMPAIO, B. O. Mapeamento do Uso da Terra do Município de São José dos Campos por Sensoriamento Remoto, como Subsídio para a Elaboração de seu P. D. D. I. In: ENCONTRO NACIONAL DE SENSORIAMENTO REMOTO

APLICADO AO PLANEJAMENTO MUNICIPAL, 1987, São Paulo. **Anais...**  
Campos do Jordão: INPE, 1987. P. 001-019.

PINTO, S. A. F. **Sensoriamento Remoto e Integração de Dados Aplicados no estudo da Erosão dos Solos: Contribuição Metodológica.** 1991. 134p. Tese (Doutorado em Geografia Física) - INPE São José dos Campos, 1991.

PINTO, Nelson. L. de Sousa, et all. **Hidrologia básica.** São Paulo: Edgard Blücher, 1976.

Purevdorj, T et all. Relationships between percent vegetation cover and vegetation indices. Morioka shi Japão. **International Journal of Remote Sensing.** v. 19, n. 15, p. 2893 – 2905, 1998.

RAMBO, B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul: ensaios de monografia natural.** 3ª. Ed. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 1994.

RICHARDS. John, A. **Remote Sensing Digital Images Analysis: An introduction.** 3ªed, Springer – Verlang, New York, 1995.

ROCHA, J. S. M. **Manual de projetos ambientais.** Santa Maria-RS: Imprensa Universitária da UFSM, 1997.

\_\_\_\_. **Cartilha Ambiental.** Santa Maria: Pallotti, 2001.

RODRIGUES, R. M. et al. Utilização do Sistema de Informações Geográficas (SGI) no Mapeamento do Uso do Solo – Lagoa da Conceição, Florianópolis/SC: In: XV CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 3., 1990, São Paulo. **Anais...**São Paulo: Universidade de São Paulo, 1990. P.617-618.



ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Uberlândia: Ed. UFU, 1990.

RAFFAELLI, Jair. A.. **Geoprocessamento aplicado na análise do espaço geográfico do Município de Santa Margarida do Sul – RS**. 2002. 121f. dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Sensoriamento Remoto)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

ROCHA, J. S. M. **Manual de projetos ambientais**. Santa Maria: imprensa Universitária, 1997.

SABINS, F. F. **Remote Sensing: principles and interpretation**. 3. Ed New York: W. H. Freeman and Company, 1997. 494p.

SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, III., 1998, Curitiba-PR. **Anais...**Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais da Paraná (FUPEF), 1998. 160p.

SOUZA, B. S. Y. P. **Análise ambiental e cartográfica do uso efetivo e preferencial da terra em fevereiro de 1992, através do Sensoriamento Remoto**. 174 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto, Área de Concentração: Geografia Física), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

Small, C. Estimation of urban vegetation abundance by spectral mixture analysis. Paralisedes. **International Journal of Remote Sensing**. v. 22, n. 7, p. 1305 – 1334, 2001.

Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas aplicados à engenharia florestal In: FUNDAÇÃO DE PESQUISAS DO PARANÁ, III., 1998, Curitiba. **Anais...**Curitiba: FUPEF, 1998.

TAKASHIBA, E. H. **Desenvolvimento e aplicabilidade de um sistema de representação espacial georreferenciado para o inventário florestal contínuo do Rio Grande do Sul.** 2000. 69f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, Área de Concentração: Sensoriamento Remoto)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

TUCCI, Carlos. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: Ed da Universidade: ABRH: EDUSP, 1993.

VEDOVELLO, R. & MATTOS, J. T. de. Verificação de Parâmetros e Propriedades Morfoambientais, em Imagens de Satélite, para Estudos do Planejamento de Áreas Litorâneas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1990, Manaus. **Anais...** Manaus: INPE, 1990. p.24-29.

ZULLO, Jurandir. Jr. Pré-processamento das imagens de satélite. **Caderno de informações Georreferenciadas-CIG**, Campinas, São Paulo, v. 1,nº 1, artigo 7, 1996. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/revista/cigv1n1a7.html>> . Acesso em: 3 de dezembro de 2003.

WARD, Andy. D. & ELLIOT, William. J. **Environmental Hidrology.** Boca Raton: Lewis Publishers, 1995.

Wigneron, J. P. Et all. Retrieving near-surface soil moisture from microwave radiometric. France. **Remote Sensing of Environment.** v.85,

p. 489 – 506, 2003. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/rse](http://www.elsevier.com/locate/rse)>. Acesso em: 09 jun. 2004.