

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU – FURB  
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

DISSERTAÇÃO

**A CRISE DE ÁGUA E SUA POSSÍVEL RELAÇÃO COM OS PARCOS  
REMANESCENTES FLORESTAIS NA REGIÃO OESTE DO ESTADO DE SANTA  
CATARINA**

AMANDA DOUBRAWA

BLUMENAU

2007

AMANDA DOUBRAWA

**A CRISE DE ÁGUA E SUA POSSÍVEL RELAÇÃO COM OS PARCOS  
REMANESCENTES FLORESTAIS NA REGIÃO OESTE DO ESTADO DE SANTA  
CATARINA**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre ao Curso de Pós-Graduação de Engenharia Ambiental, Centro de Ciências Tecnológicas, da Universidade Regional de Blumenau – FURB.

Orientadora: Dra. Lúcia Sevegnani  
Co-orientador: Dr. Júlio César Refosco

BLUMENAU

2007

**A CRISE DE ÁGUA E SUA POSSÍVEL  
RELAÇÃO COM OS PARCOS  
REMANESCENTES FLORESTAIS NA  
REGIÃO OESTE DO ESTADO DE SANTA  
CATARINA**

por

**AMANDA DOUBRAWA**

Dissertação aprovada como requisito para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental na Universidade Regional de Blumenau – FURB.



---


*Prof. Dra. Lúcia Sevegnani*  
Orientadora



---

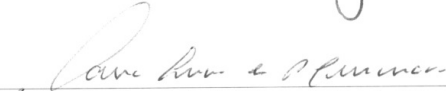
*Prof. Dr. Adilson Pinheiro*  
Coordenador

**Banca examinadora:**



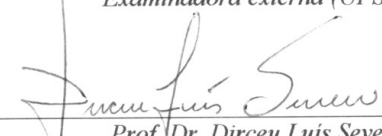
---

*Prof. Dra. Lúcia Sevegnani*  
Presidente



---

*Prof. Dra. Maria Lúcia de Paula Herrmann*  
Examinadora externa (UFSC)



---

*Prof. Dr. Dirceu Luis Severo*  
Examinador interno

Blumenau, 18 de dezembro de 2007

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais por todo apoio, companheirismo e amor recebido durante toda minha vida. Em especial a minha mãe, pela incansável ajuda nos momentos mais delicados desta etapa de minha vida.

Ao Morilo Estevan do Nascimento, companheiro de todos os momentos, pela compreensão, carinho, confiança e por me fazer acreditar nos momentos mais complicados desta jornada que tudo daria certo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela bolsa de estudos concedida, essencial para a realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da FURB pela orientação nesta jornada acadêmica.

À professora orientadora Dra. Lúcia Sevegnani, pela amizade, dedicação e paciência em me ajudar nesta pesquisa, proporcionando excelentes momentos de aprendizagem, sempre acreditando no meu potencial.

Ao professor Dr. Adilson Pinheiro, pela amizade, grande ajuda e paciência em ensinar sobre dados hidrológicos e estatísticos.

Ao professor Dr. Júlio César Refosco, pela amizade, enorme paciência e ajuda, me oportunizando um aprendizado valioso com o Geoprocessamento.

A Secretaria Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina, em especial ao Diretor Capitão PM Marcio Luiz Alves e ao Sub-Tenente BM Edemilson Irineu Correa, pelos dados cedidos, que possibilitaram a realização deste trabalho.

Ao Dr. Donald A. Wilhite, diretor do National Drought Mitigation Center – Nebraska (Lincon – USA), pelos artigos enviados, importantes para esta pesquisa.

A todos os professores e funcionários da FURB que de alguma maneira colaboraram para que esta pesquisa pudesse ser realizada.

Aos meus colegas de turma do mestrado, por possibilitarem trocas de experiências e conhecimentos, sempre crescendo juntos, no decorrer deste curso.

*"Quando a última árvore tiver caído,  
Quando o último rio tiver secado,  
Quando o último peixe for pescado,  
Vocês vão entender que dinheiro não se come"*

*Provérbio Indígena*

## RESUMO

A Região Oeste do Estado de Santa Catarina está inserida na Bacia do Paraná-Uruguai, possuindo clima classificado como Cfa, ou seja mesotérmico úmido com verões quentes, com diferentes tipos de solos sendo o mais comum o Cambissolo. A cobertura florestal original pertence à Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Decidual e manchas de Estepe Ombrófila ou Campos Naturais. Recentemente a área passou por grave problema de falta de água que afetou econômica e ecologicamente a região. A maior parte dos municípios dessa região vem decretando nos últimos anos estado de emergência devido à estiagem. Neste trabalho foi considerado estiagem quando o início da temporada de chuvas atrasa por um prazo superior a 15 dias e as médias de precipitação pluviométrica mensais dos meses mais chuvosos alcança limites inferiores a 60% das médias mensais de longo período, na região considerada. Seca é uma estiagem prolongada onde existe uma redução das reservas hídricas existentes. Este trabalho teve como objetivo geral estabelecer a possível relação existente entre o parco percentual de cobertura florestal remanescente e a crise da água na região oeste do Estado de Santa Catarina. A pesquisa utilizou dados indicativos referentes ao período de 2003 e 2006 e uma amostra de 121 municípios da região oeste catarinense. Foi utilizada a ferramenta de geoprocessamento para modificações e criação de mapas de solo, uso do solo e cobertura florestal, chuvas acumuladas (dados de 26 estações pluviométricas da CPRM), município de ocorrência e notificação de estiagem. Foram analisados os formulários de avaliação de danos junto ao Departamento Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina. Foram criados diagramas climáticos e uma tabela com dados pluviométricos de 6 estações da EPAGRI para o período de 2003 a 2006. Através deste trabalho observou-se que o setor econômico mais afetado pela estiagem no oeste foi o agropecuário, que vem acumulando nos últimos anos grandes prejuízos. Constatou-se através dos mapas de chuvas acumuladas, diagramas e tabelas que a estiagem provocada no período amostrado não esteve ligada totalmente à falta de precipitação na região. Possivelmente este fenômeno tenha relação com o tipo de uso do solo predominante na região, a agricultura e campos, uma vez que a falta de cobertura florestal faz com que boa parte da água da chuva escoe não permanecendo retida no ecossistema.

Palavras-chave: Cobertura Florestal; Estiagem; Oeste de Santa Catarina; Seca.

## ABSTRACT

The Western of Santa Catarina State is inserted in the Paraná-Uruguay Basin, having a climate classified as Cfa, with different types of soil, the most common being Cambissolo. The original forest coverage is composed of Mixed Ombrophile Forest, Seasonal Deciduous Forest and areas of Ombrophile Steppe or Natural Fields. This area is currently affected by a serious problem of lack of water, which affects the region economically and ecologically. In recent years most of the municipalities in this region have decreed a state of emergency owing to the dryness. The latter is considered to occur when the start of the rainy season is delayed for more than 15 days and the averages of monthly pluviometric precipitation during the rainiest months reaches limits below 60% of the monthly averages of the long period, in the region considered. Drought is a prolonged dryness where there is a reduction in existing hydric resources. The general aim of this study is to establish the possible relationship between the scanty area of forest coverage remaining and the water crisis in the western region of Santa Catarina State. The research used indicative data referring to the period 2003 through 2006 and one sample with 121 municipalities in the Western Region of Santa Catarina. The geoprocessing tool was used to modify and create soil maps, soil use and forest coverage, accumulated rain (data from the 26 pluviometric stations of the CPRM), municipally of occurrence and notification of dryness. Forms assessing the damage were collected from the State Department of Civil Defense of Santa Catarina. Climatic diagrams were created as was a table with pluviometric data from 6 stations of the EPAGRI for the period 2003 thru 2006. This showed that the economic sector most affected by the dryness in the west was farming and cattle raising, which has suffered large losses in recent years. It was perceived by means of the maps of accumulated rain, graphs and tables that the dryness caused in the period sampled was not linked to the lack of rain in the region. This phenomenon may be related to the type of use of soil which is predominant in the region, agriculture and the fields, as the lack of forest coverage means that a large part of the rainwater flows off, not being retained in the ecosystem.

Key words: Dryness; Drought; Forest Coverage; West of Santa Catarina.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1: Mapa de Santa Catarina com destaque para as microrregiões do oeste catarinense.....73
- Figura 2: Situação atual da cobertura florestal remanescente no Estado de Santa Catarina, com destaque para a região oeste catarinense, segundo dados da Fundação SOS Mata Atlântica (2006).....80
- Figura 3: Bacias Hidrográficas de Santa Catarina, com destaque para a Bacia do Uruguai e suas sub-bacias, segundo dados de Santa Catarina (1997).....81
- Figura 4: Uso do solo e cobertura florestal no oeste de Santa Catarina adaptado de Fundação SOS Mata Atlântica.....100
- Figura 5: Solos observados na área de estudo, oeste de Santa Catarina, adaptado de Epagri (1999).....101
- Figura 6: Municípios sob decreto de estado de emergência por estiagem em Santa Catarina no ano de 2004. Fonte: Secretaria de Defesa Civil de Santa Catarina.....103
- Figura 7: Municípios sob decreto de estado de emergência por estiagem em Santa Catarina no ano de 2005. Fonte: Secretaria de Defesa Civil de Santa Catarina.....104
- Figura 8: Municípios sob decreto de estado de emergência por estiagem em Santa Catarina no ano de 2006. Fonte: Secretaria de Defesa Civil de Santa Catarina.....105
- Figura 9: Municípios do oeste do Estado de Santa Catarina e período (meses) em que ocorreu o fenômeno de falta de água devido à estiagem em 2004 e 2005 e a data da documentação dos municípios (AVADAN) comunicando este fato à defesa civil, oeste do estado de Santa Catarina: 1) município e mês em que ocorreu a estiagem no ano de 2004; 2) município e mês em que foi documentada a estiagem em 2004; 3) município e mês em que ocorreu a estiagem em 2005; 4) município e mês em que foi documentada a estiagem em 2005.....106
- Figura 10: Atividades mais afetadas no ano de 2004 pela falta de água, no oeste do estado de Santa Catarina, baseado nos dados constantes nos Avadans.....107



Figura 11: Atividades mais afetadas no ano de 2005 pela falta de água, no oeste do estado de Santa Catarina baseado nos Avadans.....	108
Figura 12: Atividades econômicas mais afetadas pela estiagem em 2004 baseado nos dados dos Avadans.....	111
Figura 13: Atividades econômicas mais afetadas pela estiagem em 2005 baseadas nos dados dos Avadans.....	112
Figura 14: Índice de precipitação média mensal resultante da razão entre a precipitação média mensal do ano de 2003 e a precipitação média mensal histórica, região oeste de Santa Catarina.....	113
Figura 15: Mapas referentes a chuvas acumuladas durante o ano de 2004 na região oeste de Santa Catarina baseada em dados de 26 estações meteorológicas.....	114
Figura 16: Mapas referentes a chuvas acumuladas durante o ano de 2005 na região oeste de Santa Catarina baseada em dados de 26 estações meteorológicas.....	115
Figura 17: Diagramas climáticos segundo metodologia de Walter (1986), para o município Ponte Serrada, nos anos de 2003 e 2004, elaborados a partir dos dados das estações meteorológicas da EPAGRI.....	121
Figura 18: Diagramas climáticos segundo metodologia de Walter (1986), para o município Ponte Serrada, nos anos de 2005 e 2006, elaborados a partir dos dados das estações meteorológicas da EPAGRI.....	122
Figura 19: Diagramas climáticos segundo metodologia de Walter (1986), para o município Videira nos anos de 2003 e 2004, elaborados a partir dos dados das estações meteorológicas da EPAGRI.....	123
Figura 20: Diagramas climáticos segundo metodologia de Walter (1986), para o município Videira nos anos de 2005 e 2006, elaborados a partir dos dados das estações meteorológicas da EPAGRI.....	124
Figura 21: Diagramas climáticos segundo metodologia de Walter (1986), para o município Itapiranga nos anos de 2003 e 2004, elaborados a partir dos dados das estações meteorológicas da EPAGRI.....	125

Figura 22: Diagramas climáticos segundo metodologia de Walter (1986), para o município Itapiranga nos anos de 2005 e 2006, elaborados a partir dos dados das estações meteorológicas da EPAGRI.....126

Figura 23: Diagramas climáticos segundo metodologia de Walter (1986), para o município São Miguel do Oeste nos anos de 2003 e 2004, elaborados a partir dos dados das estações meteorológicas da EPAGRI.....127

Figura 24: Diagramas climáticos segundo metodologia de Walter (1986), para o município São Miguel do Oeste nos anos de 2005 e 2006, elaborados a partir dos dados das estações meteorológicas da EPAGRI.....128

Figura 25: Diagramas climáticos segundo metodologia de Walter (1986), para o município Chapecó nos anos de 2003 e 2004, elaborados a partir dos dados das estações meteorológicas da EPAGRI.....129

Figura 26: Diagramas climáticos segundo metodologia de Walter (1986), para o município Chapecó nos anos de 2005 e 2006, elaborados a partir dos dados das estações meteorológicas da EPAGRI.....130

Figura 27: Diagramas climáticos segundo metodologia de Walter (1986), para o município Itá nos anos de 2003 e 2004, elaborados a partir dos dados das estações meteorológicas da EPAGRI.....131

Figura 28: Diagramas climáticos segundo metodologia de Walter (1986), para o município Itá nos anos de 2005 e 2006, elaborados a partir dos dados das estações meteorológicas da EPAGRI.....132

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Freqüência e intensidade de ocorrência do Fenômeno La Nina.....	48
Tabela 2: Caracterização dos fatores climáticos condicionantes do clima da região oeste catarinense, a partir de série de dados históricos, adaptado de Santa Catarina (1997).....	84
Tabela 3: Características e localização das estações pluviométricas da CPRM no oeste do Estado de Santa Catarina, segundo dados adaptados de ANA (2006).....	87
Tabela 4: Características e localização das estações da Epagri no oeste do Estado de Santa Catarina, segundo dados adaptados de EPAGRI (2007).....	89
Tabela 5: Fontes de dados cartográficos, tabulares e texto.....	92
Tabela 6: médias pluviométricas mensais em seis estações da Epagri no período de 2003 a 2006.....	117
Tabela 7 – Precipitação total média anual (mm) histórica e anual total (mm) para as estações meteorológicas da Epagri no Oeste de Santa Catarina.....	119
Tabela 8: Demanda de água por atividade econômica na região oeste de Santa Catarina, segundo dados adaptados de SANTA CATARINA (1997).....	148

## LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas  
AVADAN – Formulário de Avaliação de Danos  
Cfa – Clima mesotérmico úmido com verões quentes  
CEDEC – Coordenadorias Estaduais de Defesa Civil  
CIASC – Centro de Informática e Automação do Estado de Santa Catarina  
CONDEC – Conselho Nacional de Defesa Civil  
CORDEC – Coordenadorias Regionais de Defesa Civil  
CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos  
CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais  
EPAGRI – Empresa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina SA  
FATMA – Fundação do Meio Ambiente  
HIDROWEB – Sistema de Informações Hidrográficas  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IGAD – Autoridade Internacional de Desenvolvimento  
INAG – Instituto da Água de Lisboa  
INSTITUTO CEPA – Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina  
IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas  
MMA – Ministério do Meio Ambiente  
NCN – Núcleo de condensação de nuvens  
NDMC – Centro Nacional de Mitigação da Seca dos Estados Unidos  
NOPRED – Formulário de Notificação Preliminar de Desastres  
ONU – Organização das Nações Unidas  
SIG – Sistema de Informações Geográficas  
SINDEC – Sistema Nacional de Defesa Civil  
SIEDC – Sistema Estadual de Defesa Civil  
SOS MATA ATLÂNTICA – Fundação SOS Mata Atlântica  
UNIC – Centro de Informações das Nações Unidas no Brasil  
VOCS – Compostos Orgânicos Voláteis

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>18</b>
2.1 SECA.....	18
2.2 DEFESA CIVIL E DECRETAÇÃO DE ESTADO DE EMERGÊNCIA POR ESTIAGEM.....	34
2.3 CONDICIONANTES HISTÓRICAS DA COLONIZAÇÃO DO OESTE CATARINENSE QUE PODEM ESTAR RELACIONADAS COM A CRISE DE ÁGUA ATUAL.....	37
2.4 O FENÔMENO CLIMÁTICO LA NIÑA.....	44
2.5 DISPONIBILIDADE E USOS DA ÁGUA.....	50
2.6 COBERTURA FLORESTAL E ÁGUA NO SISTEMA.....	56
2.7 COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS (VOCS).....	61
<b>3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>72</b>
3.1 DIVISÃO POLÍTICA E ASPECTOS ECONÔMICOS.....	72
3.2 RELEVO, SOLO E GEOLOGIA PREDOMINANTES.....	77
3.3 VEGETAÇÃO.....	78
3.4 HIDROLOGIA.....	81
3.5 CLIMA.....	83
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>85</b>
4.1 METODOLOGIA DA COLETA DE DADOS.....	85
4.1.1 Dados pluviométricos.....	86
4.1.1.1 Estações pluviométricas da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM).....	86

4.1.1.2 Estações pluviométricas e climáticas da Empresa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A (EPAGRI).....	89
4.1.2 Coleta de dados do Formulário de Avaliação de Danos (AVADAN).....	90
4.1.3 Geoprocessamento.....	91
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>99</b>
5.1 DECRETOS DE ESTADO DE EMERGENCIA POR ESTIAGEM.....	102
5.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS DA ÁREA DE ESTUDO.....	112
5.2.1 Dados obtidos através da CPRM.....	112
5.2.2 Dados obtidos através da EPAGRI.....	116
5.2.3 Diagramas Climáticos.....	119
<b>6 DISCUSSÃO.....</b>	<b>134</b>
<b>7 CONCLUSÕES.....</b>	<b>152</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>154</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>165</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Estado de Santa Catarina está localizado na região Sul do Brasil e segundo IBGE (2006) possui área territorial de 95.346,181 km<sup>2</sup> e cerca de 5.866.568 habitantes. A área em estudo neste projeto compreende a região oeste deste Estado.

Através da análise do balanço hídrico de Thornthwaite baseado em séries climáticas históricas oriundas de estações meteorológicas, apresentado no Atlas de Santa Catarina (GAPLAN, 1986) constata-se que nos municípios do oeste do estado as precipitações se apresentavam abundantes e freqüentes ao longo de todo o ano, com excedentes hídricos, podendo-se afirmar que a estacionalidade somente estava relacionada com a temperatura, quente no verão e fria no inverno, o que também pode ser evidenciado pelo tipo climático mesotérmico úmido com verões quentes (Cfa) (SANTA CATARINA, 2002).

A região oeste de Santa Catarina passa por grave crise de falta de água, sendo decretado em diversos municípios estado de emergência devido à estiagem. Segundo Castro (1996) existe estiagem quando o início da temporada chuvosa atrasa por um prazo superior a 15 dias e as médias de precipitações pluviométricas mensais dos meses mais chuvosos, alcançam limites inferiores a 60% das médias mensais de longo período da região considerada. Ainda de acordo com o autor, a estiagem prolongada que reduz as reservas hídricas existentes é denominada seca.

As secas em geral são classificadas como meteorológicas, agrícolas, hidrológicas ou sócio-econômicas, todas originadas a partir da deficiência de precipitação que resulta na falta de água para alguma atividade ou algum grupo (WILHITE, 2003).

A falta de água pode estar relacionada com a falta de chuvas ou baixa intensidade (MARENGO, 2007), sua má distribuição ao longo do ano (CAMPOS et al., 2006), pelo aumento de consumo para agricultura, pecuária, agroindústria e abastecimento público urbano e rural (JORNAL A NOTÍCIA, 2006f), bem como, estar associada a condições de degradação dos solos como a retirada das florestas e degradação dos solos.

Lückman e Alves (2006) baseados no levantamento efetuado pelo Centro de Estudos de Safras e Mercados – Epagri/Cepa da Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural de Santa Catarina, demonstram perdas consideráveis na safra 2005/2006 além de faltar água para a dessedentação dos animais e para a agroindústria. A seca atingiu também as cidades, causando problemas no abastecimento de água, levando ao racionamento severo. Devido à gravidade da situação foi também promovida chuva artificial através de um sistema de nucleação de nuvens, com auxílio de um avião, como uma medida paliativa à situação em que o oeste catarinense se encontrava (EPAGRI/CIRAM, 2005).

O processo de colonização da região oeste de Santa Catarina foi precedido por um intenso ciclo da madeira, durante o qual a cobertura florestal existente foi reduzida drasticamente, restando em 1970 apenas 2% desta (BAVARESCO, 2005).

Prado (1996) afirma que a vegetação natural é um importante indicador da disponibilidade hídrica no solo. Lino e Dias (2003) reconhecem que existe uma relação de interdependência entre a floresta e a água, e que a degradação ou escassez de um perturba profundamente a existência e a qualidade da outra, porém para eles as bases científicas e a dimensão desta relação não são amplamente conhecidas e avaliadas. Havendo necessidade de mais estudos que aprofundem o assunto.

Diante da falta de cobertura florestal, da agricultura extensiva e da preocupante crise de água pela qual passa o oeste de Santa Catarina decidiu-se investigar qual a relação entre os parques percentuais de remanescentes florestais naqueles municípios e a escassez da água.



Infelizmente muito se fala em relação às necessárias obras para conter a seca e das medidas financeiras compensatórias - soluções paliativas, e pouco se faz relativo a soluções definitivas, como por exemplo, a recuperação da cobertura florestal tão importante para minimizar o problema no longo prazo.

Diante do problema aqui colocado, determinaram-se como objetivos desta pesquisa:

- 1) Estabelecer possível relação entre os parques percentuais de cobertura florestal e seu padrão de distribuição, com a escassez de água sofrida pelos municípios do oeste de Santa Catarina;
- 2) Levantar principais caracterizar físicas, biológicas e socioeconômicas da região oeste do estado de Santa Catarina que podem estar relacionadas com a crise da água;
- 3) Analisar os instrumentos (AVADANS) utilizados pelo Departamento Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina para basear decretos de emergência por estiagem;
- 4) Avaliar a existência de indicativos de estiagem em 2004 e 2005 no oeste de Santa Catarina e a intensidade do fenômeno na região;
- 5) Propor medidas de longo prazo minimizadoras do efeito das estiagens.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 SECA

Os meios de comunicação de Santa Catarina denominam a crise da falta de água como seca. Para entender este fenômeno cabe buscar os diferentes conceitos existentes, pois o mesmo não é unânime entre os estudiosos (CUADRAT e PITA, 2004; BARRA et al., 2002). Segundo Cuadrat e Pita (2004) a seca pode ser definida como um déficit hídrico não usual, intenso e prolongado que gera impactos adversos sobre a população existente na região de ocorrência, alterando o normal desenvolvimento na vida das pessoas.

Barra et al. (2002) afirmam que a seca é um fenômeno associado à deficiência hídrica, podendo ser avaliado em termos de sua duração, intensidade e variação espacial. Para esses autores, a seca é um fenômeno climático que ocorre numa região quando a precipitação, em determinado período de tempo, apresenta valores muito abaixo do normal climatológico.

Para Suassuna (2006) a seca é consequência da redução natural na quantidade de precipitação recebida por uma região por um período prolongado de tempo, geralmente uma estação ou mais, embora outros fatores climáticos como altas temperaturas, fortes ventos e baixa umidade relativa do ar, freqüentemente estejam associados a esse evento em muitas regiões do mundo e podem agravar a intensidade desse. Destaca ainda que, a seca também está relacionada com a época e a efetividade das chuvas.

De acordo com INAG (2006) as secas são ocorrências de escassez de água, que se caracterizam por ter uma duração relativamente longa, por abranger áreas extensas e por ter repercussões negativas significativas nas atividades humanas e nos ecossistemas. São

situações excepcionais em que as disponibilidades hídricas são insuficientes para satisfazer as necessidades de água de determinada região.

A seca resulta da deficiência da precipitação normal, ou esperada, que quando se estende para uma estação ou longo período de tempo é insuficiente para atender a demanda das atividades humanas (WILHITE, 2003).

Segundo McNab e Karl (1991 apud Barra et al., 2002) a dificuldade de definir seca deve-se à necessidade de especificar os componentes do ciclo hidrológico afetados pela deficiência hídrica e o período de tempo a ela associado.

Byun e Wilhite (1999) afirmam que a quantificação de intensidade e duração de uma seca continua a ser um problema. Estudos atuais sobre o fenômeno geralmente definem a seca de maneira meteorológica como períodos secos que tem: 1- consecutivos dias sem precipitação; 2-dias consecutivos com pouca precipitação; 3- pouca precipitação durante específico período de tempo.

Em síntese efetuada por Byun e Wilhite (1999) constata-se a divergência entre opiniões quanto aos períodos sem chuva e sua intensidade para provocar seca. Segundo eles, no entendimento de alguns especialistas nas áreas de climatologia e meteorologia a definição de “pouca precipitação” está associada com a precipitação diária menor que 2 mm, mas outros afirmam ser menor que 5 mm; a definição para “sem precipitação” está ligada à precipitação diária ser menor que um elemento traço, outros especialistas afirmam ser menor que 2 mm devido ao pequeno impacto dessa precipitação no ecossistema; na delimitação de “dias consecutivos”, alguns usam como o período maior que 15 dias, outros maior que 25 dias e para a caracterização de “pouca precipitação durante específico período de tempo” alguns usam períodos mensais, outros sazonais entre outros tipos de períodos (BYUN e WILHITE, 1999).

Embora as secas sejam normalmente classificadas como meteorológicas, agrícolas, hidrológicas ou sócio-econômicas, todas são originadas da deficiência de precipitação que resulta na falta de água para alguma atividade ou algum grupo de seres vivos (WILHITE, 2003). De acordo com Suassuna (2006) o qual este se baseia em Wilhite e Glantz (1985) a) a seca meteorológica é expressa apenas com base no grau de secura e na duração do período seco, portanto definições de seca meteorológica devem ser consideradas como específicas de uma região, em virtude de que, as condições que conduzem à falta de precipitações variam consideravelmente de região para região; b) a seca hidrológica está mais relacionada com os efeitos de períodos de escassez de precipitação sobre as águas superficiais ou subterrâneas que com a redução da precipitação e em geral defasadas ou acontecem após a ocorrência de secas meteorológicas e agrícolas; c) a seca agrícola está associada a disponibilidade de água no solo para suportar a colheita e o crescimento das plantas; e d) a seca sócio-econômica associa a oferta e demanda de um bem econômico com elementos da seca meteorológica, hidrológica e agrícola

Wilhite e Glantz (1985 apud SUASSUNA, 2006) alertam também que a água em sistemas de armazenamento hídrico é muitas vezes usada para objetivos múltiplos e concorrentes, o que agrava ainda mais a seqüência e a quantificação dos impactos. Ainda segundo eles, como as regiões estão interconectadas por sistemas hidrológicos, uma seca à montante pode produzir graves impactos à jusante, à medida que as reservas de água superficial e subterrânea são afetadas, mesmo que as áreas à jusante não estejam sujeitas à seca meteorológica, por conseguinte mudanças à montante no uso do solo podem alterar o escoamento e as taxas de infiltração no solo, o que pode afetar a frequência e a gravidade das secas nas áreas abaixo.

A seca sócio-econômica está associada diretamente com a oferta para alguma *comodite* e, em geral, é resultado da baixa precipitação (WILHITE, 2003). Segundo Wilhite e

Glantz (1985 apud Suassuna, 2006), os processos de tempo e espaço referentes à oferta e demanda devem ser considerados em uma definição objetiva da seca, por exemplo, a oferta de um bem econômico pode variar dependendo clima. Na maioria dos casos de seca a demanda cresce como resultado do aumento da população e/ou consumo *per capita*, diante disso a seca deveria ser definida como um evento que ocorre quando a demanda supera a oferta, como produto de uma deficiência da oferta em função do clima. O conceito de seca sócio-econômica reforça a forte ‘simbiose’ que existe entre a seca e as atividades humanas, enfatizando, a importância do manejo sustentável dos recursos naturais (SUASSUNA, 2006).

Heim Junior (2002) ressalta que a seca meteorológica pode se desenvolver rapidamente e acabar abruptamente enquanto que a hidrológica necessita de um período prolongado de déficit de precipitação pluvial, entretanto persistindo por mais tempo que a meteorológica. Ainda segundo ele, a seca agrícola está relacionada à baixa disponibilidade de umidade no solo, a qual torna o suprimento de água às culturas insuficiente para repor as perdas por evapotranspiração, especialmente nas fases críticas do desenvolvimento/crescimento das plantas, tais como o crescimento vertiginoso no tamanho e a reprodução. O início de uma seca agrícola pode se distanciar do da seca meteorológica, pois depende quase exclusivamente da umidade das camadas superficiais (World Meteorological Organization, 1975 apud BLAIN e BRUNINI, 2005).

A agricultura normalmente é o primeiro setor afetado com a seca, porque a quantidade de água armazenada no solo é rapidamente perdida, especialmente nos períodos em que a deficiência é associada com altas temperaturas e condições de ventos. A seca agrícola é ligada a várias características da seca meteorológica, para os impactos agrícolas ocorrerem é necessário que haja precipitação baixa, diferenças entre atual e potencial de evapotranspiração e deficiência hídrica no solo. A demanda de água para plantas é dependente das condições do

tempo, características biológicas da espécie, estágio em que se encontra e propriedades físicas e biológicas do solo (WILHITE, 2003).

Segundo Wilhite e Buchanan-Smith (2005) para se prever o começo e o final de uma seca podem ser monitorados rotineiramente diversos indicadores naturais. Indicadores de seca são variáveis que descrevem a magnitude, duração, severidade e extensão espacial do fenômeno. Embora a seca se origine de uma deficiência de precipitação, indicador normalmente utilizado, este é insuficientemente confiável para se saber quais serão seus reais impactos e severidade. Os autores destacam que é preciso associar aos dados de precipitação a outros indicadores como tempestades, níveis de água no solo, reservas ou faltas de água no solo. Wilhite e Buchanan-Smith (2005) ainda complementam que indicadores físicos e índices climáticos devem ser combinados também com indicadores socioeconômicos para que se possam prevenir os possíveis impactos aos humanos.

Entre os indicadores econômicos devem estar incluídos dados como o preço dos grãos e transações comerciais entre grãos básicos e criação de gado, como indicadores fortes de muitas comunidades rurais. Estratégias montadas com antecedência para o combate à seca ajudam a diminuir os impactos e prejuízos desta, e muitas vezes reverter a situação (WILHITE e BUSCHANAN-SMITH, 2005). Ainda segundo os autores, reunindo-se todos os tipos de indicadores, pode-se resumir a um único, com escala quantitativa, conhecido como índice de seca.

Byun e Wilhite (1999) afirmam que existem diversos índices para medir a seca. Para Wilhite e Buchanan-Smith (2005) os índices mais utilizados são de ordem meteorológica e hidrológica. Os autores destacam que os índices de ordem meteorológica estão associados com variações climáticas como precipitação, temperatura e evapotranspiração. Os que envolvem a precipitação são os mais frequentemente usados, pois podem mensurar diretamente o fornecimento de água no sistema, podendo influenciar nos indicadores

hidrológicos e isto pode refletir nos impactos da seca sobre diferentes períodos de tempo e setores.

Segundo Wilhite e Buschanan-Smith (2005), indicadores hidrológicos estão relacionados com a variabilidade de água no sistema, com umidade do solo, geleiras, vazões dos rios, reservatórios de armazenamento de água.

De acordo com Byun e Wilhite (1999) entre os índices de seca meteorológicos destacam-se: *Palmer Drought Severity Index* (Palmer, 1965; PSDI) obtido através de cálculos ligados a precipitação, evapotranspiração, temperatura, umidade do solo e escoamento de água; *Rainfall Anomaly Index* (Rooy, 1965; RAI) obtido através da precipitação, *Crop – Specific Drought Index* (Meyer et al., 1993; CSDI) obtido através da evapotranspiração, *Reclamation Drought Index* (Weghorst, 1996; RDI) obtido através de cálculos ligados a precipitação, temperatura, vazão, quantidade de neve e armazenamento do reservatório. Steinemann et al. (2005) destaca os índices hidrológicos: *Surface Water Supply Index* (Shafer e Dezman, 1982; SWSI) que foi desenvolvido para focar algumas limitações do Índice de Palmer incorporando informações de abastecimento de água; e *Palmer Hydrological Drought Index* (Karl, 1986; PHDI) que foi designado para refletir sobre um longo período de impactos hidrológicos.

Para quantificar a estiagem e a seca dentro da área de estudo da presente pesquisa utilizou-se de um outro índice, determinado por Castro (1996) contido no Manual de Desastres Naturais da Defesa Civil Nacional.

Castro (1996) caracteriza a seca do ponto de vista meteorológico como uma estiagem prolongada, caracterizada por provocar redução das reservas hídricas existentes. Sendo que este autor considera que as estiagens resultam da redução das precipitações pluviométricas, do atraso dos períodos chuvosos ou de sua ausência, previsto para determinada temporada em dada região. Ainda segundo ele, existe estiagem quando o início da temporada chuvosa em

sua plenitude atrasa por prazo superior a quinze dias e as médias de precipitação pluviométricas mensais dos meses chuvosos alcançam limites inferiores a 60% das médias mensais de longo período, na região considerada. Este conceito é o adotado no presente trabalho.

Quando comparadas com as secas, as estiagens caracterizam-se por serem menos intensas e por ocorrer durante períodos de tempo menores, embora produzam reflexos importantes sobre o *agrobusiness* (CASTRO, 1996). Segundo esse autor, a redução das reservas hídricas de superfície e de sub-superfície depende de fatores relacionados com a dinâmica global das condições atmosféricas que comandam as variáveis climatológicas relativas aos índices de precipitação pluviométrica; de fatores ambientais locais relacionados com o segmento abiótico do meio físico, especialmente geologia, geomorfologia, pedologia e suas influências e interações recíprocas sobre os índices de infiltração da água e de alimentação do lençol freático; de fatores ambientais locais relacionados com o segmento biótico do meio ambiente, especialmente com a cobertura vegetal.

Smakhtin (2001) afirma que há uma relação forte entre seca e baixa vazão, onde a seca é um fenômeno geral e pode ser caracterizada por mais fatores do que apenas pela baixa vazão dos corpos d'água. Ainda segundo ele, as secas incluem períodos de vazão baixa, mas um evento sazonal contínuo de vazão baixa não necessariamente se constitui em seca.

Segundo Cuadrat e Pita (2004) o conceito de seca não pode ser considerado como sinônimo de aridez. Estes autores explicam que a aridez é um estado habitual deficitário do balanço hídrico, próprio de determinados topos de climas, enquanto a seca, pelo contrário, corresponde déficit hídrico articulado e anômalo que pode se originar em qualquer tipo de clima, incluindo locais onde o índice de precipitação é elevado. Para Cuadrat e Pita (2004) é justamente este caráter ocasional e irregular que dá a seca a sua capacidade para gerar prejuízos e que supõe a ruptura nas condições naturais habituais nas quais ocorre o



desenvolvimento das sociedades humanas. A seca difere da aridez porque ela é temporária enquanto a aridez é uma característica permanente do clima das regiões com baixa precipitação (WILHITE, 1993, SHETTY et al., 2002).

Durante o período de seca, ocorre uma ruptura do metabolismo hidrológico com intensificação das atividades catabólicas ou de consumo e redução das atividades anabólicas ou de acumulação (CASTRO, 1996). Ainda segundo esse autor, para que se configure o desastre da seca, é necessário que o fenômeno adverso, caracterizado pela ruptura do metabolismo hidrológico, atue sobre os sistemas ecológicos, econômicos, sociais e culturais, vulneráveis à redução das precipitações pluviométricas.

A seca difere dos outros desastres naturais de muitas maneiras. Primeiro, a seca tem um início lento, seu efeito vai acumulando aos poucos por um período considerável de tempo e pode persistir por anos depois de terminado o evento. O início e o final da seca são de difícil determinação devido à ausência de precisão e universalização da definição de seca, e por não se saber quanto tempo pode durar (WILHITE, 2003).

Os impactos da seca não são estruturais, ou seja, não aparecem sempre da mesma maneira, e sua extensão é relativa aos prejuízos provocados na área (WILHITE, 2003). Ainda segundo este autor, muitas pessoas consideram a seca como um evento natural e físico de grande proporção, pois cada evento de seca tem suas características climáticas, impactos e extensão espacial única, bem como a área afetada pela seca é raramente estática durante o curso do evento (WILHITE, 2003).

Os impactos da seca são diversos e têm haver com a economia e podem ser de primeira, segunda ou terceira ordem. Sendo que os impactos de primeira ordem estão relacionados com a perda no rendimento pela seca e as conseqüências deste impacto sobre o rendimento são os impactos de segunda e terceira ordem (WILHITE, 2003). Ainda segundo este autor, devido ao número de grupos e setores associados afetados pela seca, a

extensão espacial e as dificuldades conectadas com a quantificação dos prejuízos causados ao meio ambiente e a privação pessoal, a precisão na determinação dos custos financeiros da seca fica prejudicada.

Segundo o Centro Nacional de Mitigação da Seca dos Estados Unidos - NDMC (2006) quando a seca começa, a primeira atividade a ser atingida é a agricultura devido a sua forte dependência sobre água armazenada no solo. Ainda segundo a NDMC, esta anomalia é caracterizada por afetar atividades econômicas, grupos sociais e ecossistemas. Portanto, segundo este órgão, a seca é um fenômeno que não pode ser visto como estritamente físico ou como um evento natural, seus impactos na sociedade resultam da relação entre os eventos naturais (déficit pluviométrico) e a demanda social existente.

Ainda referente aos impactos da seca, esses podem ser divididos em três categorias: econômica, social e ambiental. Os econômicos incluem as perdas agrícolas e nos setores diretamente relacionados, incluindo silvicultura e piscicultura, perdas recreativas, de transportes, bancos e setores energéticos. Impactos ambientais estão ligados a prejuízos para espécies animais e plantas, vida selvagem, qualidade do ar e água, degradação das florestas e paisagens e erosão do solo. Este tipo de perda é de difícil quantificação, mas a população deve ser alertada para pressionar o poder público a ter mais atenção nesses casos. E por último os impactos sociais envolvem segurança pública, saúde, conflitos entre usuários de água e de problemas na distribuição desta, além de programas de ajuda durante as catástrofes (WILHITE, 2003).

Os impactos da seca são comumente classificados como diretos ou indiretos. Entre os impactos diretos tem-se como exemplo: redução da safra e da produção florestal, aumento de incêndios, redução do nível de água, aumento da mortalidade de animais, prejuízos na vida selvagem e habitat aquático e as conseqüências destes impactos se caracterizam como impactos indiretos. A redução da safra e da produtividade florestal pode resultar na redução

da renda dos fazendeiros e do agronegócios, aumentando o preço dos alimentos e da madeira, reduzindo as receitas governamentais, aumentando o crime e provocando exclusão social, além de ocasionar dívidas dos fazendeiros e agronegócios junto aos bancos, migração de populações humanas e necessidade de programas de ajuda às vítimas da catástrofe (WILHITE, SUOBODA e HAYES, 2007).

A vulnerabilidade à seca é influenciada por muitos fatores, incluindo crescimento populacional, tendência de uso da água, mudanças nas políticas governamentais, formas de uso da terra e outras práticas na administração dos recursos naturais, processo de desertificação, bem como o crescimento da consciência ambiental (WILHITE, 2002).

A complexidade dos impactos da seca é potencializada pela dependência que muitos setores econômicos têm em relação à água para produzir mais e fornecer serviços. Atualmente existe crescimento da vulnerabilidade às secas porque provoca aumento da pressão sobre a água e outros recursos naturais. Normalmente se diz que a seca é o desastre natural mais complexo e o que mais afeta as pessoas. Poucos estudos têm se esforçado na tentativa de identificar a complexidade dos impactos locais, regionais ou em escala nacional e documentar a tendência em regiões ou setores que virtualmente não vão existir mais com a carência de água (WILHITE et al., 2007).

A vulnerabilidade à seca vem crescendo significativamente (WILHITE, 1993). Competições por água e outros recursos naturais tem crescido por causa da pressão exercida a partir do aumento da população. Ainda segundo este autor, a seca induzida e baixa quantidade de água disponível será o mais importante problema do futuro e os impactos da seca crescem a cada dia, tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento, indicando que a causa, em geral, está relacionada com desenvolvimento não sustentável em que se vive (WILHITE, 2003). As mudanças climáticas associadas ao efeito estufa podem resultar no aumento da frequência e severidade de secas no futuro em muitas regiões do planeta (IPCC, 2007).

Segundo o Centro de Pesquisa em Epidemiologia de Desastres (1991 apud Suassuna, 2006) nas últimas três décadas tem aumentado o número de desastres naturais notificados, entre os quais podemos citar a seca, que passou de 62 casos nos anos 60 para 237 anos 80. A seca é um dos desastres naturais mais pouco notificados porque as fontes da maioria dessas estatísticas são organizações internacionais de assistência ou organizações doadoras. A menos que os países afetados pela seca solicitem ajuda da comunidade internacional ou de governos doadores, as secas não são notificadas. Assim, secas graves como as ocorridas na Austrália, Uruguai, Brasil, Canadá, Espanha, Itália e Estados Unidos em anos recentes não estão incluídas nesta estatística.

Secas recentes em países desenvolvidos e em desenvolvimento e impactos concomitantes ou individuais tem resultado no crescimento do placar de vulnerabilidade de todas as sociedades para com os desastres naturais. Estatísticas compiladas pela Década de Redução de Desastres Naturais Internacional (IDNDR, 1995 apud WILHITE et al., 2007) indicam que a seca contabiliza 22% dos prejuízos, 33% no número de pessoas afetadas e 3% do número de mortes atribuídas aos desastres naturais.

Como exemplo de secas ocorridas em nível internacional pode-se citar as secas no início dos anos 1980 na África, ao sul do Saara que afetou cerca de 40 milhões de pessoas (OFFICE OF FOREIGN DISASTER ASSISTANCE, 1990 apud SUASSUNA, 2006). A seca nos Estados Unidos, em 1988, teve como resultados impactos negativos estimados em aproximadamente US\$ 40 bilhões, tornando esta seca, de um ano de duração, no desastre mais oneroso na história da América (RIEDSAME et al., 1990 apud SUASSUNA, 2006). Falkenmark (1992 apud SUASSUNA, 2006) estimou que o número de pessoas que vivem em países com problemas de água, ou escassez crônica de água, aumentará de 300 milhões para mais de 3 bilhões no ano de 2025.

Davis (2002) trabalha em seu livro as grandes secas históricas que ocorreram na Ásia, África e América do Sul atingindo boa parte dos continentes e suas conseqüências desastrosas para a população, dizimando milhões de pessoas devido à falta de água e de alimentos, mostrando que o problema das secas não é atual. Comenta sobre a grande seca de 1876 a 1879 quando ocorreu a primeira grande crise de subsistência global, seguida das secas de 1896 a 1902 onde morreram cerca de 30 milhões de pessoas na Índia, China, Coréia, Brasil, Rússia, Etiópia e Sudão. Davis atribui a seca aos fenômenos El Niños fortes, afetando monções no final do século dezenove e início do século vinte, agravadas pelas decisões políticas e vieses econômicos. Segundo esse autor esses episódios de seca, fome e doenças foram determinantes para o delineamento econômico-político-social do Terceiro Mundo.

Um evento de seca hoje pode talvez ter intensidade e duração similar a uma seca histórica, mais os impactos irão provavelmente ser diferentes devido as mudanças na característica da sociedade. Os impactos que ocorrem da seca são resultado da interpolação entre eventos naturais (deficiências na precipitação devido à variabilidade climática natural) e a demanda de água e outros recursos naturais para uso do sistema humano (WILHITE, et al., 2007).

Sociedades freqüentemente planejam o uso da água para a normal ou acima desta oferta existente, ignorando a variabilidade natural do clima e os desafios de adaptação para a significativa redução da oferta de água, especialmente quando essa redução estende-se por mais estações ou anos e os efeitos da seca agravam-se por um rápido e intenso crescimento da população, urbanização, degradação da terra ou outros fatores (WILHITE et al. 2007).

Segundo um relatório desenvolvido pelo IPCC durante o encontro sobre mudanças climáticas em Paris no ano de 2007, o clima tem alterado tanto em escala continental, regional ou em bacias oceânicas, provocando mudanças extremas no tempo, entre elas a intensificação do fenômeno das secas (IPCC, 2007). Ainda segundo este grupo de estudiosos as mais

intensas e longas secas têm sido observadas em grandes áreas desde 1970, particularmente nas regiões tropicais e subtropicais. Cresceram as secas ligadas às altas temperaturas e decresceu a precipitação que contribui para o evento seca. Mudanças na temperatura da superfície do mar, ventos e diminuição do gelo polar também estão relacionados às secas (IPCC, 2007). Previsões para 2100 projetam um cenário de diminuição na quantidade de precipitação na maioria das regiões subtropicais do planeta (IPCC, 2007).

Atualmente vem aumentando a atenção para políticas de prevenção de seca pelos países, instituições internacionais e regionais e instituições não governamentais. Políticas nacionais de seca devem estabelecer um guia de orientação de como administrar a seca e seus impactos, além de indicar como preparar ações de mitigação e prevenção. A resposta emergencial sempre vai fazer parte do plano de seca porque nunca esta é esperada pelos governos, e podem antecipar ou reduzir todo potencial de impactos por programas mitigatórios. No futuro a reação de emergência talvez seja usada com moderação e somente em casos onde a política da seca realmente necessitar (WILHITE, 2002). Um plano nacional contra a seca deve direcionar para o desenvolvimento da conscientização e entendimento do risco de seca e basear-se nas causas que trazem vulnerabilidade para a sociedade (WILHITE, 2002).

Em geral, a maioria dos países dá grande atenção para programas mitigatórios, onde se reconstrói o local da maneira como era anteriormente ao desastre. Poucos são preocupados com programas preventivos que possam reduzir os futuros impactos dos desastres ambientais (WILHITE, 2002). Ainda segundo este autor, a falta de informação e despreparo dos responsáveis em atuar quando essas catástrofes ocorrem, tem afetado profundamente as populações ao redor do mundo. Ele recomenda entretanto, que os planos de prevenção contra secas devem inclusive evitar deixar vulneráveis as gerações futuras (WILHITE, 2003).

Entre os países que estão desenvolvendo programas ligados a seca está Portugal com o Plano de Ação Nacional de Combate à Desertificação (CNC/PANCD), onde foram desenvolvidos planos de caracterização e monitoramento da seca em Portugal Continental nos anos de 2004 e 2005 pelo Instituto de Meteorologia (IM). Os estudos foram comandados por Pires e Silva (2005) que utilizaram índices de seca para o monitoramento do fenômeno na região.

No continente africano, o Intergovernmental Authority on Development – IGAD (2006), organização formada por 7 países (Djibouti, Eritreia, Etiópia, Kenia, Somália, Sudão e Uganda), vem estudando maneiras de minimizar os efeitos da fome e seca que ocorre na região que tem como atividade econômica predominante a agricultura. Esta organização vem recebendo fundos internacionais para o desenvolvimento de programas e pesquisas na área.

Programa contra a seca desenvolvido na Austrália, prevê que os órgãos responsáveis estabeleçam um nível base de normalidade das variações climáticas para a identificação do estado de seca (NDMC, 2006). Ainda de acordo com esta fonte, a declaração de um estado de seca considera o conhecimento dos agricultores de diferentes locais, sendo que nas áreas semi-áridas existe assistência contínua a esses ao longo dos anos. A Austrália desenvolve um programa de combate e prevenção a seca desde a década de 90. A política australiana enfoca no programa o setor agrícola, ajudando fazendeiros e defendendo o uso sustentável dos recursos naturais (WILHITE, 2003).

No ano de 2000, trinta estados americanos (EUA) já tinham planos contra a seca e 6 estavam em fase de implantação, esses programas de ações e mitigação que enfatizam principalmente reações emergenciais. Hayes et al. (2005) destaca que atualmente programas de monitoramento de seca nos Estados Unidos vem utilizando novas ferramentas, como tecnologia por satélite e sistemas de informações geográficas.

No Brasil existem trabalhos desta natureza, sendo que a maioria desses voltados para região nordeste do país, onde a seca é mais freqüente e conhecida. Atualmente, a região Sul do Brasil também vem sofrendo com o problema de estiagens e secas. As defesas civis dos três estados do Sul vêm recebendo diversos pedidos de decretação de estado de emergência por estiagem nos municípios. Os veículos de comunicação, tanto nacionais como regionais, começam a veicular notícias a respeito da falta de água, estiagem e secas e as conseqüências dessas sobre a economia da população atingida.

Em Santa Catarina, região onde está localizada a área de estudo do presente projeto, o Jornal - A Notícia em reportagem de Lückman e Alves (2006) afirma que o Estado passa atualmente por uma grande crise de falta de água, tendo sido emitido no mês de maio de 2006 decreto de Estado de Emergência por Estiagem Coletivo o que é inédito no País.

Gonçalves et al. (2004) afirmam que no Estado de Santa Catarina as estiagens - termo utilizado pela Secretaria Estadual de Defesa Civil, estão entre os fenômenos que causam catástrofes naturais com os maiores períodos de duração quando comparados com o tempo de duração de outros catástrofes naturais como enchentes, deslizamentos e enxurradas. Os autores enfatizam os prejuízos à economia do Estado, afetando econômica e socialmente a população catarinense.

De acordo com Lückman e Alves (2006) levantamento efetuado pela da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) em parceria com o Centro de Sócio - economia e Planejamento Agrícola de Santa Catarina (Cepa) demonstram que as perdas na safra 2005/2006 são de 30,5% no feijão, 26% no milho, 12,1% na soja, ao todo, os prejuízos somam 340 milhões de reais. Na ocasião, os produtores não conseguiram plantar a próxima safra, pois o solo estava seco demais e assim acarretando novos prejuízos. Ainda segundo eles muitos agricultores para poder pagar as dívidas anteriormente contraídas venderam seus equipamentos e até mesmo propriedades, desistindo da vida no campo,



encaminhando-se para as cidades. Situações como estas estão provocando êxodo rural, inchando ainda mais as cidades e aumentando os problemas socioeconômicos destas. A seca também atingiu as cidades, causando problemas no abastecimento de água. Algumas cidades enfrentaram racionamentos severos, recebendo água apenas durante algumas horas por dia, outras ficaram dias sem recebê-la. Prefeituras, principalmente do oeste do Estado, têm contratado caminhões-pipa para suprir as necessidades da população.

As Secretarias Regionais de Desenvolvimento, órgãos do estado que abrangem dezenas de municípios, afetadas pela situação de emergência em 2006 foram a de: Ituporanga, São Lourenço, Canoinhas, Maravilha, Caçador, São Miguel do Oeste, Mafra, Curitibanos, Ibirama, Dionísio Cerqueira, Concórdia, Joaçaba, Chapecó, Rio do Sul, Videira, Campos Novos, Palmitos, São Joaquim, Xanxerê e Lages (LÜCKMAN e ALVES, 2006), ou seja, abrangendo grande parte do Estado de Santa Catarina.

Gonçalves et al. (2004) observam que a seca no Estado de Santa Catarina já vem ocorrendo há alguns anos. Estes realizaram uma análise comparativa entre o fenômeno global La Niña e os períodos de estiagens registrados no Estado entre os anos de 1980 a 2003, observando que os anos de 1988, 1995 e 1999 corresponderam aos períodos de estiagem em anos com influência de La Niña. Concluíram também, que os municípios mais afetados estão em sua grande maioria localizados nas mesorregiões do oeste e planalto catarinense, onde boa parte destes apresenta seu território banhado pela rede hidrográfica da bacia do Rio Uruguai.

Gonçalves et al. (2004) afirmam que em 2004, o Estado de Santa Catarina chegou a apresentar 135 municípios em situação de emergência devido à estiagem, isto corresponde a aproximadamente 46% dos municípios do Estado. Ainda segundo os autores, em 2004, os meses de verão apresentaram poucas chuvas, sendo que em alguns municípios do extremo-oeste, planalto norte, alto vale e litoral sul de Santa Catarina, não choveu nem a metade da média climatológica histórica desses meses. Além da pouca chuva, nesse período as horas de

brilho solar (horas sem nuvens) são as maiores do ano e contribuem no aumento da evaporação, o que resulta em maiores perdas de umidade do solo e no rebaixamento do nível das águas dos lagos, lagoas e rios. Esta situação crítica resultou, em algumas regiões, na necessidade de racionamento de água para o uso doméstico, como para atividades agropecuárias, além de ocorrerem quedas bruscas na produção de milho, feijão e fumo (GONÇALVES et al., 2004).

## 2.2 DEFESA CIVIL E DECRETAÇÃO DE ESTADO DE EMERGÊNCIA POR ESTIAGEM

O Sistema Nacional de Defesa Civil - SINDEC está organizado da seguinte maneira: a Secretaria Nacional de Defesa Civil - SEDEC está inserida dentro do Ministério da Integração Nacional e é responsável pela articulação, coordenação e supervisão técnica do sistema, sendo considerada como o órgão central. Dentro desta podemos encontrar o Conselho Nacional de Defesa Civil – CONDEC responsável pela formulação e deliberação de políticas e diretrizes do sistema, este é considerado o órgão superior. Abaixo destes vêm os órgãos regionais, que são as Coordenadorias Regionais de Defesa Civil – CORDEC, localizadas nas cinco macrorregiões geográficas do Brasil e responsáveis pela articulação e coordenação do sistema regional. Em seguida encontram-se os órgãos estaduais, formados pelas Coordenadorias Estaduais de Defesa Civil – CEDEC que são responsáveis pela articulação e coordenação do sistema estadual. Finalmente, encontram-se os órgãos municipais, conhecidos como Coordenadorias Municipais de Defesa Civil – COMDEC responsável pela coordenação e articulação do sistema municipal (SECRETARIA DA DEFESA CIVIL NACIONAL, 2006).

No Estado de Santa Catarina, foi aprovada a Lei nº 10.925/98 que dispõe sobre a criação do Sistema Estadual de Defesa Civil – SIEDC que é constituído por órgãos e

entidades da administração pública estadual e dos municípios, por entidades privadas e pela comunidade, sob a coordenação do órgão central de defesa civil.

Atualmente, um dos desastres naturais bastante trabalhados pela Defesa Civil do Estado de Santa Catarina é a situação de emergência por estiagem, enfrentada principalmente na região oeste e planalto do Estado.

Brasil (2002) considera situação de emergência como o reconhecimento legal pelo poder público de situação anormal, provocada por desastres, causando danos superáveis (suportáveis) pela comunidade afetada. Para se caracterizar esta situação faz-se necessário analisar os fatores preponderantes e os fatores agravantes.

Os critérios preponderantes estão relacionados com a intensidade dos danos, estes podendo ser humanos, materiais ou ambientais. A ponderação dos prejuízos está relacionada com os aspectos econômicos e sociais. Os critérios agravantes estão relacionados com a ocorrência de desastres secundários, despreparo da administração local, grau de vulnerabilidade do cenário e da comunidade e padrão evolutivo do desastre (SECRETARIA DE DEFESA CIVIL NACIONAL, 2006).

Até 1999, os atos previstos pela legislação de declaração de estado de emergência pelo município, de homologação pelo estado e de reconhecimento pelo Governador Federal não estavam regulamentados. Foi com a aprovação pelo Conselho Nacional de Defesa Civil, do manual para decretação de situação de emergência ou de estado de calamidade pública que se estabeleceu uma sistemática, critérios e procedimentos para a decretação das duas possibilidades legais de execução em caso de desastre, a serem adotados por todos os órgãos de defesa civil, válido em todo território brasileiro (SECRETARIA DE DEFESA CIVIL NACIONAL, 2006).

A decretação significa o reconhecimento público da ocorrência de uma situação anormal, em uma área do município, que determinou a necessidade do Prefeito declarar

situação de emergência, para ter efeito na alteração dos processos de governo e da ordem jurídica, no território considerado, durante o menor prazo possível, para restabelecer a situação de normalidade (SECRETARIA DE DEFESA CIVIL NACIONAL, 2006).

Para que seja decretado estado de emergência são necessários os seguintes procedimentos:

1) Antes da decretação: o Prefeito Municipal deverá comunicar a ocorrência do evento ao Órgão Estadual de Defesa Civil e à Secretaria de Defesa Civil Nacional, através do formulário de Notificação Preliminar de Desastres – NOPRED;

2) Decreto de Declaração: esclarece a situação de emergência e deve ser encaminhado ao Órgão Estadual de Defesa Civil, acompanhado do formulário de Avaliação de Danos – AVADAN e vários outros documentos;

3) Solicitação de reconhecimento pelo Governo Federal: é feita mediante Ofício do Coordenador Estadual de Defesa Civil, acompanhado dos documentos entregues a este pelo município. Toda a documentação deve ser enviada a SINDEC, que fica responsável pelo julgamento do caso, reconhecendo ou não a situação de emergência. O fato deve ser publicado no Diário Oficial, tanto quando o processo estiver em instância estadual como federal.

De acordo com relatórios anuais da Defesa Civil Estadual nos últimos anos vem crescendo o número de municípios em Santa Catarina que decretaram estado de emergência por estiagem. No ano de 2003 foram 23 decretações, em 2004 (153), em 2005 (182) e em 2006 (194) englobando praticamente todos os municípios do oeste e planalto catarinense.

### 2.3 CONDICIONANTES HISTÓRICAS DA COLONIZAÇÃO DO OESTE CATARINENSE QUE PODEM ESTAR RELACIONADAS COM A CRISE DE ÁGUA ATUAL

A história de colonização da região oeste do estado de Santa Catarina fundamenta-se basicamente em disputas por território de fronteiras nacionais e internacionais (BAVARESCO, 2005).

Inicialmente, a disputa pelo território oeste catarinense ocorreu entre o Brasil e a Argentina, entre outros fatores devido à riqueza da erva-mate e araucárias abundantes na região. Segundo Bavaresco (2005) as terras pouco habitadas da região oeste eram um atrativo para os ervateiros, que vinham em busca de riqueza. O ciclo da erva-mate daria início a ocupação das matas do oeste catarinense, ainda que sem uma proposta razoável de colonização e fixação do homem naquelas terras.

Em 1859 foram criadas na região, pelo governo imperial, duas colônias militares como garantia de soberania do território e missão civilizadora daquele vasto “vazio demográfico”. Estas se chamavam Colônia Militar de Chapecó e do Chopim, que foram de fundamental importância para a garantia da soberania do território brasileiro e também para o processo de colonização (BAVARESCO, 2005). Bona (2004) afirma que Brasil e Argentina firmaram em 1889 um tratado de arbitramento aceitando submeter a questão à decisão do presidente dos Estados Unidos, Grover Stephen Cleveland. No final do século XIX, mais precisamente em 1895, Brasil e Argentina por intermédio do presidente dos Estados Unidos, resolveram a questão dos limites territoriais. A Questão de Palmas, como ficou conhecida pelos brasileiros, deu domínio das terras para o Brasil. Imediatamente o governo brasileiro enviou expedições com o objetivo de expulsar os nativos (índios) e iniciar o povoamento da região. Esta região ficou conhecida então como Campos de Palmas (BAVARESCO, 2005).

Ainda no final do século XIX e início do século XX iniciam-se as disputas internas por território no Sul do Brasil. Segundo Bavaresco (2005) as demarcações do território

catarinense causaram grandes transtornos com o estado vizinho, Paraná. Este alegava a descoberta e ocupação dos Campos de Palmas (região oeste do Estado) e para garantir a posse sobre o território, instalou uma estação fiscal no Chapecó objetivando controlar o trânsito de gado sulino que era destinado às feiras de São Paulo. Ambas as províncias passaram a arrolar razões que fundamentavam seus direitos sobre o que se passou a chamar de área contestada. Em 1901 o governo de Santa Catarina recorreu ao Supremo Tribunal Federal reivindicando seu domínio sobre a área contestada. O Supremo Tribunal deu ganho de causa a Santa Catarina em 1904 e depois novamente em 1910 aos catarinenses. As discussões se inflamaram a tal ponto que a população de cada um dos estados não estava disposta a ceder (SANTOS, 2004).

Em meio a esta disputa foi construída em 1908 a estrada de ferro São Paulo–Rio Grande que cortava a área contestada. Como pagamento da empresa construtora inglesa Lumber, o governo da república cedeu quinze quilômetros de terras para cada um dos lados do leito da estrada. A empresa podia explorar e colonizar essas terras. Esta então explorava a madeira nobre e depois vendia a terra para imigrantes. Problemas começaram a surgir quando famílias já habitantes da região eram retiradas pela empresa construtora por não possuírem documentos de posse das terras. Houve também demissões em massa durante o período da construção da estrada de ferro. Estes dois elementos foram fundamentais para desencadear um movimento armado destinado a obter os direitos que lhes eram negados. Este movimento, com a ajuda de monges, cresceu e cativou multidões de adeptos (SANTOS, 2004).

O movimento concentrou-se em Curitiba, quando então o governo catarinense solicitou aos chefes do movimento que se deslocassem para o outro lado do Rio do Peixe, estes então aceitaram prontamente. O governo paranaense interpretou a ocupação como uma invasão de catarinenses ao seu território, enviando tropas militares para expulsá-los, em 1912. Esta batalha deu início a Guerra do Contestado que só teve seu fim, quatro anos depois, em

1915, quando o então presidente da república, Wenceslau Braz, dividiu entre os dois estados a área contestada (48 mil quilômetros quadrados). Santa Catarina ficou com 28 mil quilômetros quadrados de terra e o Paraná com 20 mil quilômetros quadrados (SANTOS, 2004). Com o término da Guerra do Contestado começou efetivamente a colonização do oeste catarinense, por colonos gaúchos, de origem ítalo e teuto-brasileira, que saíram do noroeste do Rio Grande do Sul por dois motivos: a falta de novas áreas para colonizar e as transformações da economia fumageira em Santa Cruz nos anos 40 e 50 (GOULARTI FILHO, 2002). O governo de Santa Catarina imediatamente tratou de criar as condições necessárias para a incorporação e progresso desta região. Os municípios de Mafra, Porto União, Joaçaba e Chapecó foram criados em 1917. A instalação destas sedes municipais foi a base que passou a fundamentar a conquista do oeste catarinense (SANTOS, 1994; THOMÉ, 1995).

A colonização do oeste levou para a região o sistema da competição e de busca do lucro. A preocupação agora era explorar os recursos florestais e cultivar o solo agressivamente. As cheias do rio Uruguai foram celebrizadas como caminho para o envio de madeiras para a Argentina, em forma de balsas. A agricultura do milho associada à criação de suínos abriu perspectivas para o oeste se firmar na área fornecedora de alimentos. A estrada de ferro São Paulo–Rio Grande do Sul facilitava o alcance de mercados (SANTOS, 2004).

Desenvolveu-se no oeste barriga-verde uma colonização baseada no sistema colônia-venda e na pequena propriedade, que era voltada para a economia de subsistência e para a comercialização do excedente estimulando desde cedo a formação de um mercado interno que rapidamente se integrou à economia nacional por meio da ferrovia GOULARTI FILHO (2002).

De acordo com Bavaresco (2005) a região oeste catarinense teve quatro ciclos econômicos: o ciclo da pecuária, da erva-mate, da madeira e atualmente da agroindústria.

Sobre o ciclo da pecuária pode-se concluir que economicamente, não proporcionou um acúmulo capaz de gerar um desenvolvimento regular, pois a circulação de capital era praticamente insignificante. Este foi importante para colonização inicial da região (BAVARESCO, 2005).

O ciclo da erva-mate ocorreu com grande expressão no extremo oeste, onde se podia encontrar grande riqueza em madeiras nobres, bem como uma quantia significativa de erva-mate. Pelas condições favoráveis do clima e solo, havia grandes manchas de ervais. Em 1910 a erva-mate atingiu seu pico comercial, porém nos anos seguintes começou a lenta decadência do ciclo, e as pequenas indústrias em Campo Erê e Palma Sola que vieram a sucumbir (BAVARESCO, 2005).

O terceiro ciclo foi o da madeira, onde empresas colonizadoras exploravam a madeira nobre e depois vendiam as terras aos colonos. A indústria madeireira logo se destacou no oeste. Araucárias, louros, cedros eram as madeiras mais cobiçadas pela indústria e o mercado exportador. Sua abundância e grande oferta fizeram com que muitas madeiras se instalassem na região. Nesta época foram fundadas as colônias de Porto Feliz, Porto Novo e Linha Polonesa, atuais Mondaí e Itapiranga e Descanso respectivamente (BAVARESCO, 2005).

A atividade industrial madeireira, em pouco tempo, superou a pastoril e a extrativa da erva-mate, fazendo com que os povoados que emergiram ao longo dos trilhos e próximos às serrarias construídas pelos imigrantes registrassem grande riqueza econômica. A indústria madeireira modificando o panorama natural proporcionou aos empresários do ramo acumulação de capital, resultando na expansão e na diversificação industrial (THOMÉ, 1995).

Segundo Bona (2004) foi instalada na região a maior serraria do mundo na época, pertencente ao Sindicato Norte-Americano Farquhar, empresa que construiu a ferrovia São Paulo–Rio Grande. Esta se encarregou de devastar a mata, chegando a derrubar cerca de cinco



milhões de araucárias, canelas, imbuias e cedros por ano e a serrar, por dia, trezentos e trinta metros cúbicos de madeira para exportação. A falta de conhecimento sobre manejo florestal e tradição no ramo levou o colonizador-madeireiro à exploração generalizada da araucária e de outras madeiras nobres, como a imbuia e o cedro, sem que se preocupasse com a reposição. As técnicas silviculturais, hoje empregadas, não eram conhecidas, e pensava ele que as reservas deslumbrantes durariam centenas de anos (THOMÉ, 1995).

Bavaresco (2005) afirma que antes da colonização, a região do extremo oeste era coberta pela densa floresta estacional decidual e floresta ombrófila mista, intercalada por manchas de savana mais ao norte, abrangendo parte dos municípios de Dionísio Cerqueira e Palma Sola. Ambas as ocupações florestais caracterizam-se por madeiras de grande valor econômico com destaque para o pinheiro-brasileiro, grápia, imbuia, cedro, canafístula entre outras. Assim nos anos 1930, o extremo oeste tinha economia baseada em madeiras. Durante setenta anos, a região do Contestado foi cenário de um fenômeno econômico que ficará na História de Santa Catarina, como um dos mais importantes do século XX: a produção de madeira a partir da extração da araucária e, em menor escala, da imbuia. A floresta de araucária recebeu impacto da ação humana e foi arrasada de 1920 a 1990 para o sustento da economia regional e estadual (THOMÉ, 1995). A decadência deste ciclo foi ocasionada pelo término das florestas nativas no extremo oeste. A madeira nobre esgotou-se rapidamente. As madeiras exploraram intensamente as reservas florestais em face da inexistência de política governamental e do imediatismo da exploração. “O Estado perdeu parte importante da sua cobertura florestal nativa, sem que se repusessem, mesmo que com outras essências” (CUNHA, 1952 apud BAVARESCO, 2005). A mata nativa na região em poucos anos, foi reduzida a 2% na década de 1970, no fim do ciclo madeireiro. Por volta de 1978, a produção entrou em processo de gradativa diminuição, em linha descendente, alcançando a quase total extinção no final da década de 80 (THOMÉ, 1995).

A acumulação promovida pelas atividades madeireiras no oeste de Santa Catarina transbordou para outros setores e promoveu micro acumulações que se desdobravam nas atividades alimentares, com o surgimento de inúmeros moinhos e frigoríficos que absorviam a renda gerada pelas atividades agrárias, extrativistas e mercantis (GOULARTI FILHO, 2002).

As transformações ocorridas na industrialização brasileira na década de 50 impulsionaram o surgimento de agroindústrias no oeste catarinense, fruto das atividades ligadas à agricultura (BAVARESCO, 2005).

As pequenas propriedades forneciam suínos para as casas comerciais e abatedouros, num verdadeiro processo de subordinação. Neste momento a diferenciação social relacionada ao regime da pequena propriedade assumiu proporções maiores e aumentou a subordinação, agora da pequena propriedade ao grande capital. As casas comerciais deram origem aos grandes frigoríficos que hoje dominam a economia do oeste catarinense (GOULARTI FILHO, 2002).

Em 1962 começa um novo período em Santa Catarina, quando o capital industrial passa a ser o móvel da acumulação capitalista. A modernização da agricultura e a mutação do complexo agrocomercial (moinhos e frigoríficos) reforçam e consolidam o novo padrão de crescimento de Santa Catarina, comandado pelo estado e pelas grandes e médias indústrias e agroindústrias. No final dos anos 60 existiam várias cooperativas no oeste catarinense (GOULARTI FILHO, 2002).

Atualmente a região oeste de Santa Catarina passa por um período de enfraquecimento. Houve um deslocamento de capitais para outros centros do país, acarretando redução de empregos e impedindo a drenagem de capitais para outros setores produtivos da região. Esta sofre graves problemas ambientais, principalmente com os impactos causados pela suinocultura. No setor agrícola, o empobrecimento do solo tem como principal causa o sistema de rotação de terras extensivas, aplicada em áreas que não ultrapassam vinte e quatro

hectares, contribuindo para o êxodo rural e, conseqüentemente para o empobrecimento (BAVARESCO, 2005). A região oeste tem sido particularmente afetada pelo esgotamento dos recursos naturais água e solo, através do uso de tecnologias inadequadas e voltadas à monocultura em detrimento de sistemas diversificados, característicos da agricultura familiar desta região (TESTA et.al, 1996). Mello e Schmidt (2002) afirmam que atualmente a região oeste passa por uma crise de ordem econômica, social e ambiental.

Acredita-se que os principais problemas ambientais no oeste catarinense são as reduções da capacidade produtiva dos solos, especialmente para culturas anuais, e a baixa disponibilidade e qualidade da água. Entre as conseqüências da erosão dos solos estão a redução da capacidade de armazenamento de água no solo, já naturalmente baixa, com reflexos na produtividade e, por extensão, na renda dos agricultores. Além disso, ocorre um aumento na freqüência e intensidade das enchentes e secas, maior poluição dos mananciais e redução da disponibilidade de água de superfície (TESTA et al., 1996).

Praticamente já não há mais florestas nativas intactas no oeste catarinense. Estas foram removidas basicamente para a instalação das lavouras produtoras de grãos e construção civil, atualmente restam raras glebas com floresta nativa primária, estimada em menos de 5% da área. Em escala maior, ocorre a floresta nativa secundária, estimada em 15% da área (TESTA et al., 1996).

O desmatamento excessivo que ocorreu nas últimas décadas em Santa Catarina reduziu a cobertura florestal em níveis críticos, causando problemas econômicos por falta de matéria prima florestal, ecológicos e pela ausência de proteção proporcionada pela floresta e sociais pela rápida degradação dos recursos naturais e conseqüente empobrecimento do produtor, acelerando um processo de abandono da atividade agrícola (JORDAN et al., 1994).

O desmatamento da floresta com araucária na região do Contestado causou grandes prejuízos materiais não apenas para áreas devastadas, toda a vida que nelas havia: foi

provocado o assoreamento dos cursos d'águas, facilitada a erosão do solo e das margens dos rios, os terrenos em declividade ficaram desprotegidos, e prejudicou-se a fauna que utilizava as matas como alimento e abrigo (THOMÉ, 1995).

Em tempos passados a produção de suínos casada com a produção de milho demonstrava boas perspectivas para o agricultor do extremo oeste, mas atualmente essa atividade não é muito promissora. A redução do número de produtores e a concentração de empresas com o fechamento das pequenas unidades industriais, sem capital para acompanhar o processo de modernização, têm contribuído para o aumento do desemprego e para o êxodo rural (BAVARESCO, 2005). A região oestina detém atualmente o maior complexo agroindustrial de suínos e aves do Brasil (MIOR, 1992; SANTOS, 1998 apud THEIS e NODARI, 2000). Esta região é o principal produtor de alimentos do estado, respondendo por 57,85% da produção de alimentos de origem animal. Além disso, concentra as principais agroindústrias de carnes brasileiras: Sadia, Aurora, Ceval (Seara), Chapecó e Perdigão (KLAUC e SULZBACH, 1998).

A partir de meados dos anos 80 e início dos 90, boa parte dos agricultores do oeste que abandonaram as integrações em suinocultura, encontrou na atividade leiteira uma oportunidade alternativa de renda. A produção de leite pode ser considerada, hoje, a nova atividade “âncora” da maioria das propriedades familiares do oeste catarinense (MELLO; SCHMIDT, 2002).

#### 2.4 O FENÔMENO CLIMÁTICO LA NIÑA

O fenômeno climático La Niña, também conhecido como episódio frio do Oceano Pacífico, El Viejo ou ainda Anti-El Niño, é o resfriamento anômalo das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial Central e Oriental. De modo geral, pode-se dizer que La Niña é o

oposto do El Niño, pois as temperaturas habituais da água do mar à superfície nesta região, situam-se em torno de 25°C, ao passo que, durante o episódio La Niña, tais temperaturas diminuem para cerca de 23°C a 22°C. As águas mais frias estendem-se por uma estreita faixa, com largura de cerca de 10 graus de latitude ao longo do Equador, desde a costa peruana, até aproximadamente 180 graus de longitude no Pacífico Central (CPTEC-INPE, 2006a).

Em condições normais os ventos superficiais sobre o Equador sopram de leste para oeste, sendo denominados ventos alísios. Os alísios carregam a água quente superficial para oeste, determinando um aumento do nível do mar em torno de 60 cm, no Pacífico oeste e uma grande diferença de temperatura. Entre as águas do Pacífico leste e oeste na parte leste deste oceano, próximo a América do Sul, as águas são frias com temperaturas ao redor de 22° C na mesma latitude. O carregamento da água quente superficial para oeste faz com que, a leste, águas frias sejam trazidas à superfície (ressurgência). A termoclina (fronteira entre água quente superficial e água fria do fundo) apresenta inclinação para oeste, ou seja, aproxima-se da superfície a leste (costa da América do Sul) e é mais profunda a oeste (Indonésia). Na Indonésia o ar é mais quente e úmido, condições propícias para ascensão de ar na atmosfera, formação de nuvens e precipitação pluvial. Na faixa tropical o ar que sobe no Pacífico oeste tende a descer sobre as águas frias do oceano Pacífico leste (alta pressão atmosférica) definindo a Célula de Circulação Equatorial de Walker. Em consequência tem-se a ausência de nuvens e de precipitação pluvial na região (BERLATO e FONTANA, 2003).

Em condições de La Nina, há um fortalecimento das condições normais do oceano e da atmosfera na região tropical do Oceano Pacífico. A Célula de Circulação Equatorial de Walker se intensifica, os ventos alísios sopram com mais intensidade, causando aumento no carregamento de água quente para oeste e aumento da ressurgência das águas frias no Pacífico leste. A termoclina tende a acentuar sua inclinação e em condições e eventos muito fortes de La Niña pode ficar muito próxima da superfície no Pacífico leste por longo período de tempo.

As diferenças de temperatura entre leste e oeste tendem a se acentuar, o que causa a intensificação dos ventos alísios (BERLATO; FONTANA, 2003).

O verão austral é chuvoso na maior parte do Brasil e esta variabilidade interanual tem efeitos significativos muito importantes nas atividades econômicas, com a agricultura e geração de energia nas hidroelétricas. Recentes estudos em hidroelétricas no Brasil mostraram uma deficiência nas chuvas durante a estação chuvosa do verão. Safras em grandes áreas do país dependem das chuvas de verão. Consistentes experiências na América do Sul demonstram que grandes anomalias de precipitação podem estar associados ao evento de La Niña (GRIMM, 2004).

Segundo NOAA (2006) o El Niño e La Niña resultam da interação entre a superfície do oceano e a atmosfera no Pacífico tropical. As mudanças no oceano impactam os padrões da atmosfera e do clima em torno do globo. Por sua vez, as mudanças na atmosfera impactam as temperaturas e as correntes do oceano. O sistema oscila entre quente (El Niño) e neutro ou frio (La Niña).

A análise dos efeitos associados aos fenômenos El Niño e La Niña sobre as diversas atividades do homem e sobre a natureza tem sido freqüentemente tema de pesquisa. Sabe-se que a ocorrência deste fenômeno altera as condições climáticas de várias regiões do globo terrestre, entre elas o Sul do Brasil (FONTANA et al., 2002).

Os principais efeitos associados à La Niña se dão sobre a temperatura do ar e a precipitação pluvial. Em épocas deste fenômeno, devido às passagens rápidas das frentes frias sobre a região sul brasileira observa-se tendência de diminuição na precipitação pluvial nesta região, especialmente durante a primavera e início do verão. Os eventos de La Niña causam estiagens nesta região (BERLATO; FONTANA, 2003). Além da quantidade, verifica-se alteração também na distribuição da precipitação pluvial, sendo o número de dias de chuva inferior em anos de La Niña (FONTANA; ALMEIDA, 2000 apud FONTANA et al., 2002).

Quanto ao efeito sobre a temperatura do ar, Puchalski (2000 apud Fontana et al., 2002) mostrou que em anos de La Niña a temperatura média é inferior à normal em praticamente todos os meses do ano. Lopes e Berlato (2001 apud Fontana et al., 2002) constataram que o efeito sobre a temperatura média ocorre como consequência da diminuição da temperatura mínima em todos os meses do ano, mas com maior intensidade nos meses de outubro e novembro.

As alterações nas condições meteorológicas associadas a esse fenômeno influenciam diversos setores como a agricultura, a economia e a saúde (FONTANA et al., 2002; BERLATO; FONTANA, 2003).

De acordo com CPTEC-INPE (2006b) as avaliações das características de tempo e clima de eventos de La Niña ocorridos no passado demonstram que este fenômeno apresenta maior variabilidade do que os eventos de El Niño, que apresenta um padrão consistente. Os principais episódios do La Niña observados sobre o Brasil são: passagens rápidas de frentes frias sobre a região Sul, com tendência de diminuição das precipitações nos meses de setembro a fevereiro; temperaturas próximas da média climatológica ou ligeiramente abaixo da média sobre a região sudeste durante o inverno; a chegada das frentes frias até a região nordeste, principalmente no litoral da Bahia, Sergipe e Alagoas; tendência à chuvas abundantes no norte e leste da Amazônia; possibilidades de chuvas abundantes sobre a região semi-árida do nordeste do Brasil.

Os episódios de La Niña e El Niño ocorrem em média a cada 3 a 5 anos, entretanto nos registros históricos o intervalo entre eventos variou de 2 a 7 anos. Os fenômenos de La Niña têm ocorrido em menor quantidade que o El Niño durante as últimas décadas (NOAA, 2006).

O histórico sobre os eventos de La Niña mostra que o fenômeno já ocorre há muito tempo, com diferentes intensidades. Conforme pode ser observado na tabela abaixo:

Tabela 1: Frequência e intensidade de ocorrência do Fenômeno La Niña, dados adaptados de EPAGRI/CIRAM (2006)

<b>La Niña</b>	<b>Intensidade</b>
1886	Forte
1903 - 1904	Forte
1906 - 1908	Forte
1909 - 1910	Forte
1916 - 1918	Forte
1924 - 1925	Moderada
1928 - 1929	Fraca
1938 - 1939	Forte
1949 - 1951	Forte
1954 - 1956	Forte
1964 - 1965	Moderada
1970 - 1971	Moderada
1973 - 1976	Forte
1983 - 1984	Fraca
1984 - 1985	Fraca
1988 - 1989	Forte
1995 - 1996	Fraca
	Fraca (98 - 99)
1998 - 2001	Fraca (99 - 00)
	Moderada (00 - 01)



Segundo CPTEC-INPE (2006b) a La Niña pode variar em intensidade. No mais intenso e mais recente episódio de La Niña ocorrido em 1988/89, o resfriamento das águas superficiais foi mais lento, ou seja, demorou dois meses para que a temperatura superficial do Pacífico diminuísse 3,5°C. No Sul do Brasil, durante este forte evento, a estação chuvosa de setembro a dezembro de 1988 teve um mês em que houve muita seca. Em 1998, o Pacífico tropical também teve uma queda similar de temperatura, mas o resfriamento ocorreu em apenas um mês.

La Niña e El Niño são oscilações normais, previsíveis das temperaturas da superfície do mar, nas quais o homem não pode interferir. São fenômenos naturais, variações normais do sistema climático da Terra, que existem há milhares de anos e continuarão existindo como fenômenos cíclicos, entretanto sem um período regular (EPAGRI/CIRAM, 2006; CPTEC-INPE, 2006b; MARENGO e DIAS, 2006).

Berlato e Fontana (2003) em estudos sobre os efeitos do El Niño e La Niña no Rio Grande do Sul constataram que a estiagem sofrida em épocas de La Niña tem afetado muito a agricultura gaúcha. A soja e o milho, principais culturas não irrigadas do Estado, sofreram perdas de 93% e 88% respectivamente. No período de 1992 a 1997 estatísticas de rendimento da soja nas últimas 3 décadas apontam uma frequência de 32% de redução de rendimento por estiagem no Rio Grande do Sul.

A EPAGRI/CIRAM (2006) em nota meteorológica fornecida sobre a estiagem em Santa Catarina afirma que o baixo volume de chuvas verificado em abril e maio do ano de 2006, esteve associado ao fenômeno La Niña, o qual favorece a diminuição do volume de chuvas em Santa Catarina.

## 2.5 DISPONIBILIDADE E USOS DA ÁGUA

A água é um constituinte fundamental, exercendo notável influência sobre todas as formas de vida em todos os ecossistemas. Além de representar o elemento mais abundante nos seres vivos, seu poder de diluir e solubilizar praticamente todas as substâncias confere a água um importante papel como elemento de ligação entre os diversos compartimentos ambientais do planeta (ANDREOLI et al., 2003).

A água possibilita a integração entre os segmentos de um ecossistema, seja natural, urbano ou rural. Qualquer alteração na qualidade e/ou quantidade deste recurso que causem desequilíbrios ambientais, tem reflexos diretos sobre a disponibilidade hídrica, na homeostase, manutenção do potencial produtivo e na saúde dos ecossistemas (ANDREOLI et al., 2003).

O volume total da água no planeta é de 1.386 milhões de km<sup>3</sup>, sendo que deste total, apenas 2,5% de água doce. A maior parte do volume total de água doce não está disponível, por se encontrar concentrada nas calotas polares e em aquíferos profundos. Cerca de 92.168 km<sup>3</sup> da água doce total disponível está nos rios e lagos, constituindo, portanto, o volume passível de ser utilizado pelo homem para suprir suas necessidades e esse volume equivale a 0,008% do total de água no mundo (REBOUÇAS, 2006).

Analisando a história da humanidade, constata-se que as sociedades desenvolveram-se em regiões de grande abundância hídrica. As principais civilizações cresceram em vales às margens de rios que além de fornecer água para o consumo, fertilizavam os solos, aumentando a produção de alimentos e trazendo prosperidade. A humanidade consome hoje, mais água do que todos os outros bens e matérias-primas combinados (ANDREOLI et al., 2003).

De acordo com a FAO (2002 apud Boscardin Borghetti et al., 2004, p. 80) o consumo anual no mundo em 2000 foi de 3.811,4 km<sup>3</sup>, sendo 69% destinado no setor agrícola, 21% no

industrial e 10% no doméstico. A Ásia é o continente que mais consome água no mundo, correspondendo a um consumo total de 62,4%. Em seguida encontra-se a América do Norte (15,8%), a Europa (10%), a África (5,5%), a América do Sul (4,3%), a Oceania com 0,7% e finalmente a América Central com 0,6%.

Os principais usos consultivos da água ocorrem mundialmente na agricultura e pecuária (aproximadamente 65% do total) destacando-se, principalmente, a irrigação de culturas e, a utilização de água para dessedentação e de ambiência nos sistemas de exploração de animais (TELLES e DOMINGUES, 2006).

Ainda que a participação percentual do setor agrícola no consumo total de água venha caindo com o passar do tempo, prevê-se que, por volta de 2020, ela ainda seja maior que as demais, totalizando 60% (PADILHA, 1999 apud TELLES; DOMINGUES, 2006).

No total da água utilizada no mundo para agricultura e para uso doméstico, a Ásia é líder no consumo com 72,9% e 45,6% respectivamente. Com relação ao uso industrial 94,8% da água consumida está dividido entre Ásia (34,5%), América do Norte (32,8%) e Europa (27,5%). Os demais continentes dividem os restantes 5,2% (BOSCARDIN BORGHETTI et al., 2004).

O potencial hídrico superficial brasileiro representa 12% de toda água doce do planeta e 56% do total da América do Sul (OLIVEIRA FILHO, 2000 apud BOSCARDIN BORGHETTI et al., 2004)

O Brasil é um país privilegiado em recursos hídricos, dispondo das mais amplas, diversificadas e extensas redes fluviais de todo o mundo com cerca de 257.790 m<sup>3</sup>/s escoando pelos rios, aproximadamente 18% do potencial hídrico da superfície do planeta. Além das descargas de superfície, o país possui aquíferos subterrâneos com volume da ordem de 112.000 km<sup>3</sup> (MOTTA, 1997 apud ANDREOLI et al., 2003).

Segundo Planeta (2003 apud Boscardin Borghetti et al., 2004) o Brasil é o país mais rico em água do mundo, possuindo a rede hidrográfica mais extensa do planeta, com 55.457 km quadrados de rios, equivalentes a 1,66 % da superfície da Terra com uma vazão média anual em território brasileiro da ordem de 160.000 m<sup>3</sup>/s.

A distribuição das águas superficiais varia muito de acordo com as diferentes regiões do país. Aproximadamente, 69,2% da água disponível para uso no Brasil, estão concentrados na região Norte, onde se situa a Amazônia, o lugar mais rico em água potável superficial de todo o planeta e também onde ocorre a menor densidade demográfica do país, com apenas 7,6% da população brasileira. A região Centro-Oeste com 15,3% do total de recursos hídricos brasileiros é a segunda mais rica em potencial hídrico. Em terceiro aparece a região Sul com 6,4% do total, seguida pela região Sudeste com 5,8% e pela Nordeste com 3,2% (BOSCARDIN BORGHETTI et al., 2004).

A escassez de água considerada no passado como uma hipótese restrita a regiões áridas assume importância estratégica em várias regiões do mundo, embora muitas pessoas ainda não tenham a compreensão da crise que se aproxima. Além do problema de escassez em regiões áridas, conhecido há milênios, impasses têm sido verificados em regiões que outrora dispunham de água em abundância, tais como bacias do rio Colorado, Danúbio e Eufrates, por exemplo, que hoje não atendem à demanda dessas regiões (ANDREOLI et al., 2003).

Momentos recentes na história da humanidade têm demonstrado uma preocupação global com as questões ambientais da preservação e utilização racional dos recursos hídricos. Entre muitos, podem ser citados a criação da Agenda 21, que trata no capítulo 18, da preservação das águas superficiais e subterrâneas e do “Dia Mundial da Água”, ambos na Rio 92, no Brasil em 1992, e a proclamação do Ano Internacional da Água Doce-2003, sugerido pelo Tadjiquistão na Assembléia Geral das Nações Unidas, em 2002 (BOSCARDIN BORGHETTI et al. 2004).

O problema da escassez da água está atingindo proporções alarmantes. Em 1972, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente em Estocolmo já prenunciava uma crise mundial da água. Na década de 1990, o Comitê de Recursos Naturais das Nações Unidas confirmou que 80 países, que representavam 40% da população mundial, padeciam de grave carência de água e que em muitos casos esta falta era um fator limitante para o desenvolvimento econômico e social. A escassez de água atinge hoje mais de 460 milhões de pessoas. Se não for alterado o estilo de vida da sociedade, um quarto da população mundial sofrerá este problema nas próximas décadas (HIRATA, 2000).

Lançado pela ONU, o ano de 2005 marcou o início da Década Internacional Água para a Vida, que visa reduzir pela metade, até 2015, o número de pessoas sem acesso à água potável e ao saneamento básico, e acabar com a exploração insustentável dos recursos hídricos. Esta meta entrou em vigor oficialmente em 22 de março de 2005, Dia Mundial da Água. Para o Secretário-Geral das Nações Unidas, Kofi Annan, ela representa “uma excelente oportunidade para a comunidade internacional avançar em direção a uma verdadeira integração para a administração da água mundial, garantindo o uso sustentável para as próximas gerações” (UNIC, 2006).

Devido ao rápido crescimento populacional mundial, de 1970 a 1994, o potencial de disponibilidade de *água per capita* diminuiu de 12.900 para 7.600 m<sup>3</sup>/hab./ano, naqueles anos, respectivamente. A maior redução ocorreu na África (2,8 vezes), Ásia (2,0 vezes) e América do Sul (1,7 vezes) (SHIKLOMANOV, 1999 apud BOSCARDIN BORGHETTI, 2004).

A América Latina, mesmo possuindo a melhor condição quanto à disponibilidade de água diante dos outros continentes, enfrenta problemas de escassez deste recurso devido à má distribuição, provocada pela falta de gerenciamento (GONÇALVES et al., 2001 apud BOSCARDIN BORGHETTI, 2004).

Mudanças climáticas poderão contribuir com aproximadamente 25% no agravamento da escassez de água no mundo. A percentagem de água restante retornará aos sistemas naturais de drenagem, porém em geral em classes de qualidade inferior devido ao crescimento dos níveis de poluição e aumento da temperatura da água (SHIKLOMANOV, 1999 apud BOSCARDIN BORGHETTI et al., 2004).

Segundo a classificação de disponibilidade de água das Nações Unidas nenhum estado brasileiro apresenta hoje condições de estresse ou escassez hídrica (REBOUÇAS apud ANDREOLI et al., 2003). Num quadro geral, embora a disponibilidade hídrica regional não caracterize “estresse de água”, a crise no abastecimento de água já é realidade em várias regiões metropolitanas do país como São Paulo, Rio de Janeiro, Recife, Salvador, Londrina, Maringá, Vale do Itajaí, Porto Alegre, Curitiba entre outros (ANDREOLI et al., 2003).

O Brasil segue a tendência mundial de gastar o maior percentual de água na agricultura, correspondendo a quase a metade das demandas, porém gasta mais água no abastecimento doméstico do que no abastecimento industrial. O país aparece em décimo quarto lugar com 59,2 km<sup>3</sup>/ano, o equivalente a 1,6% de água consumida no mundo, sendo 62% destinada para agricultura, 18% na indústria e 20,3% no abastecimento doméstico (FAO, 2002 apud BOSCARDIN BORGHETTI et al., 2004).

De acordo com o documento Epagri (2006) apesar do alto potencial hídrico de Santa Catarina a escassez de água é uma realidade em várias regiões do Estado, principalmente na época de estiagem. Marengo (2007) afirma que as secas que ocorreram em 2005 e 2006 no sul do Brasil provavelmente estavam ligadas a eventos extremos provocados pelas mudanças climáticas pelo qual o Planeta vem passando, divulgados pelos relatórios do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC).

Durante a seca no Sul do Brasil no verão de 2004-2005 o total de chuva anual em 2005 nesta região superou a média do Estado de Santa Catarina. Contudo, a região Sul passou

por um período crítico de déficit de precipitação durante os meses de dezembro de 2004 a março de 2005. Neste período o total de acumulado de chuva esteve entre 100 mm e 500 mm abaixo da média histórica (MARENGO, 2007).

Um exemplo de região atingida pelas fortes estiagens que vem ocorrendo em Santa Catarina, é o município de Coronel Freitas (EPAGRI, 2006). A elevada dependência de abastecimento de água, a concentração da produção em áreas de baixa capacidade de retenção, devido ao relevo acidentado e a grande concentração de segmentos econômicos como a suinocultura, a avicultura, a bovinocultura de corte e de leite, agravam ainda mais a demanda por água (EPAGRI, 2006). Estas constantes estiagens que ocorrem na região evidenciam a fragilidade do sistema de abastecimento, que se traduzem em prejuízos significativos para a sociedade, em decorrência do aumento dos custos de captação, transporte e tratamento da água para a manutenção da produção, ocasionando desde a perda da eficiência produtiva até a redução e a paralisação das atividades agropecuárias (EPAGRI, 2006). No Município de Coronel Freitas o consumo médio de água está ordenado da seguinte maneira: urbano (100.000 L/dia), rural (100.000 L/dia), aviário (130.000 L/dia), gado de leite (100.000 L/dia), gado de corte (750.000 L/dia) e suínos (100.000 L/dia), somando num total de 6.050.000 L/dia (PREFEITURA MUNICIPAL DE CORONEL FREITAS apud EPAGRI, 2006). Como forma de suprir a demanda de água no município estão sendo construídas, através de uma parceria entre Epagri, Prefeitura Municipal de Coronel Freitas e Projeto Microbacias 2 do Governo Estadual, cisternas com modelo adaptado às condições locais.

Campos et al. (2006) detectaram em suas pesquisas que a maioria das regiões de Santa Catarina apresentaram totais anuais de precipitação com tendência de aumento ao longo dos anos em que as estações pluviométricas apresentaram dados. Citam como exemplo o município de Chapecó onde foi detectado um aumento de 37,7mm de precipitação ao longo dos últimos 38 anos. Os volumes totais de precipitação das estações meteorológicas das

diferentes estações apresentaram-se em sua maioria superiores a média histórica de cada estação, principalmente a partir da década de 90. Os autores destacam que embora os totais de precipitação estejam aumentando o número de dias consecutivos sem chuva também tem aumentado nos últimos anos. Ou seja, há ocorrência de eventos extremos de chuva, sendo estes verificados em diferentes regiões do Estado. Mudanças nos padrões de precipitação afetam a quantidade de água que pode ser captada pela superfície.

## 2.6 COBERTURA FLORESTAL E ÁGUA NO SISTEMA

Além do desequilíbrio causado pela distribuição irregular de água no mundo, outro fator que vem ameaçando as reservas naturais e a capacidade de abastecimento em muitas regiões do planeta é a atividade humana. A disponibilidade da água está estritamente relacionada a sua capacidade de renovação através do ciclo hidrológico, no entanto, esta potencialidade está, cada vez mais sendo afetada pela intervenção do homem, comprometendo severamente a produção e a conservação da qualidade da água disponível (ANDREOLI et al., 2003).

Com a retirada da cobertura vegetal das bacias hidrográficas, ocorre à redução da infiltração da água no solo e o aumento do escoamento superficial, limitando a alimentação dos lençóis subterrâneos e das várzeas, reservas que garantem a descarga dos rios durante estiagens, ao mesmo tempo em que acelera a velocidade de escoamento superficial, aumentando o processo erosivo, e conseqüentemente o assoreamento e poluição dos cursos d'água (ANDREOLI et al., 2003).

Marengo (2003) concordando com o autor citado acima, destaca que existem estudos em bacias hidrográficas que apontam para um aumento no escoamento superficial após



acontecer um desmatamento geralmente devido à redução de evapotranspiração e infiltração de água no solo.

Collischoonn (2001) avaliou o uso do solo na Bacia do rio Taquari, afluente do rio Jacuí, no Rio Grande do Sul, que é vizinho da cabeceira do rio Uruguai, e constatou um aumento no escoamento deste de 9% em função do uso do solo. O referido autor também utilizou os parâmetros do modelo do rio Taquari para análises no rio Uruguai, adequando-os a este, e concluiu que as duas bacias apresentam características semelhantes. Em seu modelo experimental, transformando a bacia de floresta para culturas agrícolas anuais, o aumento do escoamento foi de 14,4%, e quando transformado para pasto foi de 13,2%. O mesmo autor afirma ainda que o impacto atual do uso do solo na região até o ano de 2001 já havia apresentado 69% do impacto máximo que o ambiente pode sofrer.

Em experimento realizado pelo Projeto ABRACOS no período de 1992 a 1995 na Floresta Amazônica, foram analisadas as alterações da quantidade de chuvas ocorridas em diferentes usos do solo. Os autores chegaram a conclusão de que possivelmente devido as modificações na cobertura vegetal, a precipitação foi em média 28% maior na floresta do que em áreas com pastagem (FERREIRA DA COSTA et al., 1998).

O aumento do escoamento superficial altera a dinâmica dos rios, aumentando os picos de cheia durante as épocas de chuva e reduzindo as vazões nos períodos de estiagem (ANDREOLI et al., 2003). Estima-se que hoje, 30% das maiores bacias hidrográficas do mundo perderam mais da metade da cobertura vegetal original certamente com redução significativa da quantidade de água produzida (TEICH, 2002 apud ANDREOLI et al., 2003).

Tucci e Clarke (1998 apud Marengo, 2007) perceberam que este incremento na vazão dos rios aconteceu depois de grandes áreas terem experimentado o desmatamento ou mudanças no uso do solo. Ao substituir as florestas por pastagens ou culturas agrícolas, o desmatamento modifica as interações físicas e químicas entre o solo, a vegetação e a

atmosfera. Isso significa que a derrubada, quando atinge grandes extensões pode provocar sensíveis mudanças no clima (MARENGO, 2003).

O regime hídrico é diretamente afetado pela dinâmica e manejo da cobertura florestal, podendo contribuir tanto para sua perfeita manutenção e circulação no Planeta ou ainda para sua indisponibilidade. A dinâmica da vegetação inclui mudanças naturais (fatos normais do ecossistema, que não comprometem a disponibilidade normal de água) e as antrópicas (sendo o desmatamento a prática mais comum). Entre as diversas funções que a vegetação tem influência direta, está a proteção dos mananciais e a produção de água. Sua retirada tem efeito direto sobre a resposta hidrológica de uma determinada bacia, comprometendo a produção de água de uma determinada região (LINHARES et al., 2005).

A vegetação representa um obstáculo ao escoamento da água, diminuindo sua velocidade, permitindo maior tempo de infiltração no solo e maiores taxas de absorção (WARD, 1967 apud LINHARES et al., 2005).

Prado (1996) afirma que a vegetação natural é um importante indicador da disponibilidade hídrica no solo. Lino e Dias (2003) reconhecem que existe uma relação de interdependência entre a floresta e o ecossistema aquático, e que a degradação ou escassez de um perturba profundamente a existência e a qualidade do outro, porém para eles as bases científicas e a dimensão desta relação não são amplamente conhecidas e avaliadas. Há a necessidade de mais estudos que aprofundem o assunto.

Ainda segundo os autores citados no parágrafo anterior, a maneira mais fácil para entender a relação água-floresta é conhecendo o ciclo hidrológico na floresta. A água da chuva que se precipita sobre a mata, segue dois caminhos: volta à atmosfera por evapotranspiração ou atinge o solo, através da folhagem ou do tronco das árvores. Na floresta, a interceptação da água acima do solo garante a formação de novas massas atmosféricas úmidas, enquanto a precipitação interna, através de pingos de água que atravessam a copa e o

escoamento pelo tronco, atinge o solo e seu folheto. De toda a água que chega ao solo, uma parte tem escoamento superficial, chegando de alguma forma aos cursos d'água ou aos reservatórios de superfície. A outra parte sofre armazenamento temporário por infiltração no solo, podendo ser liberada para a atmosfera através da evapotranspiração, manter-se como água no solo por mais algum tempo ou percolar como água subterrânea. De qualquer forma, a água armazenada no solo que não for evapotranspirada, termina por escoar da floresta paulatinamente, compondo o chamado deflúvio, que alimenta os mananciais e possibilita os seus usos múltiplos. O processo de interceptação da chuva pela floresta, além de afetar a redistribuição da precipitação e a economia da água no solo, desempenha significativa influência sobre a qualidade de água. Isto é particularmente evidenciado quando da remoção da cobertura florestal (Lima, 1986 apud LINO e DIAS, 2003).

De acordo com Braga et al. (2005) neste ciclo a presença do homem pode ser notada por meio de desmatamento e da impermeabilização via pavimentação do solo, acelerando assim a evaporação e reduzindo a recarga de aquíferos subterrâneos gerando uma série de danos físicos, econômicos e transtornos aos habitantes da cidade. O avanço da urbanização e a devastação da vegetação influenciam significativamente na quantidade de água infiltrada em adensamentos populacionais e zonas de intenso uso agropecuário (KARMANN, 2000). Para Andreoli et al. (2003) em áreas rurais um dos principais problemas é a redução do potencial hídrico em função do desmatamento, da degradação estrutural do solo e do aumento da evapotranspiração, fatores que reduzem a infiltração, a recarga dos solos e dos aquíferos subterrâneos, aumentando o escoamento superficial e a erosão no âmbito das bacias hidrográficas.

A capacidade de infiltração depende do tipo e do uso do solo. Normalmente a capacidade de infiltração de solos com floresta é alta, o que produz pequena quantidade de escoamento superficial. Para solos com superfície desprotegida que sofre ação de

compactação, a capacidade de infiltração pode diminuir dramaticamente, resultando em maior escoamento superficial (TUCCI, 2003). Ainda de acordo este autor, existe atualmente diversos modelos climáticos que sugerem um aumento na frequência de chuvas torrenciais em algumas regiões do Planeta. Se isto for realmente confirmado, poderá provocar um aumento nas inundações e escoamento, reduzindo as possibilidades de infiltração de água no solo.

Em estudos realizados pelo Projeto de Experimentos de Larga Escala da Biosfera – Atmosfera na Amazônia (LBA) em Rondônia sobre a relação entre desmatamento e recursos hídricos, observou-se que em regiões de topografia baixa e sem floresta choveu 5% a menos do que em regiões baixas com floresta e 20% a menos do que em regiões altas com florestas (SILVA-DIAS et al., 2005).

Pesquisas realizadas por Nobre (2001 apud Silva-Dias et al., 2005) indicam que uma substituição total da Floresta Amazônica por pastagens levaria a uma redução na precipitação, tendo em vista que o balanço local de vapor da água é mantido em aproximadamente 50% pela evapotranspiração local. O autor indica também, que houve um aumento na duração da estação seca da Amazônia. Seus resultados sugerem que uma rápida e completa destruição da floresta pode ter efeitos irreversíveis no ciclo hidrológico da região.

Avissar et al. (2002 apud SILVA-DIAS et al., 2005) sugerem que inicialmente o efeito do desmatamento pode ser de intensificar os gradientes horizontais de temperatura induzindo um aumento de chuvas associado às circulações locais. O aumento pode existir enquanto o suprimento de vapor da água for suficiente para manter a chuva e o desmatamento não atingir grandes áreas.

A redução da cobertura florestal causa, em curto prazo, aumento da disponibilidade de água na bacia. Ou seja, o reflorestamento ou o desenvolvimento de vegetação secundária em áreas abandonadas promove o decréscimo da disponibilidade de água na bacia (BOSCH; HEWLETT, 1982 apud LINHARES et al., 2005).

Leopoldo et al. (1993 apud FERREIRA et al., 2005) em experimento realizado na Amazônia, constataram que a transpiração das plantas é responsável por 61,8% do balanço hídrico, indicando que um desmatamento intensivo deverá trazer profundas alterações no ciclo hídrico regional. Este poderá diminuir drasticamente a evapotranspiração, com conseqüências diretas no balanço de água e na radiação solar, levando a expectativa de mudanças importantes nas condições climáticas da região.

Nas ultimas décadas a bacia do Prata, da qual o Rio Uruguai é um dos tributários, sofreu um aumento intensivo de desmatamentos e mudanças no uso do solo. Existem evidências que estas atividades modificaram as características termodinâmicas da baixa atmosfera. Estas mudanças são resultados de complexas interações entre o clima, hidrologia, vegetação e o gerenciamento dos recursos hídricos e da terra. Existem evidências de que as mudanças no uso da terra nas bacias dos rios Alto Paraná, Paraguai e Uruguai podem ter contribuído para o aumento de 28% no fluxo médio do rio Paraná, deste 1970 (MARENGO, 2007).

Atualmente, praticamente já não há mais florestas nativas intactas no oeste catarinense. Estas foram removidas basicamente para a instalação das lavouras produtoras de grãos e construção civil, restam raras glebas com floresta nativa primária, estimada em menos de 5% da área. Em escala maior, ocorre a floresta nativa secundária, estimada em 15% da área (TESTA et al, 1996). Esta situação pode estar vinculada a estiagem prolongada / seca que vem ocorrendo nos últimos anos na área de estudo.

## 2.7 COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS (VOCS)

Oxigênio e hidrocarbonetos são os mais abundantes químicos reativos produzidos e emitidos pelas plantas embora certamente as plantas também emitam compostos orgânicos

oxigenados. Juntos estes compostos são referenciados como compostos orgânicos voláteis (VOCs) (LERDAU et al., 1997).

Os compostos orgânicos voláteis incluem os hidrocarbonetos não-metânicos saturados e insaturados e os hidrocarbonetos oxigenados, tais como ácidos carboxílicos, aldeídos, cetonas, éteres, ésteres e álcoois (Seinfeld; Pandis, 1998 apud SOUZA et al., 2002).

Os inventários de emissão de plantas mostram que o isopreno e monoterpenos, classificados como isoprenóides, são os compostos mais abundantes, seguidos de álcoois e carbonilas. A maioria dos VOCs pode sofrer fotólise quando irradiados pela luz solar ou reagir com ozônio e radicais OH e NO<sub>3</sub> (SOUZA et al., 2002).

As espécies químicas isopreno e monoterpeno dominam a emissão biogênica, mas outras espécies químicas de alta reatividade, como metanol, acetona, aldeídos e ácidos orgânicos também têm sido reconhecidos como compostos que são emitidos em níveis significativos pela vegetação (LATHIERE et al., 2005).

A emissão anual de VOCs global é estimada em 510 Tg (1Tg = 10<sup>12</sup>g), de isoprene, 130 Tg de monoterpenos, 260 Tg de ORVOC (VOCs com tempo de vida menor que 1 dia) e 260 Tg de outros VOCs (Guenther et al., 1995 apud CONSTABLE, 1999).

As plantas emitem de 400 a 800 Tg C/ano, entre eles hidrocarbonetos em uma quantidade equivalente a soma biogênica e antropológica das emissões de metano (LERDAU et al., 1997). Os VOCS emitido pela vegetação terrestre representam a maior fonte de carbono reativo na atmosfera em escala global (SPIRIG et al., 2004).

A emissão de VOCs tem um papel central na atmosfera, influenciando a capacidade oxidativa da atmosfera. Eles podem diretamente ou indiretamente aumentar a acidez da atmosfera e promover o gênese do material para o aerossol atmosférico natural (KESSELMEIER et al., 2000).

Hidrocarbonetos emitidos pela vegetação são foto-oxidados transformando-se em ácidos orgânicos que se condensam para formar aerossóis orgânicos. A formação de aerossol na atmosfera é um importante processo, nesta algumas partículas agem como um núcleo de condensação de nuvens responsável pelo efeito de nuvem climática (KAVOURAS et al., 1998).

Os ingredientes que fazem uma gotícula de nuvem são basicamente dois: vapor de água e um núcleo de condensação de nuvens (NCN). Este núcleo consiste numa minúscula partícula de aerossol em torno do qual o vapor de água se condensa, formando a gotícula microscópica. Essa gotícula cresce por uma série de processos físicos até chegar a um tamanho crítico, a partir do qual, precipita como chuva (ARTAXO et al., 2003). Segundo Artaxo et al. (2003) a principal fonte natural destas partículas de NCN é a vegetação, que, com processos de emissão de partículas, fornece os NCNs para formação de chuva e de todo o intenso ciclo hidrológico que a sustenta.

Estudos feitos na floresta Amazônica mostram que a vegetação naturalmente emite e absorve gases e partículas para a atmosfera, em uma interação crítica para o metabolismo da floresta. Entre as partículas atmosféricas que têm origem na floresta, estão as partículas finas produzidas através da conversão em partículas de compostos orgânicos voláteis gasosos que a floresta emite, conhecidos como terpenos que são oxidados na atmosfera gerando partículas pequenas, que crescem e tornam-se NCNs. Estes quando liberados em fase gasosa, rapidamente são oxidados e convertidos em partículas muito pequenas, que crescem até atingirem tamanho que o habilitam a participar de processos importantes na formação de nuvens. Os processos físico-químicos de emissão, conversão e crescimento dessas partículas ainda não são bem conhecidos (ARTAXO et al., 2003). As partículas biogênicas naturais são produzidas pela vegetação como parte de seu metabolismo. Na Amazônia elas formam a

maior parte dos núcleos de condensação de nuvens na estação chuvosa (ARTAXO et al., 2003; SILVA-DIAS et al., 2005).

Uma vez formada, a gota cresce por uma série de mecanismos físicos. O aumento em volume corresponde a um aumento de até um milhão de vezes a partir do volume inicial. O tempo de vida dessa gota é de aproximadamente uma hora. As correntes de ar ascendentes dentro de uma nuvem se originam de ar aquecido pelo contato com a superfície durante o dia. Estas correntes de ar sustentam as gotas de chuva dentro da nuvem, enquanto elas são pequenas. As gotas crescem por condensação do vapor da água e pelo choque com outras gotinhas menores que vão se agregando a gota maior. Toda vez que ocorre condensação de vapor, há liberação de calor latente de condensação que aquece o ar fazendo com que ele continue a adquirir velocidade para cima, como uma bolha de água quente num recipiente com água fria. O peso das gotas já formadas e em crescimento vai desacelerando o ar. Neste momento, a quantidade de aerossóis, e em particular de NCNs, tem um papel crítico. Se o ambiente é relativamente limpo há poucos NCNs (ARTAXO et al., 2003). Na disputa pelo vapor da água existente, se houver alguns NCNs relativamente grandes ou solúveis em água, estes vão crescer rapidamente, colidir com os menores e cair como chuva (SILVA-DIAS et al., 2005).

Caso a atmosfera esteja poluída, com um número muito grande de NCNs, a disputa pelo vapor de água disponível aumenta, as gotas crescem pouco e devagar enquanto a nuvem vai se estendendo. Muitas vezes estas nuvens nem chegam a produzir chuva, as gotas evaporam e a água, junto com os aerossóis, não retorna ao chão e é levada pelos ventos para outros locais (SILVA-DIAS et al., 2005).

Dados coletados durante as campanhas intensivas realizadas pelo Projeto LBA na Amazônia indicaram que as circulações locais provocadas pelo desmatamento e o NCN gerados em períodos secos onde ocorrem queimas da biomassa afetam a formação de nuvens



e de chuvas, reduzindo a chuva nos vales desmatados e as chuvas locais a partir de nuvens rasas que reciclam os compostos orgânicos voláteis naturalmente emitidos pela floresta (SILVA-DIAS et al., 2005).

Os VOCs podem também diminuir as temperaturas globais e regionais durante a produção de aerossóis na atmosfera que aumentam o albedo atmosférico (ADAMS et al., 2001).

O fluxo de VOCs originados da vegetação natural influenciam várias propriedades atmosféricas incluindo o estado de oxidação da troposfera via radical hidroxila, a produção da névoa fotoquímica e a concentração dos gases estufa. O fluxo de VOCs nos dias atuais no mundo variam marcadamente com a cobertura de vegetação e o clima (ADAMS et al., 2001).

Os VOCs que são emitidos pela vegetação afetam sob vários aspectos o meio ambiente terrestre, incluindo a quantidade de névoa no ar, que afeta o balanço de aquecimento da Terra por refletir a luz solar para o espaço e também o tempo de vida do gás metano na atmosfera (ADAMS et al., 2001). A emissão de VOCs pela vegetação tem um importante papel na concentração e tempo de vida dos gases traço atmosféricos incluindo gás carbônico, ozônio, aerossóis e radical hidroxila afetando o ciclo global do carbono (CONSTABLE et al., 1999).

Muitos dos VOCs são altamente reativos e estão envolvidos na química da troposfera, afetando o balanço regional e global de oxidantes e contribuindo para a produção e deposição úmida de ácidos orgânicos (FEHSENFELD et al., 1992 apud SOUZA et al., 2002). O VOCs tem um importante papel nas concentrações troposféricas de ozônio e metano. Metano tem um interesse particular porque é um significativo gás estufa que tem dez vezes mais potencial de aquecimento global que o dióxido de carbono. Isso pode ser crítico na determinação das mudanças no balanço radioativo da Terra no futuro (ADAMS et al., 2001).

Os VOCs reagem com o ozônio mas também geram ozônio na presença de  $\text{NO}_x$  e o balanço global de ozônio depende principalmente da qualidade de  $\text{NO}_x$  presente na atmosfera (CICCIOLI, 1993 apud SOUZA et al., 2002).

Nos dias atuais a taxa de emissão de VOCs vinda da vegetação é considerada ainda incerta, mas recentemente tem sido feitas estimativas globais e continentais e projeções de condições futuras. A emissão de VOCs oriundo da vegetação abrange uma ampla cadeia de compostos originados da cadeia do ácido mevalônico (incluindo isopreno e monoterpene) que diferem em tamanho, oxigenação e reatividade. A taxa que cada composto emitido varia de acordo com as propriedades biológicas do vegetal e a física do meio ambiente. Os controles biológicos principais incluem o tipo de ecossistema, composição de espécies e estruturas do dossel (ADAMS et al., 2001).

As plantas, que durante a fotossíntese fixam de 0,5 a 2% do carbono, emitem taxas elevadas de VOCs, provocando perda de até 20% do carbono fixado (HARLEY et al., 1998 apud SOUZA et al., 2002). Acredita-se que tais compostos são emitidos para a atmosfera como mecanismo de defesa contra o ataque de herbívoros e contra a invasão de outras espécies de plantas (TINGEY et al., 1991 apud SOUZA et al., 2002).

Os VOCs produzidos pelas plantas são extremamente reativos na troposfera, com tempo de vida durando de minutos até horas. Esta alta reatividade significa que embora sua influência climática direta seja pequena, a produção de VOCs pelas plantas tem importantes efeitos no balanço redox da atmosfera, em muitos casos levando os efeitos para todos os outros compostos redutores da troposfera (SINGH; ZIMMERMAN 1992 apud LERDAU et al., 1997).

Os primeiros estudos de emissões de compostos orgânicos voláteis pelas plantas começaram na antiga União Soviética entre 1920-1930. Em 1950 Haagen-Smit et al. (1952) sugeriu a existência de grandes quantidades de monoterpenos ( $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$ ), sendo liberados pela

vegetação de chaparral. Sanadze (1957) descobriu que certas espécies de plantas produzem grande quantidade de isopreno ( $C_5H_8$ ). Em 1965, Rasmussen e Went propuseram que estes compostos poderiam ter um importante papel na química da baixa atmosfera. Em 1975, Rei Rasmussen e sua equipe de trabalho, descobriram que a emissão de isopreno é produzida pela fotorespiração das plantas. Em meados de 1970, pesquisadores da *NASA Ames Research Center*, da Califórnia, descobriram em *Salvia mellifera* que a volatilização de monoterpeno varia exponencialmente com a temperatura e é independente da taxa de fotossíntese. Estes resultados sugeriram que a emissão de monoterpenos resultam simplesmente da volatilização dos monoterpenos estocados dentro do tecido das plantas, conforme revisão feita por LERDAU et al. (1997).

Nas décadas de 1970-1980 pesquisas confirmaram que a emissão biogênica de VOCs é levada para fora do dossel e transportada até a troposfera. Na década de 80 começou a crescer o interesse pelas emissões biogênicas (LERDAU et al., 1997).

As emissões de isopreno influenciam significativamente o modelo de previsão do ozônio e a produção de monóxido de carbono nas regiões rurais e urbanas (TRAINER et al., 1987 apud LERDAU et al., 1997). Os VOCs mais abundantes e bem estudados são o isopreno e o monoterpeno, ambos produzidos pelo rota do ácido mevalônico (LERDAU et al., 1997). O Isopreno é produzido dentro dos cloroplastos e não é estocado. Monoterpenos é produzido em células especiais e secretado em estruturas especializadas que minimizam a perda durante a fusão. As atuais estruturas de armazenamento variam de acordo com o táxon da planta (LERDAU et al., 1997).

A taxa de biossíntese de isopreno depende da luz, temperatura, táxon da planta, recursos disponíveis e histórico de crescimento. Esta biossíntese depende da luz por dois motivos: primeiro que a fonte preferencial de carbono para a síntese de isopreno é a fixação de carbono e segundo, porque as emissões decrescem quando o metabolismo de fotossíntese

passa da fase clara para a escura. Mas a produção pode continuar mesmo com a abstinência de fixação de carbono, pois a planta pode criar um reservatório de carbono para servir de substrato para produção. A emissão de isopreno depende também de temperaturas altas, estudos mostram que a emissão máxima do composto na maioria das plantas tropicais e temperadas ocorrem a 40 °C. O estágio de desenvolvimento da planta também reflete na emissão de isopreno plantas jovens emitem menor quantidade do composto (LERDAU et al., 1997).

O monoterpeno é produzido pelo caminho do ácido mevalônico. É estocado em estruturas especiais que variam de planta para planta. A maioria das espécies das Coniferae e Lamiaceae tem altos índices de monoterpenos, mas em Fagaceae poucas espécies têm significativa quantidade destas substâncias (LERDAU et al., 1997).

A emissão de monoterpenos é normalmente independente da luz. A existência de estruturas de armazenamento está relacionada ao fato da não necessidade de luz para se emitir monoterpeno, indicando que a volatilização deste vem de feixes de estruturas de armazenamento e é independente da existência de processos fisiológicos (LERDAU et al., 1997).

O clima afeta diretamente as taxas de VOCs que são emitidas na atmosfera através de mecanismos diretos ou indiretos. O principal efeito direto envolve a influência da temperatura no vapor de pressão de VOCs. Efeitos indiretos são mediados pela influência da intensidade de temperatura e luz na bioquímica vegetal e conseqüentemente na produção de VOCs. Anualmente, significa que temperatura e precipitação juntas também influenciam na emissão de VOCs determinando a composição de espécies de vegetais e as características destas, incluindo produtividade, área foliar, fenologia entre outros (CONSTABLE et al., 1999).

Como a emissão de isopreno e monoterpenos é dependente de altas temperaturas, eles irão responder rapidamente as mudanças globais de temperatura. A emissão de monoterpenos

irá crescer exponencialmente com a temperatura devido ao efeito da temperatura sobre a pressão de vapor (LERDAU et al., 1997).

A redução da precipitação em regiões no meio dos continentes pode afetar a emissão de hidrocarbonetos. Segundo Lorio et al. (1995 apud Lerdaun et al., 1997) a concentração de monoterpreno em *Pinus* tem mostrado aumento durante as secas. A seca irá reduzir a área foliar até ao ponto que as árvores podem suportar, conseqüentemente não se saberá prever o total de emissões de hidrocarbonetos, se este irá crescer ou decrescer. Ainda segundo este autor, quando há estresse de água crônico em plantas nota-se a redução na emissão de isopreno por unidade de área foliar. Quanto esta redução afeta diretamente o estresse hídrico e quanto afeta indiretamente a redução da concentração de nitrogênio nas folhas ainda não se tem certeza, mas este decréscimo na emissão por unidade de biomassa, combinada com o decréscimo no total de biomassa prevista pelo decréscimo na viabilidade de água significa que a seca é a provável causa do grande decréscimo da emissão de isopreno em nível de ecossistema (LERDAU et al., 1997).

Os efeitos das mudanças climáticas interferem diretamente na emissão de hidrocarbonetos, mudanças nos tipos de biomas que são resultado das mudanças climáticas provocadas pelo uso da terra pelo homem, podem causar um grande impacto nas emissões daqueles (LERDAU et al., 1997).

As mudanças no uso do solo feitas pelos homens tem mudado florestas tropicais decíduais e não decíduais por terras agrícolas e pastoris. Os efeitos desta conversão têm sido considerados em termos de perda da biodiversidade e balanço hídrico regional. Devido às florestas tropicais serem uma grande fonte de hidrocarbonetos biogênicos e terem grande quantidade de espécies, ao contrário das pastagens, cuja fotoquímica local é também afetada pelo desflorestamento (LERDAU et al., 1997).

Muitos pesquisadores ousam afirmar que provavelmente cerca de 80% das emissões globais de VOCs estejam nos trópicos (LERDAU et al., 1997). A fonte dominante de VOCs mundiais são as florestas, sendo a mais importante a Floresta Amazônica, representada por largas coberturas florestais contínuas, sob clima quente. Pouco se sabe sobre o lançamento de compostos orgânicos voláteis e quais as espécies arbóreas que mais produzem os VOCs na Amazônia e nas outras florestas tropicais (KESSELMEIER et al., 2000).

Pesquisas na região amazônica feitas por Kesselmeier et al (2000) demonstram a presença de um grande número de diferentes espécies de compostos orgânicos voláteis na região, sendo o isopreno o composto predominante.

Adams et al. (2001) realizou uma pesquisa para quantificar o total de substâncias evaporadas no mundo pela vegetação comparando o último período da era glacial (mais ou menos 20 mil anos atrás) com o atual período interglacial (últimos 11 mil anos) e constataram que da era glacial para cá o fluxo de compostos voláteis provavelmente reduziu de um terço a um meio. O nível de metano glacial tem baixado devido a falta de VOCs para “limpar” a reatividade dos radicais livres que poderiam de outra maneira quebrar o metano.

Adams et al. (2001) concluiu em seus estudos que nos dias de hoje a combinação das atuais condições estimadas de potencial vegetal e climáticos globais no total anual da emissão de VOCs é de  $912 \text{ Tg y}^{-1}$  (61% isopreno, 13% monoterpeno, 24% ORVOC). O potencial dominante encontra-se na Floresta Tropical representando 41% do total mundial. Altas taxas de emissão de VOCs ( $> 15 \text{ Tg mha}^{-1}\text{y}^{-1}$ ) são geograficamente centradas dentro de  $10^\circ$  de latitude ao entorno do Equador na África, e estende-se para regiões de  $15^\circ$  ao redor do equador nas américas. Na Ásia, altas taxas de emissões são limitadas à extensão sul. Regiões de baixas emissões localizam-se no norte da África, Ásia Central e Península Arábica (ADAMS et al., 2001).

A emissão de VOCs é altamente dependente de características climáticas e da vegetação, assim torna-se difícil estimar qual mudanças futuras nestes fatores poderão alterar a emissão de VOCs (CONSTABLE et al., 1999).

No oeste do estado de Santa Catarina a redução da cobertura florestal para menos de 10% da original provocou provavelmente a redução da emissão dos compostos orgânicos voláteis (VOCs), se esta redução está afetando as precipitações regionais ainda não se tem pesquisas para responder, no entanto elas são de urgentes e necessárias.

Em síntese, a falta de florestas nativas em grandes extensões e a possível alteração na quantidade e qualidade dos compostos orgânicos liberados, a intensidade do uso do solo com fins agrícolas, pecuários e de reflorestamento, o aumento da demanda por água na indústria, pecuária, agricultura e abastecimento humano podem estar relacionados com as causas do agravamento das estiagens prolongadas e secas e subsequente falta de água percebida pela população do oeste de Santa Catarina, registrada nos últimos anos.

### 3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 DIVISÃO POLÍTICA E ASPECTOS ECONÔMICOS

O Estado de Santa Catarina localizado na região Sul do Brasil tem área de 95.346 km<sup>2</sup> concentrando cerca de 5.866.568 habitantes (IBGE, 2006). A região oeste de Santa Catarina compreende uma área de 27.303,5 mil km<sup>2</sup>, tendo como fronteiras a oeste a República Argentina; ao sul o Rio Grande do Sul; ao norte Paraná; e a leste as mesorregiões Norte Catarinense e Serrana (SILVA et al., 2003). Ainda de acordo com este autor, o Oeste Catarinense é constituído pelas microregiões de São Miguel do Oeste, Chapecó, Concórdia, Xanxerê e Joaçaba, no total abrangendo 116 municípios.

Segundo o Centro de Informática e Automação do Estado de Santa Catarina – CIASC (2007) e IBGE (2007), os municípios com maior número de habitantes da região oeste são: Chapecó (164.992 habitantes), Concórdia (67.257 habitantes) e Caçador (67.625 habitantes), São Miguel do Oeste (33.806 habitantes), Xanxerê (40.228 habitantes) e Videira (44.480 habitantes).

Estes 116 municípios da região oeste de Santa Catarina estão reunidos em 5 microrregiões baseadas em critérios geográficos e políticos, e podem ser observados no mapa abaixo:



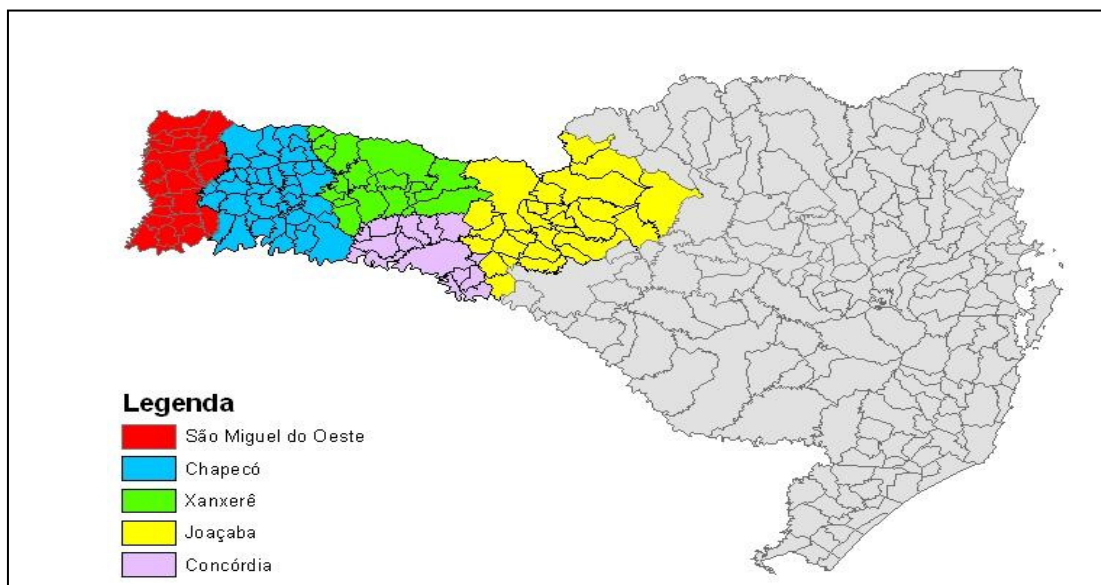


Figura 1: Mapa de Santa Catarina com destaque para as microrregiões da região oeste catarinense, IBGE (2005) adaptado.

A microrregião de São Miguel do Oeste compreende os municípios de Anchieta, Belmonte, Descanso, Dionísio Cerqueira, Guaraciaba, Guarujá do Sul, Iporã do Oeste, Itapiranga, Mondai, Palma Sola, Paraíso, Riqueza, Romelândia, Santa Helena, São João do Oeste, São José do Cedro, São Miguel do Oeste e Tunápolis (SILVA et al., 2003).

A microrregião de Chapecó é constituída pelos municípios de Águas de Chapecó, Águas Frias, Caibi, Campo Erê, Caxambu do Sul, Chapecó, Cordilheira Alta, Coronel Freitas, Cunha Porá, Guatambu, Iraceminha, Irati, Jardinópolis, Maravilha, Modelo, Nova Erechim, Itaberaba, Novo Horizonte, Palmitos, Pinhalzinho, Planalto Alegre, Quilombo, São Carlos, São Lourenço do Oeste, São Miguel da Boa Vista, Saudades, Serra Alta, Sul Brasil e União do Oeste (SILVA et al., 2003).

A microrregião geográfica de Xanxerê compreende os municípios de Abelardo Luz, Coronel Martins, Faxinal dos Guedes, Galvão, Ipuacu, Lageado Grande, Marema, Ouro Verde, Passos Maia, Ponte Serrada, São Domingos, Vargeão, Xanxerê e Xaxim (SILVA et al., 2003).

A microrregião geográfica de Concórdia compreende os municípios de Arabutã, Arvoredo, Concórdia, Ipira, Ipumirim, Irani, Ita, Lindóia do Sul, Peritiba, Piratuba, Presidente Castelo Branco, Seara e Xavantina (SILVA et al., 2003).

A microrregião de Joaçaba compreende os municípios de Água Doce, Arroio Trinta, Caçador, Calmon, Capinzal, Catanduvas, Erval Velho, Fraiburgo, Herval do Oeste, Ibicaré, Jaborá, Joaçaba, Lacerdópolis, Lebon Régis, Macieira, Matos Costa, Ouro, Pinheiro Preto, Rio das Antas, Salto Veloso, Tangará, Treze Tílias, Vargem Bonita e Videira (SILVA et al., 2003).

A economia da região oeste de Santa Catarina segundo Bavaresco (2005) passou por quatro ciclos: o ciclo da pecuária, o ciclo da erva-mate, o ciclo da madeira e o ciclo agroindustrial. Atualmente região detém o maior complexo agroindustrial de suínos e aves do Brasil (MIOR, 1992; SANTOS, 1998 apud THEIS e NODARI, 2000). É o principal produtor de alimentos do estado, respondendo por 57,85% da produção de alimentos de origem animal. Além disso, concentra as principais agroindústrias de carnes brasileiras: Sadia, Aurora, Ceval (Seara), Chapecó e Perdigão (KLAUC e SULZBACH, 1998).

A competitividade regional tem sido construída a partir da interação da produção agrícola familiar diversificada com o setor privado agroindustrial, apoiados pelo Estado (TESTA et al., 1996).

A região oeste tem sua economia sustentada basicamente pela atividade agrícola e pela transformação dos seus produtos, conferindo-lhe um alto grau de dependência econômica do setor agropecuário (INSTITUTO CEPA/SC, 2002). A agropecuária regional tem grande importância também para o Estado, já que mais da metade do valor global da produção primária estadual é gerada por indústrias agroalimentares, tanto em movimento econômico quanto em ocupação de mão-de-obra; as atividades comerciais e de serviços também estão diretamente ou indiretamente ligadas à agropecuária. Caracterizada também pela

predominância de pequenas unidades familiares de produção agrícola diversificada (SILVA et al., 2003).

Na região oeste do estado encontram-se cinco principais microrregiões produtoras de alimentos, compreendendo 52% do valor bruto de produção catarinense. Entre elas estão: Joaçaba, principal região produtora, com 15% da produção estadual e os principais produtos produzidos são: suínos, aves, maçã, milho e produtos florestais perfazendo 81,8% da produção total da microrregião. A microrregião de Chapecó é a segunda principal região produtora detendo 11,8% da produção estadual, produzindo: aves, suínos, milho, carne bovina e leite. A de Concórdia com 10,8% da produção estadual destacando os produtos: suínos, aves, milho, carne bovina e leite. A de São Miguel do Oeste responsável por 7,6% da produção estadual, com relevância de suínos, aves, milho, soja e carne bovina (INSTITUTO CEPA/SC, 2002).

A microrregião de Chapecó é a primeira produtora de milho, a segunda de carne bovina, leite, feijão, cana-de-açúcar, laranja, erva – mate, trigo, uva e a terceira produtora de suínos, aves, peixe de águas interiores a nível estadual (INSTITUTO CEPA/SC, 2002).

A microrregião de São Miguel do Oeste no cenário estadual é a primeira produtora de leite e laranja e a terceira de milho, bovinos, mandioca e cana-de-açúcar (INSTITUTO CEPA/SC, 2002).

A microrregião de Xanxerê destaca-se no Estado de Santa Catarina por ser a principal produtora de soja, ovos de galinha, erva-mate e a segunda em produção de milho (INSTITUTO CEPA/SC, 2002).

As atividades agropecuárias com expressão econômica relevante se concentram na especialização dos sistemas milho/suínos ou milho/aves, e em alguns produtos como: soja, feijão, maçã e erva-mate. Nos últimos anos, houve um grande crescimento na produção de leite, tornando a região, a principal bacia leiteira do estado (SILVA et al., 2003).

Ao longo dos últimos anos, a atividade leiteira vem tendo cada vez mais importância econômica e social para o setor agrícola de Santa Catarina, permitindo um aporte financeiro regular aos pequenos produtores, contribuindo para sua manutenção no campo e redução do êxodo rural. Atualmente, se constitui num segmento estratégico para a vida de um significativo contingente de produtos rurais, particularmente os familiares, e é responsável pelo movimento econômico de grande parte dos municípios do Estado (SANTOS et al., 2006).

Diante da necessidade de geração de um fluxo regular de renda nos estabelecimentos rurais e também de uma intensificação na demanda de leite para processamento industrial, a atividade leiteira passou a integrar-se cada vez mais ao mercado competitivo. A produção de leite tem representado ao longo dos anos um crescimento sensível e constante. Apenas entre 2000-2004 o crescimento da produção catarinense foi de 48,2% (SANTOS et al., 2006).

Em relação aos aspectos ambientais, destaca-se o rápido esgotamento dos recursos naturais, principalmente em decorrência da diminuição da cobertura da floresta, da erosão dos solos e da intensa poluição das águas por dejetos de suínos (SILVA et al., 2003).

Quanto ao uso e ocupação do solo na região oeste de Santa Catarina, entre 1980 e 1985 enquanto as áreas de pastagens cresciam 25%, as de lavoura mantiveram-se praticamente no mesmo nível e as de florestas diminuíram 3%. Já no período 1985-1995-1996, as áreas de lavouras caíram de 54% para 44% da área explorada total. As áreas de lavouras temporárias, embora ainda majoritárias, sofreram pronunciada redução de sua participação na área explorada total da mesorregião entre 1985 e 1995-1996. As áreas de lavouras permanentes praticamente dobraram sua representatividade, mas ainda são de pouca expressão, alcançando 3% da área explorada total (SILVA et al., 2003).

As pastagens plantadas que tinham crescido 25% entre 1980-1985 praticamente estabilizaram-se dali para 1995. As áreas de floresta recuperaram terreno entre 1985 e 1995

em apenas 2% e continuam tendo um pouco menos área (1,5%) hoje do que em 1980 (SILVA et al., 2003). Na verdade, os incrementos mais salientes na região oeste catarinense foram áreas de lavouras permanentes e matas cultivadas, em que pesem suas pequenas expressões, 3,2% e 6,7%, respectivamente, em relação à área agrícola em exploração em 1995/96. As áreas de lavouras ainda são amplamente dominantes, estando em torno dos 70% da área trabalhada total (SILVA et al., 2003).

A população da região oeste de Santa Catarina, apesar da intensa urbanização ocorrida nos últimos anos, ainda é uma das mais acentuadamente rurais do país (SILVA et al., 2003).

### 3.2 RELEVO, SOLO E GEOLOGIA PREDOMINANTES

Santa Catarina (1997) divide a região de estudo em três regiões hidrográficas: Extremo Oeste, Meio Oeste e Vale do Rio do Peixe. Nesta divisão considera o relevo do Extremo Oeste como cerca de 80% sendo forte – ondulado e montanhoso com solos medianamente profundos, rasos, pedregosos, normalmente férteis e de origem basáltica; e 19% sendo ondulado ou suavemente ondulado com solos profundos ou medianamente profundos, pouco ou nenhuma pedregosidade, pouco fértil e muito ácido e de origem basáltica.

No Meio Oeste, 79% do relevo é classificado como forte – ondulado e montanhoso com solos medianamente profundos ou rasos com pedregosidade, medianamente férteis e ácidos e de origem basáltica, enquanto que 19% desta região tem relevo ondulado e suavemente ondulado com solos profundos ou medianamente profundos, pouca ou nenhuma pedregosidade, pouco fértil e muito ácido e de origem basáltica (SANTA CATARINA, 1997).

Na bacia do rio do Peixe encontram-se 71% do relevo forte-ondulado e montanhoso, com solo medianamente profundo a raso e pedregoso com fertilidade média e de ordem basáltica. Cerca de 27% do relevo nesta região é ondulado no noroeste e leste desta. Os solos

são mais profundos com pouca pedregosidade, alta deficiência de nutrientes e elevada acidez e com origem basáltica (SANTA CATARINA, 1997).

De acordo com IBGE (2006) observam-se cinco classificações diferentes de solos dentro da área de estudo: Cambissolo Háptico (CX), Cambissolo Húmico (CH), Neossolo Lítico (RL), Latossolo Bruno (LB) e Nitrossolo Háplico (NX), sendo que o cambissolo é predominante na região. Testa e Espírito Santo (1992) e Embrapa (2006) detalham características de cada um dos tipos de solos da região.

Com relação aos aspectos geológicos, na área de estudo predomina o Grupo São Bento. Segundo Embrapa (1998) este grupo é representado por intrusões de diabásio e pelas formações Botucatu e Serra Geral. A formação Serra Geral, mais comum na região, corresponde a cerca de 50% da área do território catarinense, constituída por seqüência vulcânica, compreendendo desde rochas de composição básica até rochas com elevado teor de sílica e baixos teores de magnésio e ferro. Ainda de acordo com Embrapa (1998), a seqüência básica ocupa a maior parte do planalto catarinense, sendo constituída predominantemente por basaltos e andesitos.

### 3.3 VEGETAÇÃO

Segundo um estudo da cobertura vegetal de Santa Catarina elaborado pela FATMA (apud Santa Catarina, 1997) a vegetação primária e secundária de porte arbóreo e arbustivo ocupam 29,14% do território catarinense. Nas regiões hidrográficas do Extremo Oeste e Meio Oeste, o percentual de vegetação é inferior a 18%, apresentando ainda baixo índice de reflorestamento. O intenso desenvolvimento agrícola e agropecuário de Santa Catarina, sobretudo nos últimos 60 anos, modificou profundamente o aspecto da vegetação primária neste Estado (KLEIN, 1978).

O extremo oeste originalmente coberto por Floresta Estacional Decidual e por Floresta Ombrófila Mista possui de modo intercalado pequenas manchas de estepes ombrófilas ou campos naturais ao norte. Dentro da Floresta Estacional Decidual destacavam-se: o grápia (*Apuleia leiocarpa*), angico (*Parapiptadenia rigida*), cedro (*Cedrela fissilis*), louro-pardo (*Cordia trichotoma*), guatambu (*Aspidosperma* sp.), canelas entre outros, e na Floresta Ombrófila Mista a araucária (*Araucaria angustifolia*), imbuia (*Ocotea porosa*), erva-mate (*Ilex paraguariensis*), canelas (*Ocotea* spp. e *Nectandra* spp.) entre outras. A quase totalidade da cobertura vegetal destas regiões fitoecológicas encontra-se atualmente suprimida, remanescendo 12% destas (SANTA CATARINA, 1997).

A região hidrográfica do Rio do Peixe coberta pela Floresta Ombrófila Mista, com penetrações de savanas ao Norte e Floresta Estacional Decidual nas áreas de interferência do Rio Uruguai e parte do Rio do Peixe. Nesta região a cobertura vegetal original também foi descaracterizada pela ação antrópica restando apenas pequenas manchas de vegetação secundária de Floresta Ombrófila Mista Montana - Submontana e campos gramíneo-lenhosa com floresta de galeria (SANTA CATARINA, 1997).

Acompanhando o vale do Rio Uruguai e subindo pelos seus múltiplos afluentes, até uma altitude de 600 a 800 m, encontra-se Floresta Estacional Decídua ou floresta latifoliada do rio Uruguai, de caráter nitidamente subtropical, que os colonizadores denominam “mata branca” em oposição à “mata preta”, onde há dominância de pinhais (KLEIN, 1978).

A “mata branca” é caracterizada pela completa ausência do pinheiro, e formada por estrutura distinta, podendo ser agrupada em 4 sinúsias: a 1ª descontínua das árvores altas e emergentes; a 2ª bastante densa das árvores; a 3ª das arvoretas e a 4ª sinúsia dos arbustos (KLEIN, 1978).

Toda a área ocupada pela “mata branca” apresenta solos provenientes da degradação e conseqüente decomposição de rochas do triássico muito adequados à agricultura, motivo pelo

qual, desde meio do século XX estão sendo procuradas pelos agricultores que vêm derrubando as florestas no afã de exploração de madeira de lei, principalmente para conquistar novas terras para a lavoura, em plena expansão da região oeste (KLEIN, 1978). Atualmente, a região encontra-se intensamente desmatada e apenas regiões restritas conservam a vegetação original (ANA, 2006).

Segundo a Fundação do Meio Ambiente – FATMA (2007) o estado de Santa Catarina preserva atualmente 29,14% de florestas primárias e secundárias.

Utilizando-se de dados da Fundação SOS Mata Atlântica (2006) observa-se que a área de estudo deste trabalho possui em média 20% de cobertura florestal remanescente. No mapa abaixo se pode observar a situação atual da cobertura florestal na região de estudo:

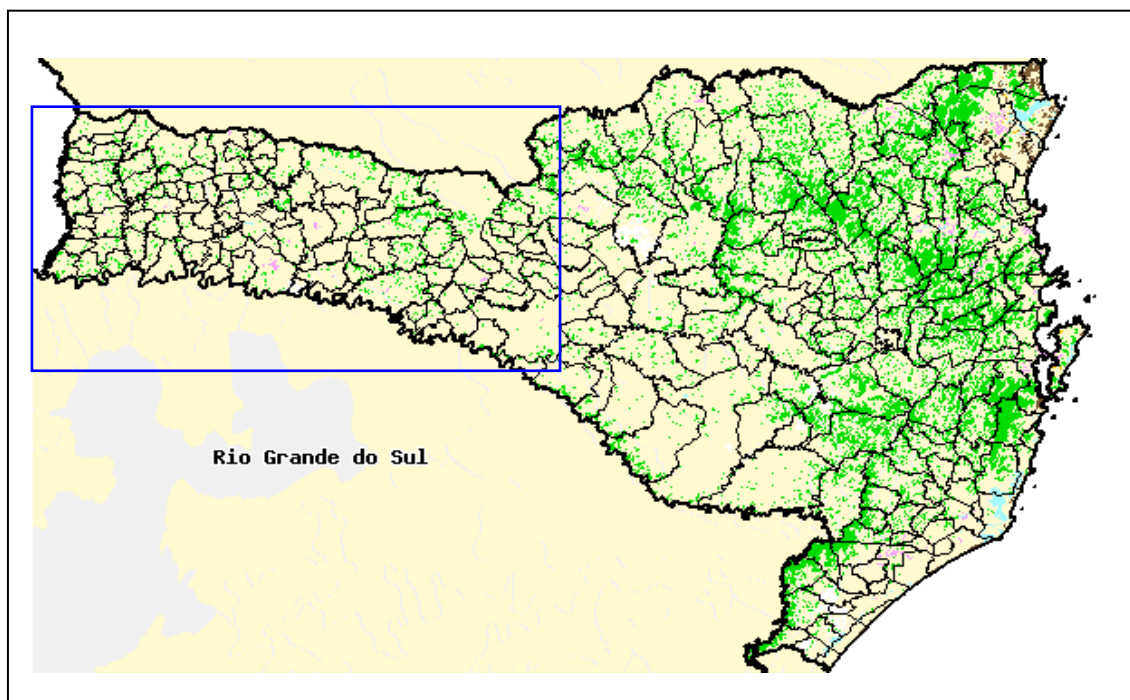


Figura 2: Situação atual da cobertura florestal remanescente no Estado de Santa Catarina, com destaque para a região oeste catarinense, segundo dados da Fundação SOS Mata Atlântica (2006).





49.573 km<sup>2</sup> e uma extensão de 2.300 km<sup>2</sup> da cabeceira principal à foz do rio Peperi-Guaçu. Esta bacia é composta pelas seguintes sub-bacias principais: Peperi-Guaçu, das Antas, Chapecó, Irani, Jacutinga, do Peixe, Canoas e Pelotas. A Bacia Hidrográfica do Uruguai é a maior bacia que banha o Estado, drenando todo centro-oeste de Santa Catarina. (SANTA CATARINA, 1997).

De acordo com dados da ANA (2006) o Rio Uruguai se origina da confluência dos Rios Pelotas e Peixe. Neste trecho, o rio assume a direção leste-oeste, dividindo os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A bacia hidrográfica possui, em território brasileiro 174.612 km<sup>2</sup> de área, o que equivale a 2% do território nacional.

Esta região hidrográfica abrange porções dos estados do Rio Grande do Sul (73%) e Santa Catarina (27%). A área total da bacia do rio Uruguai é de 385 mil Km<sup>2</sup>. A vazão média desta região hidrográfica corresponde a 2,6% da disponibilidade hídrica do País. A população da bacia do Rio Uruguai em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul em 2000, era de 3.834.654 habitantes (2,3% da população brasileira) e a densidade demográfica é de 22 hab/Km<sup>2</sup>, enquanto que a média do Brasil é 19,8 hab/Km<sup>2</sup> (MMA, 2006).

Em Santa Catarina para facilitar o estudo das bacias hidrográficas do estado, estas foram divididas em regiões hidrográficas (SANTA CATARINA,1997). A área de estudo compreende três destas regiões: RH1 – Extremo Oeste, composta pelas bacias hidrográficas Peperi-guaçu e das Antas; RH2 - Meio Oeste, composta pela bacia Chapecó e Irani; e parte da RH3- Vale do Rio do Peixe que compreende as bacias do Peixe e Jacutinga.

Santa Catarina (1997) destaca que a disputa por água em algumas regiões catarinenses é evidente. A captação de água para o abastecimento urbano está disputando espaço não só com as derivações destinadas à irrigação e ao suprimento industrial, mas principalmente com os lançamentos de efluentes, dejetos e agrotóxicos, que limitam o uso significativo da água.

A situação da qualidade da água da região oeste como um todo, tanto subterrânea como superficial, apresenta-se deteriorada pelo uso intensivo de agrotóxicos, pelo processo de erosão e lixiviação dos solos e principalmente pela concentração e manejo inadequado de dejetos de suínos. A poluição urbano-industrial também contribui para o processo de degradação (SANTA CATARINA, 1997). Ainda segundo o autor, a região oeste catarinense apresenta a maior concentração de suínos por km<sup>2</sup> do país, este fato aliado com o alto grau de confinamento, traz como consequência um grande aumento do volume e uma grave concentração de dejetos líquidos. Estes, mal manejados, vêm comprometendo continuamente e crescentemente as águas da região.

### 3.5 CLIMA

A localização geográfica e o relevo são condicionantes básicos que determinam o clima em Santa Catarina. Na classificação climática de Koeppen, o estado apresenta dois tipos de clima, de acordo com a região considerada. Para a região oeste do Estado o clima é classificado como “mesotérmico úmido com verão quente” – Cfa (SANTA CATARINA, 1997)

Para a caracterização do clima em nível de região hidrográfica no estado de Santa Catarina serão considerados os seguintes parâmetros: temperatura média anual, umidade relativa média anual e precipitação total anual. Na região oeste catarinense foram obtidos os seguintes dados junto às estações meteorológicas:

Tabela 2: Caracterização dos fatores climáticos condicionantes do clima da região oeste catarinense, a partir de série de dados históricos, adaptado de Santa Catarina (1997).

Município/Bacia Hidrográfica	Temperatura Média Anual (°C)	Umidade Relativa Média Anual (%)	Precipitação Média Anual (mm)
Itapiranga	19,76	80,04	1.764,30
São Miguel do Oeste	18,71	74,25	2.227,20
Abelardo Luz	18,26	79,00	2.315,00
São Domingos	18,43	79,55	—
Chapecó	18,83	73,30	1.992,00
Ponte Serrada	16,50	77,52	2.122,50
Xanxerê	16,92	80,26	2.221,10
Caçador	16,50	78,50	1.648,00
Fraiburgo	15,50	82,00	1.393,0
Herval do Oeste	17,60	81,20	1.973,50
Videira	17,12	77,80	1.798,80
Concórdia	18,75	79,00	1.815,00
Itá	18,44	75,56	1.533,50

Com relação à temperatura média anual obteve-se uma média de 18°C para a área de estudo, registrando-se o município de Pinheiro Preto com a menor temperatura média anual da região com 14,4°C e a maior em Concórdia com 23°C (Anexo 3).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 METODOLOGIA DA COLETA DE DADOS

Inicialmente foi realizado um levantamento dos municípios que decretaram estado de emergência por estiagem no Estado de Santa Catarina no período de 2004 a 2006. Estes dados foram obtidos junto ao Departamento Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina via fax e via internet na página da Instituição. Foram obtidos também mapas de Santa Catarina localizando os municípios em estado de emergência por estiagem dos anos de 2004 a 2006.

Após obter estas informações, delimitou-se os municípios objeto desta pesquisa, sendo escolhidas as regiões do extremo oeste, meio oeste e parte do vale do rio do Peixe. Para a pesquisa foi utilizada a lista de desastres naturais do Departamento Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina obtida no site desta e atualizada no mês de abril de 2006. Foram extraídos desta lista apenas os municípios que decretaram estado de emergência por estiagem e que se encontravam dentro da área de estudo, totalizando 121 municípios amostrados (Anexo 2).

Para fins de análise dos AVADANs, levou-se em consideração os anos de 2004 e 2005 devido as seguintes razões: no dia 23 de maio de 2006 o governo do estado de Santa Catarina em exercício naquela data, Eduardo Pinho Moreira, assinou um decreto de estado de emergência por estiagem coletivo, inédito no País, que abrangeu 20 secretarias de desenvolvimento regional, não sendo mais necessário o pedido de decretação a partir de solicitação de cada município. Este fato impossibilitou particularizar e caracterizar os motivos pelo qual cada município foi considerado em situação de emergência. Os anos de 2004 e 2005 foram escolhidos por apresentarem períodos em que um maior número de municípios

solicitou recursos à defesa civil devido à estiagem se comparado com os anos anteriores, bem como, o conjunto de informações disponíveis sobre eles era maior e mais qualificada.

Com os municípios e período da pesquisa delimitados, buscou-se na internet, junto ao site do Governo do Estado de Santa Catarina e de alguns municípios, informações que referiam-se às bases econômicas, área territorial, latitude, temperatura média anual, pluviosidade entre outras características relevantes das cidades estudadas.

Junto ao site da Fundação SOS Mata Atlântica foram obtidos os mapas que ilustram a situação original e atual de cobertura vegetal e o percentual de remanescentes em cada município amostrado. Outros dados foram obtidos em artigos científicos, livros e páginas na internet.

Para organizar as informações, os dados obtidos foram inseridos em uma tabela do software Excel, onde as características foram dispostas horizontalmente e a lista de municípios verticalmente (Anexo 3). Constam na tabela dados de cada município em estudo referentes aos anos de decretação de emergência no período de 2004 a 2006. O percentual de cobertura vegetal remanescente; os três principais tipos de solo, temperatura média anual, as três principais atividades econômicas, altitude, área e manancial de abastecimento .

#### 4.1.1 Dados pluviométricos

Para esta pesquisa foram utilizados dados pluviométricos de duas fontes diferentes, uma nacional, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e a outra estadual, Empresa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina SA (EPAGRI).

#### 4.1.1.1 Estações pluviométricas da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM)

Foram coletadas as séries históricas das estações pluviométricas da CPRM da região junto ao Sistema de Informações Hidrológicas – Hidroweb da Agência Nacional de Águas. Estas estão inseridas na Bacia principal do Rio Uruguai, nas sub-bacias 72 (Vale do Rio do Peixe), 73 (Meio-Oeste) e 74 (Extremo-Oeste). Entre todas as estações pluviométricas encontradas foram selecionadas 26 estações por possuírem dados completos, sob a perspectiva deste trabalho de pesquisa. Na tabela 3 estão os códigos das estações, coordenadas geográficas e período de disponibilidade das séries históricas.

Tabela 3: Características e localização das estações pluviométricas da CPRM no oeste do Estado de Santa Catarina, segundo dados adaptados de ANA (2006).

<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Município</b>	<b>Latitude S</b>	<b>Longitude W</b>	<b>Altitude (m)</b>	<b>Período (ano)</b>
02751004	Joaçaba	Joaçaba	-27:10:18	-51:30:1	560	1943-2004
02651001	Campina da Alegria	Vargem Bonita	-26:52:24	-51:47:47	1000	1943-2005
02651022	Santo Agostinho	Passos Maia	-26:36:31	-51:52:54	1250	1972-2004
02651040	Ponte Serrada	Ponte Serrada	-26:51:42	-52:1:9	1000	1976-2006
02652000	Abelardo Luz	Abelardo Luz	-26:33:22	-52:19:51	760	1957-2006
02652001	Bonito	Ipumirim	-26:57:9	-52:10:57	600	1969-2006
02652002	Marata	São Domingos	-26:35:2	-52:38:25	550	1972-2006
02652021	Jardinópolis	Jardinópolis	-26:44:10	-52:54:1	360	1976-2006
02652034	Porto Fae Novo	Coronel Freitas	-26:48:59	-52:44:00	360	1979-2006
02653003	Modelo	Modelo	-26:46:57	-53:3:9	530	1972-2005
02653007	Saudades	Saudades	-26:55:36	-53:0:28	280	1954-2006
02751011	Irani	Irani	-27:3:4	-51:54:44	1040	1976-2005
02752005	Concórdia	Concórdia	-27:18:52	-51:59:36	600	1955-2006
02653001	Campo Erê EMPLASC	Campo Erê	-26:26:48	-53:4:49	920	1969-2006
02653004	Ponte do Sargento	Romelândia	-26:40:53	-53:17:17	320	1970-2006
02653013	Palma Sola	Palma Sola	-26:21:22	-53:16:34	850	1976-2006

02753006	Palmitos	Palmitos	-27:4:16	-53:9:32	400	1959-2006
02651044	Calmon	Calmon	-26:35:56	-51:7:0	1200	1980-2005
02751012	Capinzal	Capinzal	-27:20:32	-51:36:30	498	1976-2006
02751018	Marcelino Ramos	Marcelino Ramos	-27:27:40	-51:54:16	420	1988-2006
02750009	Passo Marombas	Curitibanos	-27:19:51	-50:45:3	829	1958-2006
02651036	Quilômetro 30	Macieira	-26:46:33	-51:15:46	1133	1976-2006
02651052	Salto Veloso	Salto Veloso	-26:54:24	-51:24:35	1000	1988-2006
02653005	São José do Cedro	São José do Cedro	-26:27:16	-53:29:48	720	1972-2006
02751013	Tangará	Tangará	-27:6:0	-51:14:0	530	1970-2006
02653002	Dionísio Cerqueira	Dionísio Cerqueira	-26:15:55	-53:37:15	800	1972-2005

Para o período de 2003 a 2005 foram calculadas as médias acumuladas de precipitação (valor do mês dividido pela média histórica para aquele mês) para cada estação, além de média e desvio padrão contemplando todas as estações amostradas, com a finalidade de verificar a existência do fenômeno de estiagem ou não. Desses cálculos foi gerada uma tabela (anexo 5), sendo que os valores inferiores a 0,4 foram considerados como indicadores da presença de estiagem, seguindo o que afirma Castro (1996).

O conceito de estiagem adotado neste trabalho é o de Castro (1996), que estabelece o seguinte: *“existe estiagem quando o início da temporada chuvosa em sua plenitude atrasa por prazo superior a quinze dias e as médias de precipitação pluviométricas mensais dos meses chuvosos alcançam limites inferiores a 60% das médias mensais de longo período, na região considerada”*. Este conceito adotado está contido no Manual de Desastres Naturais publicado pela Secretaria Nacional de Defesa Civil. O Departamento Estadual de Defesa Civil do Estado de Santa Catarina forneceu importantes informações utilizadas nesta pesquisa especialmente àquelas constantes nos formulários de Avaliação de Danos e a lista dos municípios de Santa Catarina em estado de emergência por estiagem.

Foram calculadas as médias acumuladas para cada uma das estações meteorológicas nos seguintes períodos: em 2003 nos meses de maio–outubro (período supostamente de baixa precipitação) e novembro–dezembro (período supostamente com intensa precipitação); em



2004, nos períodos de janeiro-maio e outubro-dezembro e em 2005 de janeiro-maio para avaliar a precipitação nos anos e região estudada. Destes cálculos originaram mapas indicando a ocorrência ou não de estiagem na região e período avaliado, os quais se encontram nos resultados. Maiores detalhes sobre a metodologia de confecção destes mapas encontram-se abaixo no item 3.2.3 denominado Geoprocessamento.

#### 4.1.1.2 Estações pluviométricas e climáticas da Empresa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A (EPAGRI)

Foram elaborados diagramas climáticos, segundo Walter (1986) a partir dos dados de precipitação média mensal e temperatura média mensal dos anos de 2003 a 2006, de seis estações meteorológicas da EPAGRI, a saber: Chapecó, Itá, Ponte Serrada, Itapiranga, Videira e São Miguel do Oeste. O autor utiliza em seu diagrama a seguinte proporção: a cada 2 cm equivale 10 °C e cada 2 cm equivale a 20 mm de precipitação. Na interpretação do diagrama é necessário considerar que a altura da área pontilhada (seca) indica a intensidade da aridez e a sua largura é proporcional a duração. A estação árida (seca) que aparece no diagrama climático é árida somente quando relacionada com a estação úmida do tipo particular de clima que se está analisando (WALTER, 1986), no caso o clima no oeste do estado de Santa Catarina.

Tabela 4: Características e localização das estações da Epagri no oeste do Estado de Santa Catarina, segundo dados adaptados de EPAGRI (2007).

Estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período (anos)
Chapecó	27°05'26"	52°38'02"	679	1974 - 2006
Videira	27°01'27"	51°08'56"	774	1987-2006
Itá	27°15'50"	52°21'32"	504	1987-2006
Itapiranga Dois	27°10'46"	53°38'43"	200	1987-2006
Ponte Serrada	26°55'13"	51°55'39"	1100	1987-2006
São Miguel do Oeste	26°46'34"	53°30'14"	700	1974-2006

Para cada estação meteorológica, com dados de precipitação foi calculada a precipitação média mensal e este valor foi dividido pelo valor da precipitação média mensal histórica. A razão obtida representa o quanto a precipitação do mês se aproxima ou não dos valores históricos. Foi elaborada uma tabela onde, em amarelo, encontravam-se os valores iguais ou inferiores a 0,4 para demonstrar os períodos em que houve estiagem, esta encontra-se na sessão de resultados.

#### 4.1.2 Coleta de dados do Formulário de Avaliação de Danos (AVADAN)

O Formulário de Avaliação de Danos (AVADAN) (anexo 4) elaborado por cada um dos municípios que perceberam falta de água e necessitavam solicitar decretação de estado de emergência por estiagem, foi obtido junto ao Departamento Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina, localizado no município de Florianópolis. Os Avadans referentes ao período e área de estudo foram analisados na sede do Departamento por esta pesquisadora e deles foram retiradas informações relevantes. Foram analisados 169 formulários dos quais 48 referentes ao ano de 2004 e 121 referentes a 2005. Durante a análise dos formulários, iniciou-se pesquisando os formulários referentes ao ano de 2005, em seguida foram analisados dos de 2004. Ao analisar-se os Avadans do ano de 2004 constatou-se que estes repetiam muitas das informações dos formulários de 2005, portanto, decidiu-se trabalhar com uma amostra representativa de Avadans do ano de 2004, somando esta 42% do total de formulários do respectivo ano.

Em seguida os dados coletados foram tabulados para melhor análise. Dados qualitativos, muito genéricos, constantes nos Avadans foram eliminados da análise, por não fornecer informações relevantes para este estudo, especialmente o tópico 12 referente a avaliação da intensidade dos danos (critérios preponderantes e agravantes). Este tipo de dado

poderia variar de acordo com a percepção de cada indivíduo que o analisasse, deste modo poderia provocar interpretação que não condizem com os fatos reais, por isso tornou-se complicado deixá-lo nesta pesquisa.

#### 4.1.3 Geoprocessamento

Geoprocessamento é a área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações e planejamento urbano e regional (CÂMARA et al., 2001).

Neste trabalho utilizou-se o Programa ArcGIS 9.1, com as extensões *Spatial Analyst* e *3D Analyst*, em uma estação de trabalho padrão PC, além de alguns programas do Pacote *Office* do *Windows*, especialmente o *Access 2003* e o *Excel 2003*.

Foi criado um Sistema de Informações Geográficas (SIG) utilizando como base cartográfica a Cartografia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE com a Carta do Brasil de 1:50. 000, tendo como principais fontes àquelas relacionadas na tabela 5.

Tabela 5: Fontes de dados cartográficos, tabulares e texto

Nome do mapa	Fonte	Ano
Municípios	IBGE – Carta do Brasil 1:50.000	2005
Solos	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI	1999
Remanescentes florestais	Fundação Sos Mata Atlântica	2000
Série histórica pluviométrica (26 estações pluviométricas)	Agência Nacional de Águas – ANA / CPRM	Cada estação possui sua série histórica
Mapas de estado de emergência por estiagem em Santa Catarina	Departamento Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina	2004, 2005 e 2006

Estes mapas citados (Tabela 5) foram extraídos e editados conforme as necessidades do trabalho.

Existem duas principais formas de representar dados gráficos num meio digital: a estrutura matricial ou ‘raster’ e a estrutura vetorial. A maioria dos SIGs atuais suportam ambas as estruturas, o que permite ao usuário efetuar transformações entre elas, conforme lhe seja mais apropriado (CARVALHO et al., 2000).

No modelo vetorial todos os objetos ou condições do mundo real podem ser representados com precisão num mapa através de pontos, linhas ou polígonos (CARVALHO et al., 2000; CÂMARA, et al., 2001). Para Rocha et al. (2000) neste sistema os mapas são abstrações gráficas nas quais linhas, sombras e símbolos são usados para representar as localizações de objetivos do mundo real.

No modelo matricial ou ‘raster’ o espaço é regularmente subdividido em células, elementos da matriz-pixel, consistindo em uma malha quadriculada regular sobre a qual se

constrói o elemento que está sendo representado. A localização dos objetos geográficos ou as condições que as afetam é definida pelas posições nas linhas e colunas da matriz de células que ocupam. Cada célula armazena um valor que indica o tipo de objeto ou condição que é encontrada naquela localização (CARVALHO et al., 2000; ROCHA et al., 2000; CÂMARA et al., 2001).

A representação matricial supõe que o espaço pode ser tratado como uma superfície plana, onde cada célula está associada a uma porção do terreno. A resolução do sistema é dada pela relação entre o tamanho da célula no mapa ou documento e a área por ela coberta no terreno. Os dados são codificados, célula a célula, atribuindo a cada uma o código correspondente a uma classe referente ao fenômeno estudado (CÂMARA et al., 2001).

De um modo geral, quando o objetivo é a distribuição espacial de objetos, o desenvolvimento de análise de rede é o conhecimento a cerca dos relacionamentos espaciais entre objetos, a estrutura vetorial é mais adequada. Quando o objetivo é a variabilidade espacial de um fenômeno então a estrutura matricial pode ser mais adequada (CARVALHO et al., 2000). Os modelos vetoriais são mais utilizados em redes (esgoto, água, energia etc) enquanto os modelos 'raster' são aplicados em problemas ambientais (gestão, zoneamento, planejamento etc) (ROCHA et al., 2000).

De acordo com Câmara et al. (2004) as representações geométricas utilizadas incluem as seguintes alternativas: pontos 2D, polígonos, amostras, grade regular e triangular e imagens. Neste trabalho foram utilizadas as representações polígonos (municípios), amostras (estações pluviométricas), grade regular e grade triangular (chuvas acumuladas).

O polígono é um conjunto de pares ordenados  $(x, y)$  de coordenadas espaciais, de tal forma que o último ponto seja idêntico ao primeiro formando uma região fechada no plano (CÂMARA et al., 2004).

A amostra consiste em coordenadas  $(x, y, z)$  nos quais os pares  $(x, y)$  representam o ponto no espaço e indicam as coordenadas geográficas e  $z$  indica o valor do fenômeno estudado para a localização (CÂMARA et al., 2004). Neste trabalho foi utilizada a representação amostra para adicionar e trabalhar as estações pluviométricas da área de estudo. Neste caso a coordenada “ $z$ ” refere-se aos dados de pluviometria. Por esta representação foram criados diversos mapas numéricos (grades regulares) de chuvas os quais foram utilizados para caracterizar o fenômeno da chuva e da estiagem.

As grades regulares são representações matriciais, onde cada elemento da matriz se encontra associado a um valor numérico (também chamados de mapas numéricos). Em sua geração são utilizados interpoladores matemáticos, a partir de um conjunto de pontos originais, para estimar os valores para as células que não possuem elevação, considerando-se os pontos vizinhos. Os procedimentos de interpolação para geração de grades regulares a partir de amostras variam de acordo com a grandeza medida (ROCHA et al., 2000, CÂMARA et al., 2001). Neste trabalho, as grades numéricas foram geradas a partir do mapa de estações pluviométricas, interpoladas utilizando-se a função de ponderação pelo inverso do quadrado da distância entre elas.

Outro tipo de estrutura também utilizada como mapa numérico, para a modelagem da distribuição quantitativa de uma grandeza no espaço é a grade triangular (TIN – *Triangular Irregular Network*). De maneira simplificada pode-se dizer que o processo de geração de grades triangulares funciona unindo-se os pontos de maneira a formar uma triangulação aceitável, realizando-se a interpolação nessa malha e obtendo-se as curvas de nível. As grades triangulares ou TIN são estruturas do tipo vetorial, compostas de arcos e nós que representam a superfície através de um conjunto de faces triangulares interligadas. Para cada um dos vértices dos triângulos, a exemplo das grades regulares, são armazenadas as coordenadas de

localização (x,y) e o atributo z, representando um valor temático qualquer (ROCHA et al., 2000, CÂMARA et al, 2001).

Neste trabalho, as etapas metodológicas que envolvem o uso de ferramentas de geoprocessamento estão descritas a seguir.

Em primeiro lugar foi criado um SIG para organizar todos os dados e possibilitar a realização de todo o trabalho de forma ordenada e organizada, bem como permitir a realização de todas as tarefas necessárias.

Como primeira etapa, foi obtida a cartografia básica para o SIG, junto à Mapoteca Virtual da EPAGRI. Nesta foram obtidas duas folhas referentes ao mapa de solos para a área de estudo. A primeira refere-se ao mapa da Unidade de Planejamento Regional Oeste Catarinense (UPR1) elaborada no ano de 2002 em escala de 1:250.000 onde consta além do tipo de solo, também o nome do município (1:50000) e rede de drenagem (1:250.000). Na segunda consta a Unidade de Planejamento Regional do Meio Oeste Catarinense (UPR2) elaborada também no ano de 2002 em escala de 1:250.000 onde aparecem ainda às informações de município (1:50000) e rede de drenagem (1:250.000).

O município foi definido como uma das unidades básicas de trabalho, sendo a outra as estações pluviométricas. No município foram mapeados os dados referentes à defesa civil e as estações pluviométricas, mapearam suas próprias informações.

A segunda etapa foi à obtenção dos dados de estações pluviométricas, tanto as tabelas de dados quanto o mapa com a localização das mesmas, o que foi realizado junto à Agência Nacional de Águas, num total de 26 estações distribuídas pela área de estudo. Estas foram escolhidas após observação de dados de todas as estações presentes na área de estudo, sendo que somente estas possuíam dados completos para as análises pretendidas, ou seja, uma série temporal significativa. A partir de dados obtidos no Programa *Hidroweb* (Sistema de Informações Hidrológicas), produto localizado dentro do setor de informações hidrológicas

pertencente ao site da ANA, obteve-se as médias históricas das estações amostradas na área de estudo.

A terceira etapa foi a organização de planilhas matemáticas utilizando o programa EXCEL contendo as tabelas de dados de pluviometria para as estações pluviométricas. Esta etapa foi necessária para o cálculo das médias acumuladas para cada uma das estações, no período de maio – outubro (observar a quantidade do déficit de água na região) e novembro – dezembro (observar quanto de água recarregou o solo) do ano de 2003, janeiro-maio de 2004 e dezembro (2004) – maio de 2005 para observar a situação da região.

A quarta etapa consistiu na agregação dos dados da etapa anterior ao SIG, espacializando-os segundo o mapa de estações pluviométricas. Este procedimento foi realizado através de comandos de junção entre tabelas.

A quinta etapa consistiu na modelagem dos dados da etapa anterior gerando grades triangulares e retangulares usando a extensão *3D Analyst* do ARCVIEW. O resultado foi a uma TIN que depois foi convertida em ‘raster’ formando uma TINGRID. A grade regular resultante foi gerado com células de 500 metros de resolução. Os mapas foram gerados por métodos de interpolação, criados a partir da média ponderada pela distância inversa. Em síntese, este processo criou uma grade triangular que posteriormente foi transformada em uma grade regular.

A sexta etapa refere-se a simbolização dos mapas numéricos gerados anteriormente, buscando diferenciar as situação de eventos de estiagem. Para a simbolização utilizou-se quatro classes: 0,0 - 0,4 (em vermelho); 0,4-0,6 (em amarelo); 0,6-0,8 (em azul claro); 0,8-1,0 (em azul escuro). Conforme o conceito de estiagem descrito por Castro (1996, p.54)<sup>1</sup> a cor vermelha, ou seja, valores até 0,4 representam a presença do fenômeno.

---

<sup>1</sup> : “...existe estiagem quando as médias de precipitação pluviométricas mensais dos meses chuvosos alcançam limites inferiores a 60% das médias mensais de longo período, na região considerada”



A sétima etapa foi à organização dos dados da Defesa Civil. Estes dados foram obtidos através de Formulários de Avaliação de Danos (AVADAN), obtidos junto ao Departamento Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina. Estes boletins são referentes ao estado de emergência por estiagem nos municípios da área de estudo.

Dentre todo o conjunto de dados presentes nos AVADANS, alguns foram aproveitados, editados e espacializados, entre eles:

- O mês de ocorrência do desastre
- O mês de documentação do desastre
- A diferença em dias entre o dia do evento e o dia de documentação.

Para a geração destes mapas, foi utilizado procedimento semelhante ao usado para os dados de pluviometria, só que desta vez associados ao polígono do município. Após a organização de uma planilha no programa EXCEL foi realizado o comando *JOIN* no *Arcview* para a junção destes dados à tabela dos municípios, realizado através do campo comum nome do município, presente em ambas as tabelas. Estes mapas posteriormente foram transformados para o modelo *raster*, com o auxílio da extensão *Spatial Analyst*.

A oitava etapa consistiu na organização do mapa de solos da EPAGRI, o qual foi editado, sendo caracterizado na área de estudo por 8 classes, entre elas: água (0), organossolo (1), gleissolo (2), cambissolo (3), latossolo (4), nitossolo (5), neossolo (6) e área urbana (7).

As classes foram agrupadas em ordem decrescente segundo o tipo de solo: do mais hidromórfico para o menos hidromórfico observando-se o que relata Embrapa (1999) na bibliografia Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. A estas classes atribuiu-se um sistema de classificação por números devido ao software utilizado, *Arcview*, não aceitar a classificação por meio de palavras. Este mapa posteriormente foi transformado em uma representação matricial ou 'raster', com o auxílio da extensão *Spatial Analyst*.

Junto a Fundação SOS Mata Atlântica foi obtido o mapa de vegetação, sendo que este foi editado e constituído de 7 classes: rio (1), lago (2), nuvem (3), remanescentes (4), decréscimo de remanescentes (5), área urbana (6) e outras (7), sendo esta última caracterizada principalmente por áreas agrícolas e pecuária. As classes foram classificadas conforme o tipo de ocupação na ordem crescente: do menos prejudicial ao mais prejudicial para o fornecimento de água na área de estudo. As classes foram estabelecidas em classes numéricas devido ao programa Arcview aceitar esta operação somente com classes em formato de números. Este mapa posteriormente foi transformado para o modelo 'raster', com o auxílio da extensão *Spatial Analyst*.

## 5 RESULTADOS

Este trabalho avaliou a possível relação existente entre os parques percentuais de cobertura florestal e a falta de água sofrida pelos municípios da região oeste do estado de Santa Catarina nos anos de 2003 a 2006. Durante esses anos a falta de chuvas, segundo informações da imprensa regional e estadual, provocou grandes prejuízos às principais atividades econômicas da região que são agricultura, pecuária e agroindústrias.

No ano de 2006 o governador do estado de Santa Catarina em exercício, Eduardo Pinho Moreira, decretou estado de emergência coletivo por estiagem, decreto este que é inédito no país e atingiu 160 municípios distribuídos em 20 secretarias de desenvolvimento regional de Santa Catarina.

Avaliamos as características físicas, destacando a precipitação e a temperatura, bem como econômicas e populacionais de 121 municípios da região oeste do estado de Santa Catarina com indicadores de problemas causados pela falta de água no período de 2003 a 2006, cujos resultados serão destacados na seqüência.

As informações referentes a base física, econômica, de cobertura vegetal e populacional da área de estudo evidenciam que a região oeste se caracteriza por ser predominantemente agrícola, pecuarista e agroindustrial (Anexo 3; Fig. 4) entremeada por núcleos urbanos concentrados nos municípios pólos das microrregiões

Junto ao site da Fundação SOS Mata Atlântica foi obtido o percentual de cobertura florestal remanescente de cada município pertencente a área de estudo. Calculou-se a média de cobertura florestal remanescente (CFR) para a área pesquisada obtendo-se um valor de apenas 20% de remanescentes. A cobertura florestal é fragmentada e os remanescentes estão dispersos pelo espaço geográfico regional (Fig. 4).

Apenas 13% dos municípios amostrados encontram-se com cobertura florestal remanescente cobrindo 30% ou mais do seu território. Com 15% do território coberto por fragmentos florestais tem-se 28% dos municípios. Há casos verdadeiramente críticos quanto à cobertura florestal remanescente, ou seja, menos de 5% do território do município possui floresta, como por exemplo, Bom Jesus e Paial com 3% e Itá com 2% do seu território.

Observando-se o mapa de uso do solo e de remanescentes florestais constata-se a intensa cobertura do solo com agricultura e pecuária em detrimento da cobertura florestal, fato que pode ter implicações sobre a conservação e a dinâmica de água no sistema ecológico regional podendo afetar a disponibilidade de água para as atividades econômicas.

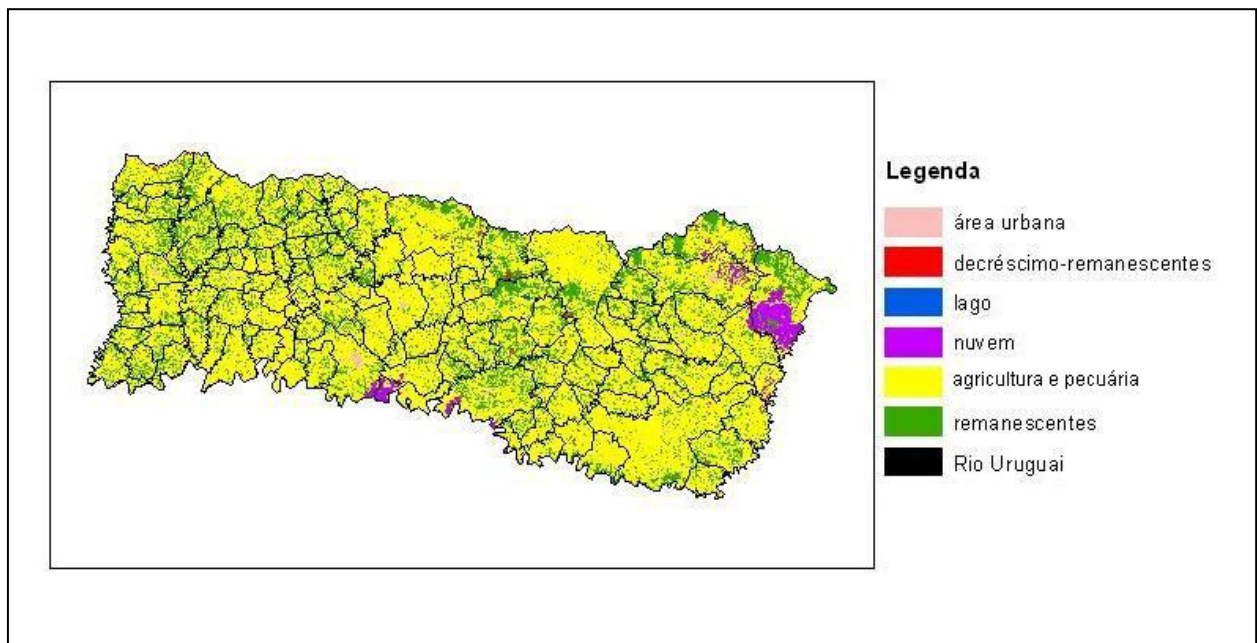


Figura 4: Uso do solo e cobertura florestal no oeste de Santa Catarina adaptado de Fundação SOS Mata Atlântica.

Na área de estudo destacam-se: as atividades agrícolas (Anexo 1: Fig.4) e pecuárias (75%), seguidas por pequena cobertura florestal remanescente (22%) e áreas urbanas com 0,48% do total, baseado nos dados da Fundação SOS Mata Atlântica (2004).

As atividades agrícolas e pecuárias bem como as áreas urbanas são grandes consumidoras de água, seja para abastecimento das culturas agrícolas, para dessedentação dos animais, nos processos agroindustriais e abastecimento urbano. As três principais atividades econômicas de cada município por ordem de importância respectivamente são: agropecuária (56%); seguida por avicultura (14%) e suinocultura (15%) dos municípios da área de estudo.

Ao avaliarmos os tipos principais de atividades econômicas da região estudada constata-se sua alta dependência por elevados volumes de água durante as safras ou processos agroindustriais.

Os principais tipos de solo encontrados na área de estudo são: cambissolo (47%), nitossolo (32,2%), latossolo (12%) e neossolo (7,5%) respectivamente. Os solos orgânicos (0,05%) e gleissolos (0,1%) foram pouco representativos na região (Fig. 5, Anexo 3).

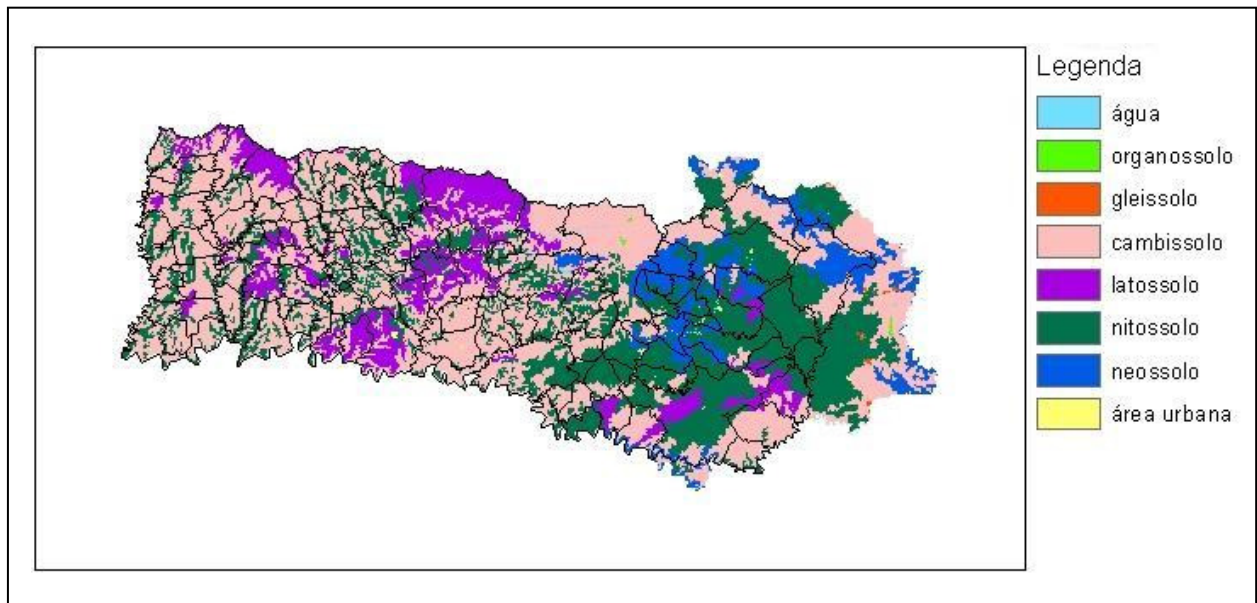


Figura 5: Solos observados na área de estudo, oeste de Santa Catarina, adaptado de Epagri (1999).

Foi pesquisada a extensão territorial de cada município da área de estudo. Observou-se que o município com menor área de extensão foi Cunhataí, com 55,2 Km<sup>2</sup> e o maior foi Água Doce com 1.309 Km<sup>2</sup>. Calculando-se uma média para a área de estudo, obteve-se que os municípios apresentam em média 241 Km<sup>2</sup> de extensão territorial.

A área de estudo apresenta uma média de 608 m de altitude para os municípios, sendo que o município com menor altitude encontrado foi Itapiranga com 206 m e o de maior altitude foi Calmon com 1.200 m.

Os municípios utilizam para abastecimento de água além de rios locais e regionais também poços artesianos. Quanto as principais bacias que abastecem a área de estudo pode-se citar a Bacia do Uruguai e a Bacia do Rio do Peixe e seus afluentes.

A utilização de água de poços artesianos por alguns municípios indica que a água de superfície disponível não é suficiente, ou pode ter custo elevado, ou não apresenta a qualidade desejável.

#### 5.1 DECRETOS DE ESTADO DE EMERGENCIA POR ESTIAGEM

A análise dos municípios decretados em estado de emergência devido à estiagem em 2004, 2005 e 2006 demonstram que para a Secretaria Estadual de Defesa Civil grande parte dos municípios e em 2006 sua totalidade apresentaram crise de abastecimento de água com grandes impactos na economia regional (Figs. 6, 7 e 8).

No ano de 2004 foram 152 decretações, em 2005 foram 182 e em 2006, até o mês de abril, foram 194 municípios (Figs. 6, 7 e 8).

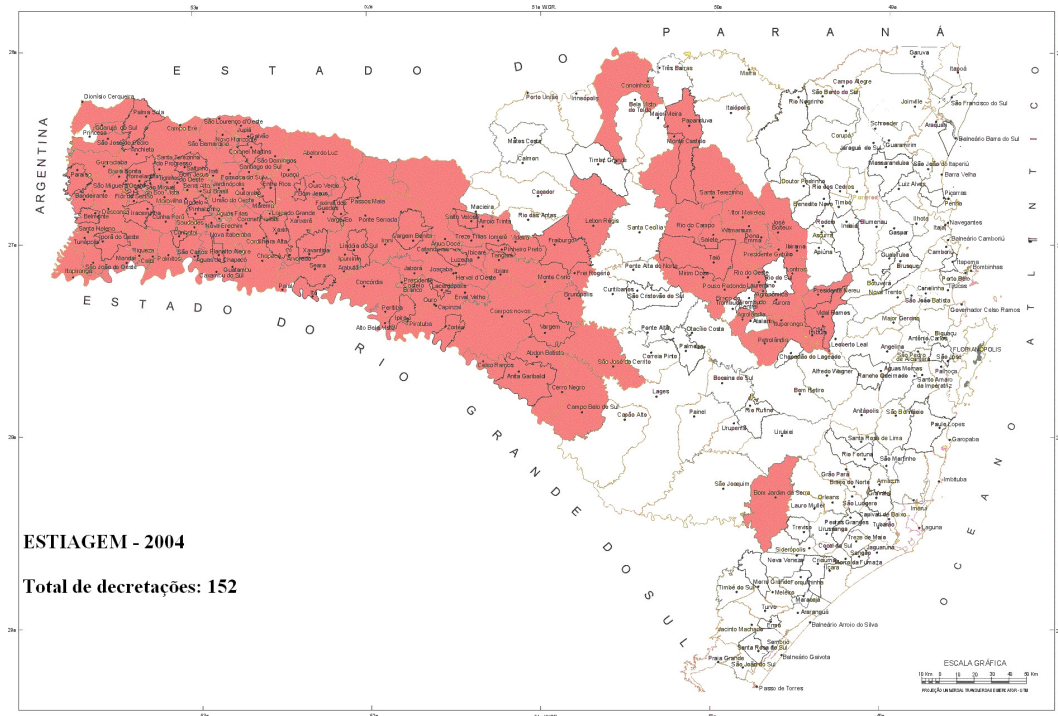


Figura 6: Municípios sob decreto de estado de emergência por estiagem em Santa Catarina no ano de 2004. Fonte: Secretaria de Defesa Civil de Santa Catarina

Constata-se que em 2004 apenas os municípios de Calmon, Caçador, Rio das Antas e Macieiras não tiveram decretado estado de emergência por estiagem. Esses municípios encontram-se em regiões com altitudes superiores a 800 m. Analisando a precipitação registrada na estação meteorológica de Videira em 2004 constata-se que somente no mês de junho a precipitação foi baixa (42,6 mm).

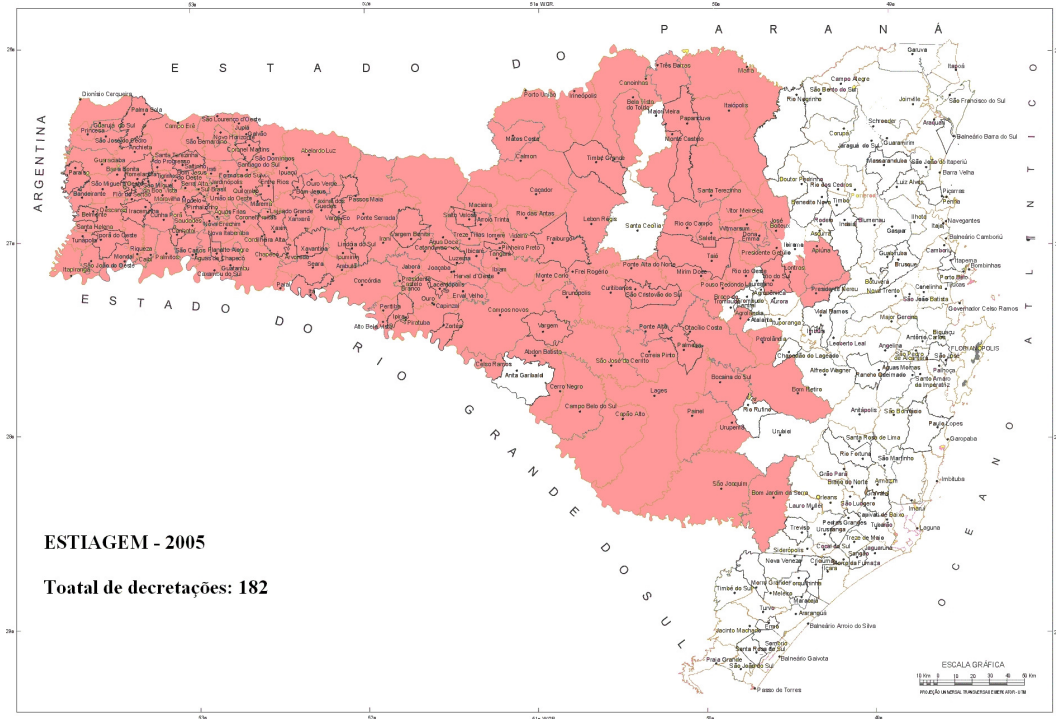


Figura 7: Municípios sob decreto de estado de emergência por estiagem em Santa Catarina no ano de 2005. Fonte: Secretaria de Defesa Civil de Santa Catarina.

Em 2005 todos os municípios da região oeste de Santa Catarina foram decretados em estado de emergência pela estiagem, e a população sofreu grave crise de falta da água com perdas na agropecuária.



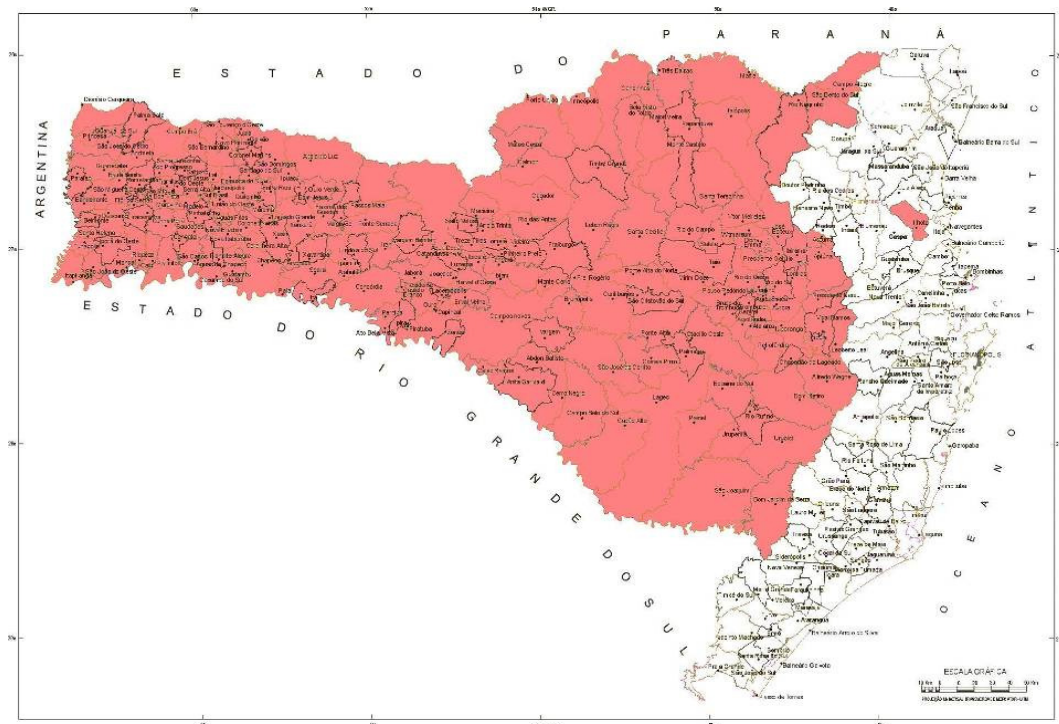


Figura 8: Municípios sob decreto de estado de emergência por estiagem em Santa Catarina no ano de 2006. Fonte: Secretaria de Defesa Civil de Santa Catarina.

O município para dar entrada ao pedido de decretação estado de emergência por estiagem, deve preencher o Formulário de Avaliação de Danos (Anexo 4), conhecido como Avadan. Neste formulário são solicitadas informações referentes ao desastre, muitas vezes de forma qualitativa e ou quantitativa. Dos Avadans existentes na Secretaria Estadual de Defesa Civil foi avaliada uma amostra constante de 169 formulários, dos quais 48 referiam-se ao ano de 2004 e 121 ao ano de 2005.

Com referência a data de ocorrência do fenômeno de estiagem, notou-se que em 2004, dos 48 municípios amostrados que requereram estado de emergência por estiagem, 8% dataram o fenômeno como ocorrido no mês de janeiro, 16% no mês de fevereiro, 60% no mês de março, 6% em abril, 4% em maio e 4% no mês de dezembro daquele ano (Fig. 9).

Com relação à data de ocorrência do fenômeno de estiagem no ano de 2005 dos 121 gestores que preencheram o Avadan, 10% destes descreveram o fenômeno como ocorrido no mês de janeiro, 84% em fevereiro, 5% em março e 1% em abril (Fig. 9).

Com relação à data da documentação dos Avadans amostrados, observou-se que no ano de 2004, 6,2% foram documentados no mês de fevereiro, 75% em março, 8,4% em abril, 8,4% em maio e 2% em dezembro.

Em 2005, dos 121 Avadans analisados foram documentados 11% das ocorrências no mês de janeiro, 80% em fevereiro, 6% em março e 3% em abril.

Abaixo se encontram os mapas que ilustram estes dados:

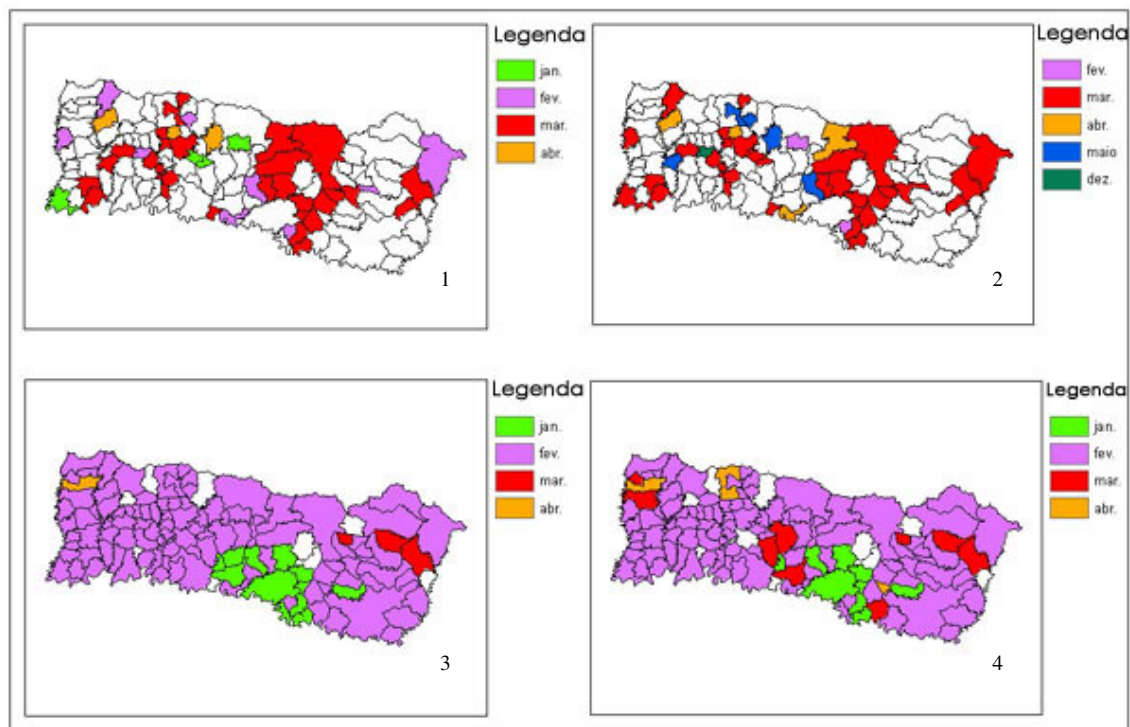


Figura 9: Municípios do oeste do Estado de Santa Catarina e período (meses) em que ocorreu o fenômeno de falta de água devido à estiagem em 2004 e 2005 e a data da documentação dos municípios (AVADAN) comunicando este fato à defesa civil, oeste do estado de Santa Catarina: 1) município e mês em que ocorreu a estiagem no ano de 2004; 2) município e mês em que foi documentada a estiagem em 2004; 3) município e mês em que ocorreu a estiagem em 2005; 4) município e mês em que foi documentada a estiagem em 2005.

Com relação ao tópico área afetada, notou-se que no ano de 2004, cerca de 27% dos municípios amostrados citaram que foram afetados somente na área rural e 73% em todo o seu território. No ano de 2005, 10% afirmaram que foram afetados apenas na área rural do município e 90% foram afetados em todo seu território.

Segundo informações contidas nos formulários de Avaliação de Danos o tipo de atividade mais afetado em 2004 foi à agricultura citada por 87% dos municípios, seguida pela pecuária (73%), áreas residenciais (52%), comerciais (27%), industriais (23%), extrativismo (12%), turismo (8%), APAs ou reservas florestais (2%) e mineração (2%), Fig. 10.

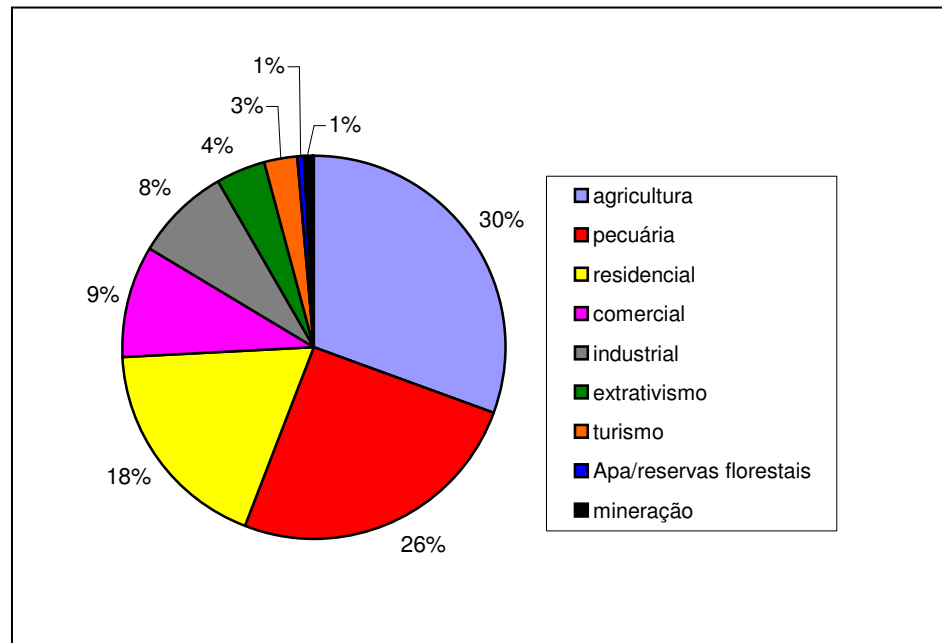


Figura 10: Atividades mais afetadas no ano de 2004 pela falta de água, no oeste do estado de Santa Catarina, baseado nos dados constantes nos Avadans.

Em 2005 a mineração não foi mais citada, destacando-se a agricultura como principal setor afetado (94%) dos municípios, pecuária (89%), áreas residenciais (71%), comerciais (41%), industriais (33%), extrativistas (24%), turismo (11%) e APAs ou reservas florestais (2%), Fig. 11.

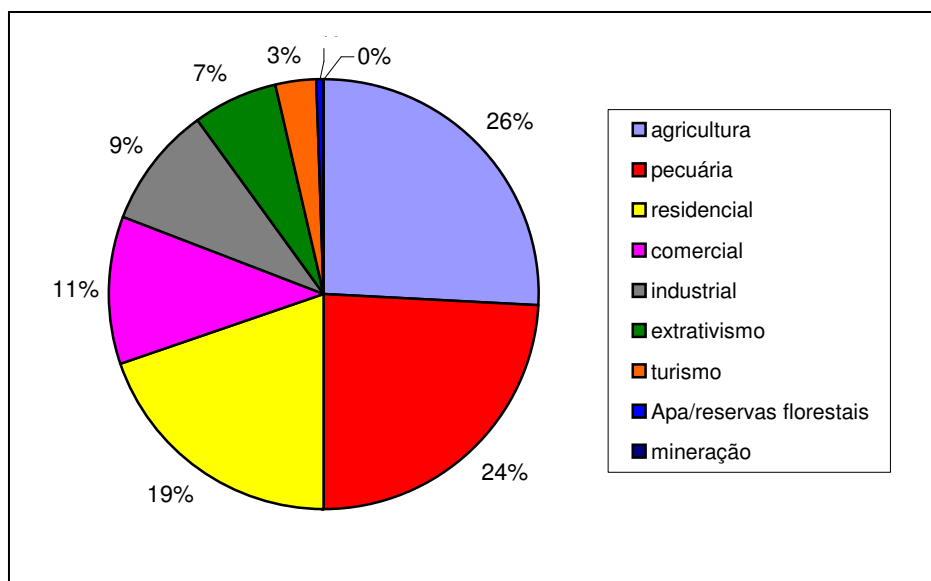


Figura 11: Atividades mais afetadas no ano de 2005 pela falta de água, no oeste do estado de Santa Catarina baseado nos Avadans.

Quanto às causas da crise constata-se que praticamente em todos os formulários preenchidos referem-se à estiagem prolongada. Alguns dos municípios complementaram afirmando que a estiagem esteve relacionada a longos períodos sem chuvas, com chuvas irregulares ou ainda chuvas abaixo da média mensal histórica para os meses anteriores ao desastre. Estes foram principalmente relatados no ano de 2005. Altas temperaturas e baixa umidade também foram fatores descritos neste campo do formulário nos dois anos amostrados.

Com relação ao tópico danos aos humanos foi observado apenas o número total de pessoas afetadas por município. Em 2004 o número de pessoas afetadas representou cerca de 63% do total de habitantes destes. Em 2005 este número subiu para 80% do número total de habitantes por município.

No tópico danos materiais (edificações) foram registrados nos dois anos amostrados, prejuízos nas estradas, sendo em 2004, 14% dos municípios contabilizaram um total de 2116 quilômetros de estradas danificadas somando um prejuízo na ordem de 1 bilhão e 992 mil

reais. Em 2005, foram totalizados prejuízos de 13.347 km de estradas prejudicadas contabilizando cerca de 24 bilhões 185 mil reais, em 35% de municípios amostrados.

O tópico danos ambientais (recursos naturais) foi o menos apontado entre os tópicos pesquisados. Em 2004 foram descritos pelos municípios como itens prejudicados pela estiagem: a falta de água por 16% dos formulários, queimadas (4%), erosão do solo (4%), partículas em suspensão no ar (4%), fauna (2%) e efluentes industriais lançados na água (2%). Em 2005 foram citados: falta de água (1%), queimadas (3%), partículas em suspensão no ar (1%), contaminação da água (1%) e morte de plantas (1%).

Com relação ao tópico prejuízos sociais (serviços essenciais) observou-se que em 2004 foram citados os seguintes itens: manancial por 16% dos municípios, estação de tratamento de água (ETA) (6%), rede de distribuição de água (8%), rede de distribuição de energia elétrica (2%), vias de transporte (2%) e assistência médica (2%).

Foram observados também relatos de que o fenômeno aumenta a quantidade de atendimentos médicos devido ao surgimento de doenças respiratórias principalmente, necessidade de grandes gastos com transporte de água para abastecimento da população e rodovias danificadas mais freqüentemente devido ao ressecamento destas.

Em 2005 foram citados como prejuízos sociais os seguintes elementos: manancial por 44% dos formulários, estação de tratamento de água (ETA) (5%), rede de distribuição de água (3%), vias de transporte (3%) e assistência médica (3%). Na descrição destes prejuízos foram citados os elementos já observados no ano anterior: êxodo rural, surgimento de doenças, transporte de água, danos às rodovias e também novos elementos como: prejuízos na vida aquática local, queda da produção leiteira e agrícola, atraso no início das aulas devido à falta de água nas escolas, baixa umidade, diminuição do índice econômico do município e um registro de combustão do lixo do município que trouxe fumaça, fuligem e doenças a comunidade residente próximas do local.

Quanto aos prejuízos econômicos (setores da economia) em 2004, muitos municípios expressaram: houve perdas agrícolas, pecuárias, avícolas, suínas, na piscicultura, nas pastagens que ressecaram e no comércio local. Estes não quantificaram os prejuízos de forma numérica na descrição deste tópico. Em 2005 entre os municípios que representaram de maneira qualitativa seus prejuízos econômicos, destacaram-se as seguintes perdas: fontes de água secaram, produtores agrícolas perderam suas produções e ficaram descapitalizados, pastagens ressecaram, foi necessário transporte de água para população e animais, surgiram doenças, morte de peixes, aves, suínos e mudas de árvores de viveiros, problemas nas indústrias, comércio e rodovias.

Entre os municípios que representaram de forma quantitativa seus prejuízos, observou-se que os setores mais afetados nos anos de 2004 e 2005 foram: agricultura seguida da pecuária. Dentro do setor agrícola as atividades mais afetadas foram a de grãos/legumes/cereais e a fruticultura. No setor pecuário os principais prejuízos referiram-se às atividades de produção de leite e avicultura.

Dentre os diversos prejuízos causados nas atividades econômicas as culturas agrícolas e atividades mais citadas como prejudicadas pela estiagem nos formulários estão: cultura de milho, soja e feijão, fruticultura e produção leiteira.

Em 2004 entre as atividades agrícolas mais afetadas, segundo os gestores dos municípios: milho em média (48%), com mínima de 35% e máxima de 70%; feijão com média de 64%, mínimo de 35% e máximo de 100%; arroz com média de 59%, mínimo de 24% e máximo de 95%; soja com média de 44%, mínimo de 29% e máximo de 60% e fruticultura com média de 36%, mínimo de 20% e máximo de 50%. No setor da pecuária predominaram prejuízos na avicultura em média de 10%, mínima e máxima de 10% também, produção leiteira com média de 35%, mínima de 20% e máxima de 51%, Fig. 12.

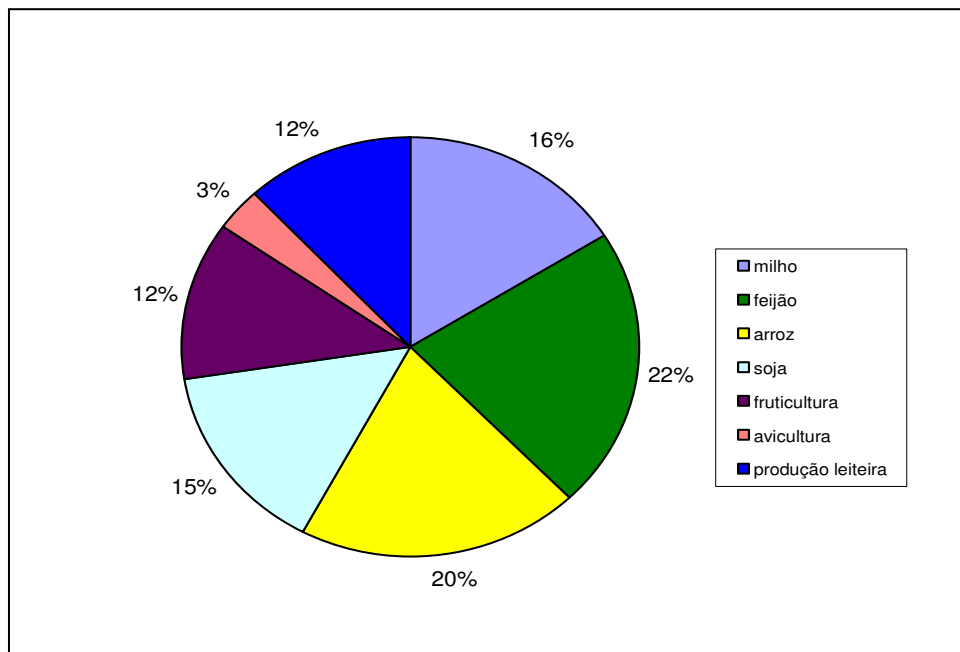


Figura 12: Atividades econômicas mais afetadas pela estiagem em 2004, baseado nos dados dos Avadans.

Em 2005 dentre as atividades agrícolas prejudicadas pela estiagem predominaram as mesmas culturas do ano anterior, mas com diferentes percentuais. Foi acrescentada ainda a cultura de fumo. A cultura de milho sofreu em média prejuízos de 46%, mínimo de 8% e máximo de 88%, feijão com media de 57%, mínimo de 6% e máximo de 100%, arroz com média de 72%, mínimo de 15% e máximo de 100%, soja com média de 51%, mínimo de 10% e máximo de 90%, fumo com média de 20%, mínimo de 5% e máximo de 40%, fruticultura com média de 33%, mínimo de 15% e máximo de 80%. No setor pecuário as perdas foram em média de 14% para aves, mínimo de 3% e máximo de 30% e na produção leiteira perdeu-se em média 34% da produção, com mínimo de 5% e máximo de 60%, Fig. 13.

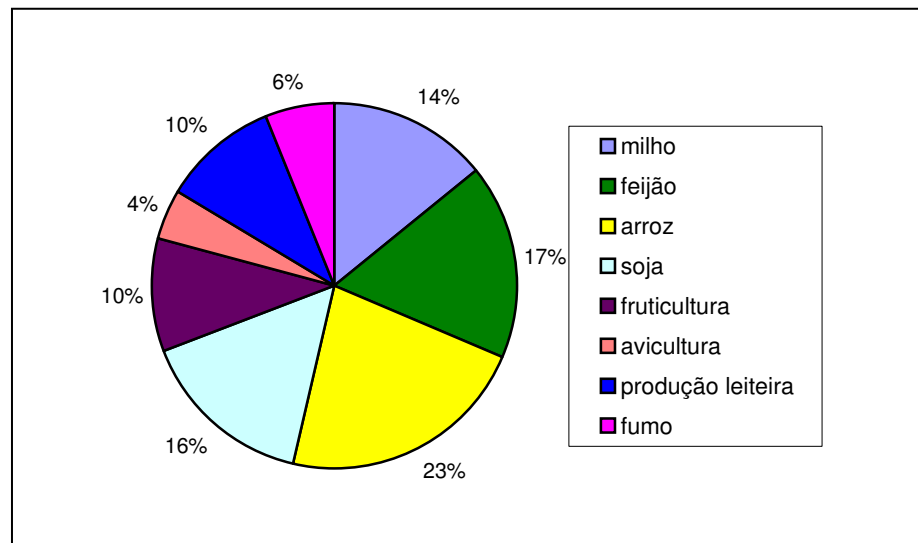


Figura 13: Atividades econômicas mais afetadas pela estiagem em 2005 baseadas nos dados dos Avadans.

## 5.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS DA ÁREA DE ESTUDO

Neste item foram utilizados dois conjuntos de dados. O primeiro corresponde a dados obtidos no site da Agência Nacional de Águas – ANA e pertencem a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, e o segundo foi obtido junto a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A – EPAGRI.

### 5.2.1 Dados obtidos através da CPRM

Os mapas foram estruturados em quatro classes, valores abaixo ou igual a 0,4 (em vermelho) que significam que choveu 40% da chuva média histórica para o mês em avaliação, ou seja, redução de 60% do esperado e mais três classes que indicam valores acima de 0,4 (em amarelo – 0,4 a 0,6; em azul claro – 0,6 a 0,8; azul escuro – 0,8 a 1,0), sendo que o primeiro indica a presença de estiagem e as outras três classes a ausência do fenômeno. A



caracterização de estiagem utilizada neste trabalho foi baseada no Manual de Desastres Naturais da Defesa Civil Nacional em que Castro (1996) considera: “... *existe estiagem quando o início da temporada chuvosa em sua plenitude atrasa por prazo superior a quinze dias e as médias de precipitação pluviométricas mensais dos meses chuvosos alcançam limites inferiores a 60% das médias mensais de longo período, na região considerada*”.

Abaixo seguem os mapas gerados para este trabalho:

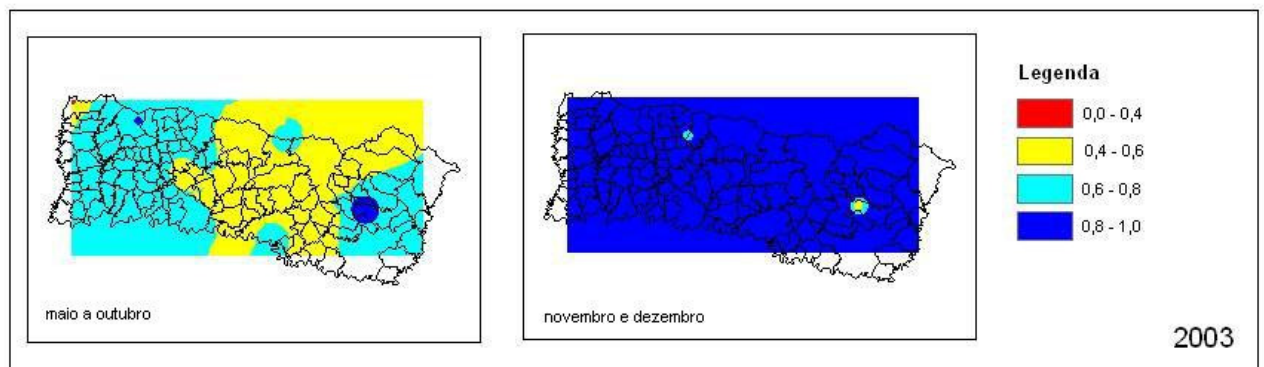


Figura 14: Índice de precipitação média mensal resultante da razão entre a precipitação média mensal do ano de 2003 e a precipitação média mensal histórica, região oeste de Santa Catarina.

Analisando-se os mapas de chuvas acumuladas geradas para o ano de 2003 nota-se a não ocorrência do fenômeno de estiagem na área de estudo de maio a dezembro conforme o conceito de estiagem proposto por Castro (1996), ou seja, para todas as estações pluviométricas amostradas os valores de chuvas acumuladas ficaram acima de 0,4.

Observa-se que no período de maio a outubro choveu menos que no final do ano de 2003, ficando em torno de 40 a 80% da média histórica de chuva. Nos meses de novembro e dezembro houve chuvas frequentes, possíveis de estabelecerem os padrões históricos.

Para o ano de 2004 observa-se a seguinte situação nos mapas que se encontram abaixo:

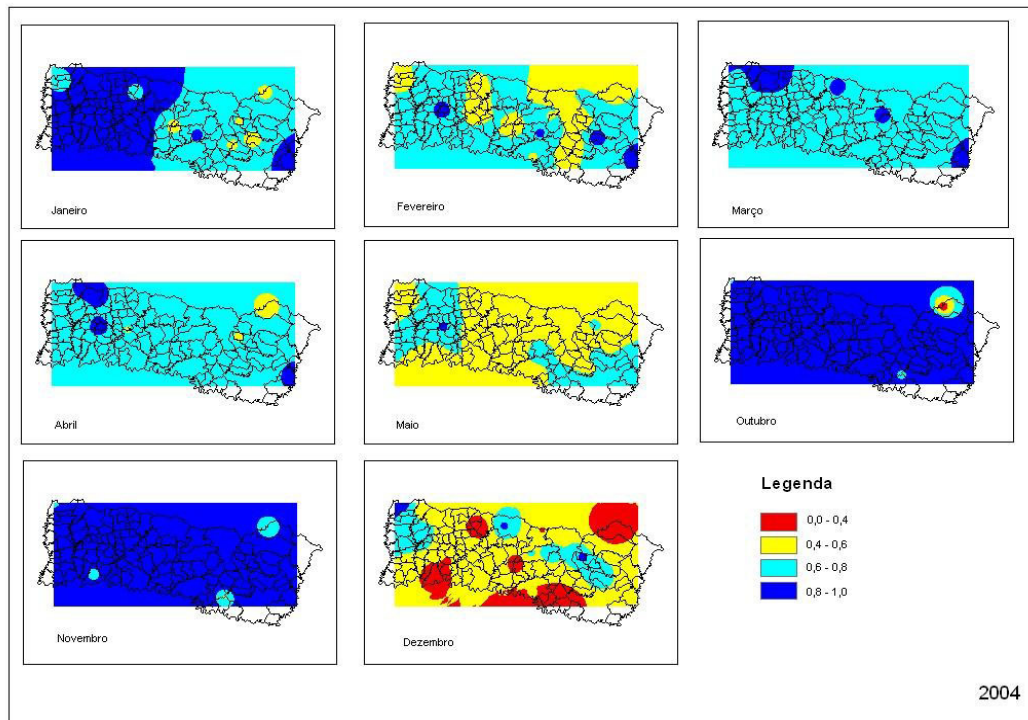


Figura 15: Mapas referentes a chuvas acumuladas durante o ano de 2004 na região oeste de Santa Catarina baseada em dados de 26 estações meteorológicas.

Observando-se os mapas gerados para o ano de 2004, nota-se que para o período de janeiro a maio não ocorreram estiagens na região, porém a quantidade de chuvas esteve abaixo da média histórica para estes meses, variando de 40 a 80% da média histórica.

Nos meses de outubro e novembro a frequência de chuvas esteve dentro da média histórica para estes meses. Neste período pode ter ocorrido a reposição de água para o sistema. Apesar desta possível reposição, observa-se que nos meses de outubro e dezembro existiu o fenômeno de estiagem em algumas regiões da área de estudo conforme Castro (1996), ou seja, algumas estações pluviométricas registram uma quantidade de chuvas acumuladas inferiores a 0,4 da precipitação média histórica para o respectivo mês. Entre os municípios que foram atingidos pela estiagem esteve presente nos dois eventos constatados a cidade de Calmon. Em dezembro de 2004 além de Calmon, também foi observado este fenômeno nos municípios de Caçador, Passos Maia, São Domingos, Galvão, Coronel Martins, Novo Horizonte, Quilombo, Santiago do Sul, Ipumirim, Faxinal dos Guedes, Xavantina,

Vargeão, Seara, Saudades, Cunhataí, São Carlos, Águas de Chapecó, Caxambu do Sul, Palmitos, Caibi, Riqueza, Concórdia, Ita, Presidente Castelo Branco, Ouro, Joaçaba, Campos Novos, Zortéia, Capinzal, Piratuba, Ipira, Peritiba, Alto Bela Vista, Jaborá e Formosa do Sul.

O verão de 2004/2005 foi marcado pela diminuição da precipitação, exceto no mês de janeiro em algumas regiões do oeste conforme pode ser observado nas Figs. 15 e 16.

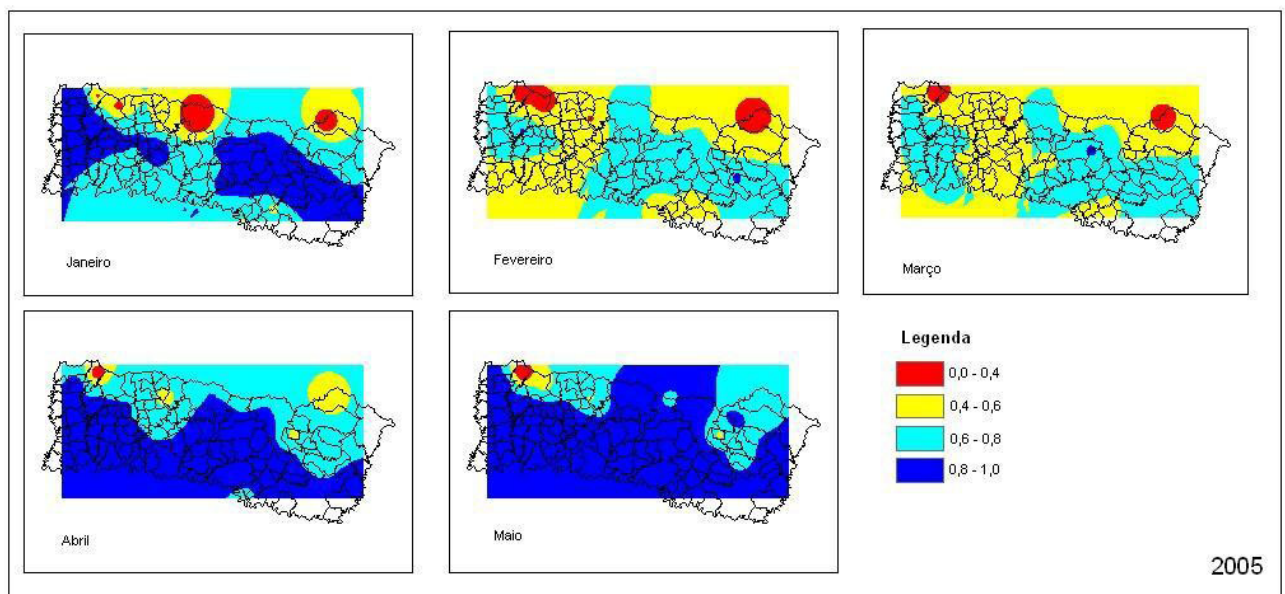


Figura 16: Mapas referentes a chuvas acumuladas durante o ano de 2005 na região oeste de Santa Catarina baseada em dados de 26 estações meteorológicas.

Observando-se os mapas referentes ao ano de 2005, nota-se que nos meses de fevereiro e março ocorreram alguns focos de estiagem, demonstrando serem períodos de chuvas abaixo da média, oscilando entre 40 a 80% da média histórica. Destaca-se que no período de janeiro a março os produtores investem em safrinhas, sendo que para 2005, esta foi prejudica pela falta de chuvas ocorridas deste dezembro de 2004. Nos meses de abril e maio as precipitações começaram a se tornar intensas, possivelmente acarretando recarga do sistema.

No ano de 2005, segundo o conceito de estiagem proposto por Castro (1996), foram constatados períodos de estiagem nos meses amostrados, ou seja, de janeiro a maio deste ano,

mas não em todos os municípios. Entre os municípios que apresentaram maior frequência de estiagem, segundo os mapas gerados, estavam: Calmon e São Domingos (janeiro, fevereiro e março), Campo Erê e Palma Sola (em todos os meses amostrados). Considerando a seca como uma estiagem prolongada ainda de acordo com Castro (1996), pode-se afirmar que provavelmente nestes quatro municípios houve uma seca climática no ano de 2005, uma vez que o fenômeno de estiagem prolonga-se por três a quatro meses ou mais. Além destes, observou-se o fenômeno de estiagem no mês de janeiro nos municípios de Abelardo Luz, Ipuacu e Ouro Verde, em fevereiro em Caçador, Coronel Freitas e São Bernardino, e no mês de março o município de Coronel Martins.

#### 5.2.2 Dados climáticos obtidos através da EPAGRI

Obteve-se junto à Epagri dados de 6 estações pluviométricas localizadas dentro da área de estudo. Foram calculadas as médias da precipitação mensal de cada uma das estações, em seguida montou-se uma tabela destacando-se os valores que se encontravam abaixo ou igual a 0,4. Estes valores demonstram a presença de estiagem no período de 2003 a 2006 dentro da área de estudo, conforme o critério utilizado por Castro (1996) para definir o fenômeno. A tabela encontra-se abaixo:

## TABELA 6

No total de 288 meses compreendidos de janeiro de 2003 a dezembro de 2006, em 53 meses a precipitação média mensal foi igual ou inferior a 40% da média histórica, ou seja, durante 18,4% dos meses houve estiagem, distribuídas esparsamente nos meses do mesmo ano e entre os anos (Tabela 6).

Observando-se a tabela 6, nota-se que existiram algumas seqüências de meses em que a quantidade de chuvas esteve abaixo de 40% da média histórica de cada um dos meses, constatando-se assim a presença de estiagem. Esta situação ocorreu nas estações de Videira no período de agosto a setembro de 2003 e abril a junho de 2006, em Itapiranga de fevereiro a março de 2005 e novembro a dezembro de 2004, Ponte Serrada no período de abril a junho de 2006 e em Itá e Chapecó de abril a maio de 2006. Nota-se que o mês mais atingido pela estiagem em todo o período amostrado, considerando as 6 estações da Epagri, foi o mês de maio, principalmente nos anos de 2003 e 2006, seguida de fevereiro e junho respectivamente dos mesmos anos. Em nota meteorológica emitida pela EPAGRI/CIRAM (2006) sobre a estiagem em Santa Catarina afirma que o baixo volume de chuvas verificado em abril e maio do ano de 2006 esteve associado ao fenômeno La Niña, o qual favorece a diminuição do volume de chuvas em Santa Catarina.

Constata-se ainda que a precipitação para o mês de fevereiro de 2005 em todas as estações esteve abaixo de 40% da média histórica, ou seja, ocorreu estiagem.

Na maior parte do tempo entre 2003 e 2006, o mês ou os meses com baixa precipitação foram antecidos ou sucedidos por um ou mais meses com precipitações intensas, superiores a 100 mm. Esta situação em geral, possibilita minimizar os efeitos de um pontual período de estiagem, no entanto, não foi o que aconteceu nestes anos no oeste de Santa Catarina.

Não foi avaliado se o volume elevado de chuva mensal foi resultante de episódios concentrados de precipitação sucedidos por grupos de dias ou semanas com baixa

precipitação ou mesmo sua ausência. Do ponto de vista da disponibilidade de água no sistema ecológico, precipitações freqüentes com pequena ou média intensidade podem ser mais eficazes que poucos eventos de chuvas torrenciais, espaçadas no tempo.

### 5.2.3 Diagramas Climáticos elaborados segundo Walter (1986)

A partir dos dados de temperatura e de precipitação de 2003 a 2006, seis conjuntos de diagramas climáticos das estações de Chapecó, Videira, Itá, Itapiranga, Ponte Serrada e São Miguel do Oeste. Esses diagramas, fornecem um panorama das condições do clima durante os quatro anos da crise de falta de água, no oeste de Santa Catarina (Figs. 17 a 28) podendo-se constatar que o houveram poucos períodos de aridez na região oeste nesses anos.

Os diagramas além de expor os valores da temperatura e precipitação, mostram também a duração e a intensidade das estações relativamente úmidas e relativamente secas, permitindo inferências de cunho ecológico. Nos períodos em que a precipitação atinge valores situados entre a curva de temperatura e 100 mm considera-se estação relativamente úmida; quando estes valores são acima de 100 mm tem-se excedente hídrico ou estação super úmida, e abaixo da curva de temperatura é considerado índice de aridez relativo, para a região e período avaliado (WALTER, 1986), (Figs. 17 a 28).

Tabela 7 – Precipitação total média anual (mm) histórica e anual total (mm) para as estações meteorológicas da Epagri no Oeste de Santa Catarina.

Estação Meteorológica	Precipitação					
	histórica (mm)	Período anos	2003 (mm)	2004 (mm)	2005 (mm)	2006 (mm)
Chapecó	2060,8	1974-2006	1933,4	1695,1	2179,3	1562,5
São Miguel do Oeste	2139,7	1989-2006	2052,6	1537,8	2343,1	1816,5
Videira	1892,9	1987-2006	1598,5	1623,3	1794,7	1407,2
Ponte Serrada	2258,9	1987-2006	2079,3	1884,7	2503,3	1477,5
Itapiranga	1824,4	1987-2006	2019,5	1246,8	1823,9	1474,2
Itá	1886,0	1993-2006	1603,7	1456,7	2018,8	1479,4

Obs. O período de anos está relacionado às seqüências de séries de dados completas para a precipitação.

A avaliação do diagrama de Chapecó constata-se que houve aridez em março de 2004, fevereiro de 2005 e abril de 2006 (Figs. 25 e 26). Para essa região o ano de 2006 e 2004 foram os com menor valor total de precipitação, Tabela 7.

Depreende-se do diagrama de São Miguel do Oeste que houve aridez em fevereiro de 2005 e maio de 2006 (Fig. 24). O ano em que a precipitação anual foi muito inferior a média histórica foi 2004 com 1537,8 mm (Tabela 7).

Para Itapiranga, o diagrama indicou aridez em fevereiro e março; novembro e dezembro de 2004, os demais anos não tiveram ocorrência de aridez (Fig. 21). Para esta região os anos de 2004 (1246,8 mm) e 2006 (1474,2 mm) foram aqueles com menor valor total de precipitação (Tabela 7).

O diagrama climático de Itá indicou aridez em março de 2004; fevereiro de 2005 e abril e maio de 2006 (Fig. 27 e 28). Para esta região os anos de 2004 (1456,7 mm) e 2006 (1479,4 mm) foram aqueles com menor valor total de precipitação e 2005 com valores elevados de precipitação (2018,8) (Tabela 7).

Para Ponte Serrada, o diagrama climático indicou aridez somente em fevereiro de 2005, os demais anos não tiveram ocorrência de aridez (Fig. 18). Para esta região o ano de 2006 (1477,5 mm) foi aquele com menor valor total de precipitação (Tabela 7).

Com relação à Videira o diagrama registra somente aridez nos meses de fevereiro de 2005 e maio de 2006 mas com pequena intensidade (Fig. 20). O ano com menor precipitação total foi 2006 (1407,2 mm).



FIGURA 17

FIGURA 18

FIGURA 19

FIGURA 20

FIGURA 21

FIGURA 22

FIGURA 23

FIGURA 24



FIGURA 25

FIGURA 26

FIGURA 27

FIGURA 28

As Figs. 17 a 28 demonstram que durante o período de 2003 a 2006 nas seis estações da Epagri houve poucos meses em que se pode constatar índice de aridez segundo Walter (1986). Estes estiveram concentrados no mês de fevereiro do ano de 2005 nas estações de Chapecó (Fig. 26), Ita (Fig. 28), São Miguel do Oeste (Fig. 24) e Ponte Serrada (Fig. 18).

Analisando os diagramas climáticos nota-se também a existência de muitos meses com excedentes hídricos na área de estudo (área em preto nas figuras). Os altos valores de precipitação, em geral, entremeados de períodos com menor precipitação e até mesmo de aridez; valores de precipitação total anual, próximas das médias históricas na maior parte dos anos (Tabela 7) podem indicar, que a estiagem sentida pela população possivelmente esteja mais relacionada com a dinâmica da água no ecossistema, do que relacionada com estiagem de origem climática.

## 6 DISCUSSÃO

A região oeste catarinense nos anos recentes tem passado longos períodos de carência de água, denominadas popularmente de estiagens e secas. A história da região caracteriza-se desde a colonização por processos de exploração, degradação dos recursos naturais em ampla escala, iniciada pela extração de erva-mate, araucária e outras espécies e devastação de florestas para implantação de atividade pecuária, seguida pela agricultura e mais recentemente pelas agroindústrias. Durante o surgimento de todas estas atividades não houve uma preocupação com o uso sustentável dos recursos naturais disponíveis na região. Em consequência desses ciclos econômicos restam atualmente em média 20% de remanescentes florestais na região oeste de Santa Catarina, segundo dados da Fundação SOS Mata Atlântica, 2004.

Observa-se com preocupação a pequena quantidade de florestas encontradas dentro da área de estudo, representada por 22% da região em estudo de acordo com o mapa de uso do solo e cobertura florestal (Fig. 4), uma vez que se conhece o importante papel das florestas quanto à manutenção da quantidade e qualidade da água no ecossistema local. Segundo Ranzini et al. (2004) em bacias hidrográficas florestadas, ou com boa cobertura vegetal, a ocorrência do escoamento superficial é rara, mantendo a água no sistema local. De acordo com Andreoli et al. (2003), Karmann (2000) e Linhares, Soares e Batista (2005) com a retirada da cobertura florestal das bacias hidrográficas, ocorre à redução da infiltração da água no solo e o aumento do escoamento superficial, limitando o abastecimento dos lençóis subterrâneos e das várzeas, reservas essas que garantem a descarga hídrica dos rios durante as estiagens. Esses autores ainda complementam que o avanço da urbanização e a devastação da vegetação influenciam significativamente a quantidade de água infiltrada em adensamentos

populacionais e zonas de intenso uso agropecuário, comprometendo qualidade da produção de água de determinada região.

Segundo o mapa de uso do solo e cobertura florestal obtido junto a Fundação SOS Mata Atlântica (2004), adaptado para esta pesquisa (Fig. 4), 75% da área de estudo estão cobertos por atividades agrícolas e pecuárias. Para Tucci (2003) a capacidade de infiltração depende do tipo e uso do solo. Normalmente a capacidade de infiltração de solos com floresta é alta, o que produz pequena quantidade de escoamento superficial. Em solos com superfície desprotegida, ocorre compactação e a capacidade de infiltração pode diminuir drasticamente, resultando em maior escoamento superficial.

Collischoonn (2001) avaliou o uso do solo ao longo do rio Uruguai, e com auxílio de modelo experimental, transformando hipoteticamente a bacia com plena cobertura florestal em áreas de cultivos agrícolas anuais, produziu aumento do escoamento em 14,4% e quando transformada em pastagem, este foi de 13,2%.

Marengo (2003) concordando com o autor citado acima, destaca que existem estudos em bacias hidrográficas que apontam para um aumento no escoamento superficial após acontecer desmatamento geralmente devido à redução de evapotranspiração executada pelas plantas e diminuição da infiltração de água no solo, por sua falta ou deficiente proteção do solo.

O aumento do escoamento superficial altera a dinâmica dos rios, aumentando os picos de cheias durante as épocas de chuva e reduzindo as vazões nos períodos de estiagem (ANDREOLI et al., 2003).

Anjos et al. (1994) concluiu em suas pesquisas realizadas com diferentes tipos de solos de Santa Catarina, que em Cambissolos (tipo de solo que predomina na área de estudo conforme a Fig. 5) a taxa de infiltração final em floresta nativa no tempo de 120 min foi de 0,32 cm/min, enquanto que em áreas com plantio direto e convencional foram de 0,07 cm/min

e 0,06 cm/min respectivamente. O autor concluiu então que, a taxa final de infiltração decresce nos sistemas de manejo em relação à floresta nativa.

Existe uma relação de interdependência entre a floresta e o ecossistema aquático, e que a degradação ou escassez de um perturba profundamente a existência e a qualidade do outro, porém para eles as bases científicas e a dimensão desta relação não são amplamente conhecidas e avaliadas (LINO e DIAS, 2003). Havendo necessidade de mais estudos que aprofundem o assunto.

Em áreas rurais, um dos principais problemas é a redução do potencial hídrico em função do desmatamento, da degradação, da estrutura do solo e do aumento da evapotranspiração, fatores que reduzem a infiltração, a recarga dos solos e dos aquíferos subterrâneos, aumentando o escoamento superficial e a erosão no âmbito das bacias hidrográficas (ANDREOLI et al., 2003).

Diante do conjunto de afirmações apresentadas, pode-se inferir que as estiagens e as secas ocorridas na área de estudo possam ter relação com a falta de significativos remanescentes florestais na região oeste de SC, especialmente quando se observam os diagramas climáticos, Figs. 17 a 28 , de toda a área de estudo, cobrindo os anos de 2003 a 2006. Observam-se os poucos meses com pouca precipitação, comparados com aqueles com elevada.

A partir dos dados obtidos junto a Secretaria Estadual de Defesa Civil descritos nos registros de perdas e sofrimentos provocados pela estiagem no oeste de Santa Catarina, constata-se que os setores agropecuários e agroindustriais (avicultura e suinocultura) foram os três principais atividades econômicas da região, altamente demandantes de água, afetadas pela escassez (Anexo 3). O registro efetuado pelos municípios referentes às atividades econômicas mais afetadas pela falta de água foram a agricultura e a pecuária, reflete a principal base econômica desta região oeste de Santa Catarina. Isto pode ser confirmado também por Silva et



al. (2003) que caracteriza a população da região oeste de Santa Catarina, como primordialmente rural.

Confirmando o relatado acima, observou-se nos Avadans (formulário de avaliação de danos) que entre as atividades econômicas mais afetadas pela estiagem, em 2004 e 2005, estava a agricultura e a pecuária, seguidas das áreas residenciais, comerciais e industriais.

Wilhite (2003) afirma que a agricultura normalmente é o primeiro setor afetado com a seca, porque a quantidade de água armazenada no solo é rapidamente perdida, especialmente nos períodos em que a deficiência é associada com altas temperaturas e condições de ventos. Na região de estudo o mês mais crítico em relação à falta de água foi fevereiro de 2005. Ou seja, baixa precipitação e altas temperaturas.

Verificam-se citações de altas temperaturas mencionadas nos Avadans analisados como complemento ao motivo apresentado para pedir o decreto de estado de emergência por estiagem para o município. As altas temperaturas também foram registradas nas estações meteorológicas da Epagri (Figs.17 a 28).

Na descrição dos prejuízos, constantes dos Avadans, foi citada a falta de água para abastecimento da população, animais e lavoura que acarretou na descapitalização do agricultor seguida pelo êxodo rural. O comércio também enfrentou problemas financeiros, relacionados com as perdas na área rural. Isso vem ao encontro com o que Silva et al. (2003) afirmam: “nas últimas décadas, o estado de Santa Catarina vem apresentando um acentuado êxodo rural, responsável pelo aumento das populações urbanas e uma escassa absorção da população migrante pela economia urbana. A consequência desse processo tem sido o aumento do contingente marginalizado, acompanhado do acirramento dos conflitos por terra, especialmente na região oeste do Estado”.

Complementando o que foi observado nos resultados, a Epagri/Cepa (2005) cita que atualmente a população oestina vem sofrendo grandes perdas na economia voltada ao setor

agropecuário devido às adversidades climáticas, principalmente pela estiagem que vem atingido severamente a região nos últimos anos.

Dentro do setor agrícola, as principais atividades prejudicadas pela estiagem nos anos de 2004 e 2005, segundo dados dos Avadans, foram o setor de grãos, legumes e cereais, além da fruticultura. Entre as culturas mais prejudicadas destacam-se o feijão, o arroz, o milho e a soja.

Segundo a Epagri/Cepa (2005) na Região Sul, no ano de 2005 a estiagem resultou em uma produção de cereais, leguminosas e oleaginosas 21% menor que no ano anterior, quando esta já havia diminuído em 17%. A produtividade foi 14,4% menor e resultou numa safra de 38,8 milhões de toneladas (Gg). A safra de soja sofreu queda na produção em 2005 em decorrência do clima. A soja lidera a lista das culturas mais prejudicadas pela seca nos últimos anos no Brasil, e o milho foi a segunda cultura mais prejudicada pela seca no Sul do País (MARENGO, 2007).

No ano de 2004 a perda no campo de grãos em Santa Catarina foi de 5.245,1 mil toneladas e em 2005 foi de 4.577,9 mil toneladas, segundo o Jornal A Notícia (2006b). Ainda de acordo com esse jornal, no ano de 2004, a cultura da soja teve déficit de 641,7 mil toneladas, do milho de 3.257,7 mil toneladas e de feijão de 143,5 mil toneladas. No ano de 2005 a soja sofreu baixa de 607,4 mil toneladas, o milho de 2.695,2 mil toneladas e o feijão de 113,2 mil toneladas.

Segundo Alves (2006a) um estudo da Epagri/Cepa mostrou que nos últimos três anos (2004, 2005 e 2006) as estiagens consecutivas causaram um prejuízo de R\$ 1,5 bilhão ao campo catarinense. Cabe ressaltar que os períodos reais de estiagem são limitados a alguns meses nos anos apresentados (Figs. 17 a 28 e Tabela 6).

Um levantamento realizado pela Epagri/Cepa mostrou que as perdas na safra 2005/2006 no estado giraram em torno de 30,5% para o feijão, 26% para o milho e 12,1% para a soja, sendo que ao todo, os prejuízos somam 340 milhões de reais (LUCKMAN; ALVES, 2006). A produção agrícola catarinense está centrada no tripé milho, feijão e soja, culturas que sofrem nos períodos de estiagem prolongada (PARODI, 2006). No entanto a ocorrência de estiagem não se mostrou tão freqüente quanto noticiada, Tabela 6.

De acordo com o Jornal A Notícia (2006b), a forte estiagem nas principais regiões produtoras do Brasil fez a safra agrícola de 2005 cair 5,2% em relação a 2004. Os prejuízos com a frustração da safra em 2005 foram avaliados em mais de 845 milhões de reais. Ainda segundo essa reportagem, em 2006, na terceira seca consecutiva no estado, as perdas chegaram a 400 milhões somente nos primeiros meses do ano segundo a Secretaria de Agricultura. Pelos diagramas climáticos, Figs. 17 a 28, a aridez ou ainda a estiagem esteve restrita a poucos meses de 2003 a 2006. As perdas agrícolas noticiadas podem ter como causa a redução da precipitação, conforme pode ser evidenciada em alguns meses dos anos em questão, no entanto, outras causas precisam ser pesquisadas, considerando que a precipitação pode não ser a única causa do sofrimento pela falta de água.

Sem a umidade necessária na terra os agropecuaristas não puderam plantar a safra de inverno e muitos tiveram problemas com a falta de pastagem verde para alimentar o gado leiteiro nos últimos anos. A produção de leite caiu 20% no oeste no início de 2006, o que significou perdas de 270 mil litros por dia no Estado (ALVES, 2006a).

A seca e o calor fora de época na região oeste de Santa Catarina têm facilitado o surgimento de fungos e a multiplicação de insetos, como o pulgão, prejudicando as plantações de inverno (ALVES, 2006d).

Em 2005, o PIB agropecuário catarinense caiu 2,2%, atingindo um valor estimado de R\$ 8,5 bilhões. No ano de 2004, após cinco anos de crescimento, o setor passou por

estagnação. A área plantada dos principais produtos da lavoura caiu 1,3%. O desestímulo do mercado e a estiagem explicam o recuo da área e a baixa produção (EPAGRI/CEPA, 2005).

No ano de 2005 a produção agrícola, quando comparada com a safra anterior, caiu 7,7% e não foi compensada pelo crescimento da pecuária. O segmento de grãos, fortemente afetado pela estiagem, teve queda generalizada, com destaque para a forte redução na produção de feijão e milho. A safra de milho ficou bem aquém das expectativas da época de plantio. A queda de 17% na produção e o incremento do consumo no estado aumentaram o déficit estadual do cereal para 1,9 milhão de toneladas (EPAGRI/CEPA, 2005). Um levantamento realizado pela Epagri/Cepa, em reportagem de Luckman e Alves (2006) mostrou que as perdas na safra 2005/2006 de soja giraram em torno de 12,1%.

A estiagem afetou também a produção de fumo, que, apesar do aumento da área cultivada, teve redução na produção em 2005 (EPAGRI/CEPA, 2005).

Segundo EPAGRI/CEPA (2005) a falta de chuvas nos primeiros meses de 2005 reduziu o potencial da produção de 4,1 milhões para apenas 2,69 milhões de toneladas. Este patamar significou uma queda de 17,5% em relação aos 3,26 milhões de toneladas colhidos na safra 2003/2004, a qual também já havia sofrido perdas acentuadas devido à falta de chuvas.

A produção de soja que chegou a ser estimada em 918 mil toneladas, em razão das fortes perdas provocadas pela estiagem em 2005, situou-se em apenas 607 mil toneladas, patamar 5,4% abaixo dos 641,7 milhões de toneladas colhidas na também frustrada safra 2003/04 (EPAGRI/CEPA, 2005).

Medidas drásticas de minimização do problema foram colocadas em prática pela Secretaria da Agricultura em parceria com a Epagri/Ciram. Estes promoveram chuvas artificiais com auxílio de aviões, com a pulverização de nuvens na região de divisa de Santa Catarina com o Paraná. Segundo Hugo José Braga (2005), o chefe da Epagri/Ciram, o sistema de nucleação de nuvens sem dúvida é apenas uma solução paliativa da estiagem catarinense,

mas com certeza aumenta e muito a chance de chuvas nos locais pulverizados, uma vez que um litro de água pulverizada pode render até quinhentos litros de chuva.

Ainda no ano de 2005 foi preparada uma aeronave turbo hélice de maior eficiência, que pode alcançar uma maior altitude, transportar um maior volume de água para pulverização, além de possibilitar vôos noturnos. Esta aeronave ficou sediada no município de Chapecó. Todo o processo para realização destas medidas paliativas custou ao governo estadual mais de trezentos mil reais (EPAGRI/CIRAM, 2005).

De acordo com o jornal A Notícia (2006a), durante os primeiros meses do ano de 2006 as hidrelétricas de Itá e Machadinho operaram apenas com 20% da capacidade de produzir energia elétrica diariamente devido à seca no oeste catarinense, estas que têm capacidade de gerar até 80% do consumo total de Santa Catarina.

Segundo Alves (2006e) moradores de diversos municípios do oeste catarinense passaram boa parte do dia sem água nas torneiras nos verões dos últimos anos. Na cidade de Nova Erechim, por exemplo, os moradores chegaram a ficar 12 horas por dia sem água no ano de 2006. Eles afirmam que faltou água para necessidades básicas, como limpeza e banho.

No município de Coronel Freitas, nos primeiros meses de 2006 foram transportados para o interior do município cerca de 60 a 70 mil litros de água diariamente (ALVES, 2006b).

A seca também atingiu a piscicultura no município de Caxambu do Sul, deixando os açudes quase sem água (ALVES, 2006b).

No campo muitos agricultores venderam sua casa, terras e maquinários para quitar suas dívidas (JORNAL A NOTÍCIA, 2006e). Segundo Lopes (2006) estes afirmam que fazem 3 anos que da safra não dá para tirar o dinheiro para pagar suas dívidas. No município de Paial, cerca de 300 famílias deixaram o campo para ir a busca de uma vida melhor na cidade no ano de 2006 (ALVES e LOPES, 2006).

Com a seca atingindo o campo nos últimos três anos consecutivos, outros setores da economia também já começaram a sentir os reflexos destas perdas (LOPES, 2006). Segundo este autor, o comércio é um dos principais setores afetados com a falta de capital de giro no mercado, podendo demitir muitos funcionários caso a situação não melhore em breve.

No ano de 2006 o governo estadual assinou o decreto coletivo de estado de emergência por estiagem onde pretendeu receber recursos financeiros na ordem de 10 milhões de reais para realizar obras emergenciais. Todas as obras estiveram ligadas à armazenagem de água, entre elas a construção de cisternas, pequenas barragens, poços artesianos e fontes caxambu (LUCKMAN e ALVES, 2006). Como pode ser observado nos diagramas climáticos, o ano de 2006 teve boa precipitação ao longo de todo o ano, tornando questionável a decretação generalizada de estado de emergência. Com esta informação sobre o volume e o destino dos recursos pode-se inferir, sobre os reflexos econômicos oriundos da decretação de emergência, nem sempre baseada em problemas reais relacionados à estiagem mas possivelmente por falta de água no ecossistema, aliada às carências de recursos.

De acordo com o Jornal A Notícia (2006c) a Secretaria de Desenvolvimento Regional do Alto Uruguai recebeu do governo estadual no mês de maio de 2006 cerca de 750 mil reais dos 10 milhões de reais anunciados pelo pedido de decretação de estado de emergência coletivo para reduzir as conseqüências da estiagem na região. Para conseguir este dinheiro, as prefeituras atingidas tiveram que apresentar propostas de combate à seca com valor máximo de 51 mil reais. As principais medidas propostas pelos municípios foram: construção de poços artesianos e redes de água para comunidades rurais. Deve-se ressaltar que medidas de longo alcance, que de fato, podem minimizar o efeito de estiagens, como a proteção de nascentes e cursos d'água com vegetação, recuperação de áreas já degradadas e improdutivas com espécies nativas florestais, bem como o respeito à reserva legal de 20% da propriedade e a

implantação de técnicas de cultivo visando a conservação da água e do solo nem foram citadas.

Martini apud Parodi (2006) afirma que a única saída para os produtores para a época de estiagem prolongada é fazer o manejo da água. É necessário, para isto, saber manejar a terra. O plantio direto deve ser recomendado, pois este reduz a erosão e mantém a umidade do solo, além de utilizar menos maquinário (CADORIN apud PARODI, 2006). Deve-se ressaltar que estas medidas deveriam ser rotina em período de estiagem ou não, pois a conservação do solo e dos ecossistemas das bacias hidrográficas permite superação dos períodos de crise, com menor sofrimento ecológico, econômico e humano.

Segundo reportagem do Jornal A Notícia (2006 d) os agricultores estão aprendendo que o solo não pode ficar descoberto. Alguns agricultores que há 10 anos mudaram a forma de tratar o solo, hoje possuem situação mais tranquila durante as estiagens, conforme informa este Jornal. Esses agricultores pararam de arar a terra há 10 anos e desenvolveram diversas atividades agrícolas na propriedade, além de jamais deixar o solo descoberto no período da entressafra (JORNAL A NOTÍCIA, 2006d).

Segundo Parodi (2006) a Epagri vem desenvolvendo programas de educação ambiental junto aos produtores rurais para preservação de fontes e nascentes, recuperação das mata ciliares e construção de cisternas para armazenamento da água da chuva. Também oferece orientações para construção de açudes e sistemas de irrigação por aspersão e gotejamento.

Alves (2006c) afirma que o programa de educação ambiental da Epagri já começa a dar os primeiros frutos. No município de Coronel Freitas produtores rurais estão construindo cisternas para captar água da chuva para matar a sede de frangos e do gado produzido na região. O governo estadual tem ajudado no financiamento destas através do fundo de desenvolvimento rural e do Programa Água da Chuva.

Segundo o Jornal A Notícia (2006f) apesar de Santa Catarina possuir um elevado potencial hídrico, a escassez de água é um problema freqüente na região, principalmente nos primeiros meses de cada ano. Ainda de acordo com o Jornal, alguns elementos interferem nessa situação, entre eles a concentração da produção agrícola em áreas de baixa capacidade de retenção devido ao relevo acidentado e a grande concentração de suinocultura, avicultura, bovinocultura de corte e leiteira, fazendo aumentar, ainda mais, a demanda por água.

Para o Jornal A Notícia (2006f) as repetidas estiagens que acontecem no oeste de Santa Catarina demonstram a fragilidade do sistema de abastecimento de água, ocasionando prejuízos significativos para a sociedade, por causa do aumento dos custos de captação, transporte e tratamento de água para a manutenção das populações e produção. Com isso o resultado é a perda da eficiência produtiva, a redução e mesmo a paralisação das atividades agropecuárias.

Com relação à data de ocorrência e documentação do fenômeno de estiagem constatou-se que para o ano de 2004 a maior parte dos municípios amostrados citou o mês de março como de maior incidência de estiagem. Comparando este dado com dados apresentados na tabela 6 observa-se que das seis estações pluviométricas da Epagri, três apresentaram indícios de estiagem de acordo com o conceito de Castro (1996) no mês de março (Ponte Serrada, Ita e Chapecó), sendo que as outras 3 estações amostradas (Itapiranga, São Miguel do Oeste e Videira) apesar de não apresentarem índices de estiagem, também apresentaram valores baixos em relação a média histórica para o mês, não ultrapassando 60% de chuvas da média histórica. Destaca-se que a estiagem já vinha sendo desencadeada no mês de fevereiro de 2004 onde cinco das seis estações amostradas já apresentavam indícios de poucas chuvas, chovendo menos de 60% da média histórica para aquele mês.

Comparando-se os dados apontados pelos Avadans em 2004 com os dados pluviométricos acumulados da CPRM para o período de janeiro a maio do mesmo ano,



observa-se que as chuvas estiveram realmente abaixo da média histórica para este período, variando de 40 a 80% das chuvas normais para aqueles meses. Mas obedecendo ao critério de Castro (1996), não houve estiagem na região, contrastando com os dados de decretos de estiagem apontados pelos municípios do oeste catarinense, fornecidos pela Secretaria Estadual de Defesa Civil. No ano de 2004 dos 48 pedidos de decretação de estado de emergência por estiagem amostrados, 75% ou 36 municípios tiveram registro efetuado no mês de março, entretanto para este mês o mapa de chuvas acumuladas (Fig.15) mostra a ausência do fenômeno de estiagem ou seja, todos os valores encontrados no mapa estão acima de 0,4. Deve-se considerar que há um lapso de tempo entre a percepção da falta de água pela população, o registro ser feito pela prefeitura, e seu encaminhamento ao órgão de defesa civil.

Com relação ao ano de 2005, a maioria dos municípios registrou nos formulários de avaliação de danos a data de ocorrência e documentação do fenômeno no mês de fevereiro. Analisando-se e comparando-se estes dados com dados da Tabela 6, fornecidos pela Epagri, observou-se que realmente o mês de fevereiro de 2005 foi muito seco, todas as estações amostradas registraram precipitações mensais médias abaixo da média histórica para aquele mês, esta não ultrapassou 34% da média histórica, indicando a presença de estiagem na área de estudo.

Porém, destaca-se que em cinco das seis estações, a quantidade de chuvas para o mês anterior (janeiro de 2005) foi superior a média histórica para aquele mês, portanto o ecossistema deveria estar com reservas hídricas para o mês subsequente, amenizando os efeitos da estiagem, naquela região. Não foi avaliado se as chuvas de janeiro foram intensas, mas pontuais, ou se bem distribuídas ao longo do mês.

Quando comparados os dados obtidos nos Avadans com dados obtidos através da CPRM que se encontram nos mapas (Figs.15 e 16), nota-se que no período de dezembro de 2004 a maio de 2005 obtiveram-se índices de estiagem em algumas regiões da área de estudo,

sendo que dezembro foi o mês mais afetado de acordo com a Fig.15. As médias acumuladas para os meses de fevereiro e março de 2005 estiveram abaixo da média histórica para estes meses, caindo apenas de 40 a 80% de chuvas da média. Para o ano de 2005, observa-se que dos 121 pedidos de decretação de estado de emergência por estiagem, 80% ou 97 municípios foram registrados no mês de fevereiro, onde apenas 7 municípios no mapa de chuvas acumuladas (Fig. 16) apresentaram o fenômeno.

Os dados acumulados obtidos através destes mapas (Fig. 16), apesar de demonstrarem um déficit de chuvas em relação à média histórica na área de estudo no período de janeiro a março de 2005, não traduzem a realidade apontada pelos municípios da região que registram um déficit hídrico muito maior em relação ao apontado pelos dados da CPRM. Diante desse quadro, possivelmente existem outros fatores que estão atuando na escassez de água sofrida na região oeste catarinense, uma vez que esta crise não está somente relacionada com a falta de chuvas na região, mas com a dinâmica da água no sistema ecológico e antrópico.

Marengo (2007) afirma: durante a seca no Sul do Brasil no verão de 2004-2005 o total de chuva anual em 2005 nesta região superou a média do Estado de Santa Catarina. Contudo, a região Sul passou por um período crítico de déficit de precipitação de dezembro de 2004 a março de 2005. Neste período o total de acumulado de chuva esteve entre 100 mm e 500 mm abaixo da média histórica.

Observando os mapas (Figs. 15 e 16) nota-se que realmente o período descrito por Marengo (2007), dezembro de 2004 a março de 2005 foi um período crítico em todas as estações amostradas quanto a quantidade de chuvas, principalmente nos meses de dezembro (2004) e fevereiro (2005), quando a maioria das estações registraram valores de precipitação quase nulos. As estações de Marcelino Ramos e Calmon registraram os menores índices de precipitação em dezembro de 2004 (Anexo 5). Praticamente todas as estações registram baixo

índice de precipitação em fevereiro de 2005. Os efeitos da baixa precipitação são mais fortemente percebidos, pois fevereiro é um dos meses mais quentes do ano.

Campos, Braga e Alves (2006) observaram que as estações pluviométricas (com séries de dados completos) da maioria das regiões de Santa Catarina, apresentaram totais anuais de precipitação com tendência de aumento ao longo dos anos. Segundo estes autores, os volumes totais de precipitação registrados, em geral se apresentaram com valores superiores à média histórica de cada estação, principalmente a partir da década de 90. Os autores destacam ainda que, embora os totais de precipitação estejam aumentando, o número de dias consecutivos sem chuva também tem aumentado nos últimos anos. Ou seja, há ocorrência de eventos extremos de chuva, sendo estes verificados em diferentes regiões do Estado. Mudanças nos padrões de precipitação afetam a quantidade de água que pode ser captada pela superfície e mantida no ecossistema.

Com relação a possível seca climática constatada nos primeiros meses de 2005 nos municípios de Calmon, Campo Êre, São Domingos e Palma Sola (Fig.16), observa-se que todos estes se encontram próximos de locais denominados divisores de água, ou seja, em áreas altas com altitudes acima de 800m (GAPLAN, 1986).

Apesar diminuição expressiva na quantidade de água da chuva no mês de dezembro de 2004, a falta de água no sistema não deveria ser tão pronunciada, pois houve uma possível recarga nos dois meses anteriores conforme mostram diagramas com dados de chuvas acumuladas de outubro e novembro de 2004 (Figs. 17 a 28). Provavelmente outros elementos devem estar interferindo no ecossistema especialmente no agrossistema, como o uso de água acima da capacidade de reposição do sistema por processos agrícolas, pecuários ou agroindustriais, atividades que ocorrem com grande intensidade na região.

Pesquisa realizada (Santa Catarina, 2007) sobre a demanda de água por atividade econômica gerada pelas regiões hidrográficas do Estado de Santa, tendo por base os anos de

2000 a 2004 e as duas principais bacias hidrográficas de cada região, apontou os setores da economia do oeste de Santa Catarina que mais consomem água: indústria, dessedentação animal, população urbana, população rural e irrigação.

Tabela 8: Demanda de água por atividade econômica na região oeste de Santa Catarina, segundo dados adaptados de SANTA CATARINA (2007).

<b>Região Hidrográfica</b>	<b>População Rural (m<sup>3</sup>/ano)</b>	<b>População Urbana (m<sup>3</sup>/ano)</b>	<b>Irrigação (m<sup>3</sup>/ano)</b>	<b>Indústria (m<sup>3</sup>/ano)</b>	<b>Dessedentação animal (m<sup>3</sup>/ano)</b>
<b>Extremo Oeste (RH1)</b>	4.146.066	8.241.379	548.437	10.883.059	13.076.736
<b>Meio Oeste (RH2)</b>	5.840.437	19.276.625	1.239.198	31.766.402	24.685.056
<b>Vale do Rio do Peixe (RH3)</b>	3.686.897	17.993.372	5.691.317	39.158.688	24.579.564
<b>Total</b>	13.673.400	45.511.376	7.478.952	81.808.149	62.341.356

Outro fator que pode estar agravando a escassez de água sentida é a falta de cobertura florestal remanescente na região oeste de Santa Catarina, especialmente por dois motivos, primeiro que a falta de vegetação acarreta um aumento no escoamento superficial (Tucci, 2003), não permitindo que a água se infiltre e seja retida no sistema solo; segundo porque a cobertura florestal é responsável pela emissão de compostos orgânicos voláteis, ou seja, partículas formadoras dos núcleos de condensação que em contato com o vapor d' água foram as nuvens de chuva (ARTAXO et al., 2003).

Deve-se ressaltar que a precipitação foi criticamente menor somente em alguns meses de 2004, 2005 e 2006, conforme dados já apresentados, mas em contraposição houve por parte dos agricultores, proprietários de agroindústrias e mesmo prefeituras, referente ao abastecimento público, intensa percepção de grave falta de água. Esta situação de crise pode estar relacionada ao excesso de consumo de água, especialmente nas agroindústrias e para o abastecimento urbano; na agricultura pelo manejo do solo sem técnicas conservacionistas que propiciam seu adensamento, dificultando a infiltração de água, aumentando o escoamento e ampliando a evapotranspiração relativa nos dias sem chuva, com altas temperaturas e

agravada sensivelmente pela falta de cobertura vegetal, especialmente florestal, em 80% da área do oeste de Santa Catarina.

Pode-se citar também como possível interferência neste processo a atuação das Zonas de Convergências do Atlântico Sul (ZCAS). Segundo Gonçalves e Moller (2006) no verão, de modo geral, a atuação das ZCAS canaliza a umidade para o Sudeste, favorecendo o domínio da Massa Tropical Continental (mTc) no Sul. No outono, a mTc passa a dominar em Santa Catarina, bloqueando o avanço das frentes frias que ficam semi-estacionárias sobre o Uruguai. Monteiro e Mendonça (2006) afirmam que enquanto a mTc estiver atuando o ar permanecerá seco, sendo que a persistência dessa estabilidade resulta em estiagens. Gonçalves e Moller (2006) destacam ainda que como a economia oeste está baseada principalmente nas atividades agropecuárias, qualquer variação ou desequilíbrio no regime hidrometeorológico regional gera impactos muito significativos sobre esta região.

Diante dos fatos podemos afirmar que a crise de água está menos relacionada com a pouca intensidade de precipitação, mas com sua distribuição ao longo de cada mês e do ano com o estado de degradação ambiental existente nos 121 municípios do oeste. A crise da falta de água percebida pela população pode ter mais cunho ecológico que climático.

À luz dos dados levantados por esta pesquisa, consideramos oportuno tecer algumas considerações e efetuar algumas recomendações:

a) Os critérios técnicos para a declaração do estado de emergência por estiagem precisam ser melhor definidos e delimitados pelo poder público responsável pela defesa civil;

b) Os Avadans devem ser mais criteriosamente preenchidos pelos municípios em crise, constando informações mais detalhadas da situação: causas, intensidade, volumes de perdas, bem como a discriminação do período de ocorrência do fenômeno;

c) O serviço de orientação aos agricultores e proprietários de agroindústrias desenvolvido pelas secretarias de agricultura do Estado e dos Municípios da região oeste de

Santa Catarina devem propor ou fortalecer políticas no sentido de educar, recomendar e investir na conservação da água; no uso de técnicas de cultivo que possibilitem a conservação do solo visando à produção de plantas e animais saudáveis; na recuperação das áreas degradadas; na proteção de nascentes e cursos d'água, bem como, na criação de cisternas e açudes armazenadores de volumes maiores de água nas propriedades. Estas atitudes possibilitarão manter maior volume de água no solo e nos cursos d'água da propriedade minimizando os efeitos da má distribuição das chuvas e o sofrimento durante meses de baixa precipitação.

Com referência às perdas na agricultura de milho, feijão e soja por falta de água devem-se ressaltar que estas culturas de verão, em geral, cobrem grandes áreas numa mesma propriedade, possuem sistema radicular superficial e os tratos culturais normalmente mantêm no solo apenas a planta cultivada, combatendo as invasoras com herbicidas. Desta forma muitas áreas de solo ficam sem proteção o que favorece a evapotranspiração nos períodos quentes e com baixa precipitação, como ocorreu no mês de fevereiro de 2005. E quando chove há intenso escoamento superficial da água causando erosão e lixiviação, compactando o solo e dificultando a infiltração e retenção da água no solo. Deve-se ressaltar que as recomendações técnicas de cultivos dos solos sugerem a manutenção de cobertura vegetal morta, no solo, sob as culturas, mas poucos agricultores seguem esta recomendação.

d) A popularmente denominada estiagem de 2004, 2005 e 2006, com exceção de alguns poucos meses nestes anos, não foi ocasionada pela ausência de precipitação, mas a falta de água teve mais relação com a dinâmica da água no sistema ar-solo-vegetação sob intensa perturbação e degradação ambiental no Oeste de Santa Catarina. A falta de água e suas causas e conseqüências exigem intensos esforços públicos e privados no intuito de efetuar mais estudos climatológicos, ecológicos, hidrológicos e de demanda de água nesta região, para que

imediatamente se instale programas integrados de conservação, manejo e recuperação dos ambientes degradados pela agricultura, pecuária, agroindústrias e cidades.

Consideramos preocupante tratar a crise da água do oeste de Santa Catarina com medidas paliativas superficiais advindas do decreto de emergência por estiagem, o qual possibilita liberação e uso de recursos públicos orçamentários emergenciais, prorrogação do prazo de pagamento dos financiamentos bancários, bem como a liberação de crédito extra para as atividades econômicas regionais.

A crise atual por falta de água no oeste de Santa Catarina é apenas uma pequena e suave amostra da futura crise que pode se abater sobre o oeste caso ações efetivas para recuperar e proteger não se tornarem reais e amplamente disseminadas na região.

## 7 CONCLUSÕES

Não podemos precisar a intensidade da relação entre os parques percentuais de cobertura florestal e seu padrão de distribuição com a escassez de água percebida pelos municípios da região oeste de Santa Catarina, no entanto, a cobertura média de 20% tem se mostrado insuficiente para manter a água que precipitou de 2003 a 2006 no sistema ecológico regional, agravando a falta de água para a agricultura, pecuária, agroindústria e população urbana.

O uso intensivo do solo pelas atividades agropecuárias sem o uso de técnicas de conservação do solo e da água e os adensamentos da malha viária, urbanos e agroindustriais na região oeste favoreceram o escoamento superficial da água no solo, o desabastecimento das nascentes, aumentando a demanda por recursos hídricos e favorecendo a instalação da crise por falta de água.

A análise dos AVADANS utilizados pelo Departamento Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina para basear decretos de emergência por estiagem contém informações genéricas do ponto de vista qualitativo e quantitativo, dificultando a tomada de decisão por parte do órgão de defesa civil. A decretação do estado de emergência por estiagem generalizado para todo oeste em 2006 foi precipitado, não tendo embasamento nos dados climatológicos, conforme fornecido pelas estações meteorológicas. Tratou-se de uma decretação política que permitiu a liberação de recursos para tomar medidas preventivas emergenciais e paliativas contra as futuras estiagens. Paliativas, pois, o foco nos recursos para construção das cisternas e reservatórios de água, não ataca a causa do problema que é o estado de perturbação e degradação ambiental existente atualmente no oeste.

A estiagem foi efetivamente registrada em 2004 apenas nos meses de outubro e dezembro, sendo que o município de Calmon foi afetado nestes dois meses. Foram também



afetados pelo fenômeno em dezembro de 2004 os municípios de Caçador, Passos Maia, São Domingos, Galvão, Coronel Martins, Novo Horizonte, Quilombo, Santiago do Sul, Ipumirim, Faxinal dos Guedes, Xavantina, Vargeão, Seara, Saudades, Cunhataí, São Carlos, Águas de Chapecó, Caxambu do Sul, Palmitos, Caibi, Riqueza, Concórdia, Ita, Presidente Castelo Branco, Ouro, Joaçaba, Campos Novos, Zortéia, Capinzal, Piratuba, Ipira, Peritiba, Alto Bela Vista, Jaborá e Formosa do Sul. No ano de 2005 foram registrados efetivamente focos esparsos de estiagens nos meses de janeiro a maio na região estudada. Foi registrado estiagem em todo o período amostrado em Campo Erê e Palma Sola; nos meses de janeiro, fevereiro e março nos municípios de Calmon e São Domingos; no mês de janeiro nos municípios de Abelardo Luz, Ipuacu e Ouro Verde, em fevereiro em Caçador, Coronel Freitas e São Bernardino, e no mês de março o município de Coronel Martins. Observa-se que na maior parte do tempo e dos 121 municípios do oeste catarinense não houve falta de precipitação, mas um pouco sua diminuição e em outros momentos sua abundância, porém o sistema agroecológico parece não estar conseguindo reter e conservar a água em seu interior.

## REFERÊNCIAS

ADAMS, J. .M.; CONSTABLE, J. V.H.; GUENTHER, A. B.; ZIMMERMAN, P. An estimate of natural volatile organic compound emissions from vegetation since the last glacial maximum. **Chemosphere – Global Change Science**, v. 3, p.73-91, 2001.

ALVES, L. Chuva insuficiente para amenizar seca. **Jornal A Notícia**, Joinville, 5 jun. 2006. Caderno Estado, p. A8 a

ALVES, L. Falta de chuva no oeste seca torneiras e preocupa. **Jornal A Notícia**, Joinville, 12 maio 2006. Caderno Geral, p.A6 b.

ALVES, L. Cisterna garante abastecimento sem caminhões pipa. **Jornal A Notícia**, Joinville, 14 ago. 2006. Caderno Destaque, p. A4 c

ALVES, L. Na montanha russa do tempo. **Jornal A Notícia**, Joinville, 13 ago. 2006. Caderno de Economia, p. B6 d.

ALVES, L. Torneira vazia altera rotina. **Jornal A Notícia**, Joinville, 15 ago. 2006. Caderno Estado, p. A6 e.

ALVES, L; LOPES, E. Desespero tira agricultor da roça. **Jornal A Notícia**, Joinville, 25 maio 2006, p.A4.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Região Hidrográfica do Uruguai**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/mapainicial/pgmapak.asp>>. Acesso em: 28 jun. 2006.

ÁGUAS E ÁGUAS. 2006. Disponível em : <<http://www.aguaseaguas.hpg.ig.com.br/>>. Acesso em: 31 out. 2006.

ANDREOLI, C. V.; HOPPEN, C; PEGORINI, E. S.; DALARMI, O. A crise da água e os mananciais de abastecimento. In: ANDREOLI, C. V. **Mananciais de abastecimento: planejamento e gestão – Estudo de caso do altíssimo Iguaçu**. Curitiba: Sanepar Finep, 2003.

ANJOS, J.T; UBERTI, A.A.A.;VIZZOTTO, V.J; LEITE, G.B; KRIEGER, M. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18,n.1, p.139-145, jan./ abr. 1994.

ARTAXO, P.; SILVA-DIAS, M.A.F; ANDREAE, M. O mecanismo da floresta para fazer chover. **Scientific American Brasil**, v.11, p. 38-45, 2003.

BAVARESCO, P. R. **Ciclos econômicos regionais: modernização e empobrecimento no extremo oeste catarinense**. Chapecó: Argos, 2005.

BARRA, T. S.; COSTA, J., M.N.; RAO, T. V. R.; SEDIYAMA, G. C.; FERREIRA, W., P.M.; DANTA NETO, F. S. Caracterização climatológica da severidade de secas do Estado do Ceará – Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande –PB, v.6 n.2, p. 266-272, 2002.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.. **El Nino e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul – aplicações de previsões climáticas na agricultura**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.

BYUN, H.R; WILHITE, D.A. Objective quantification of drought severity and duration. **Journal of Climate**, p.2747-2755, set. 1999.

BONA, A. **Evolução histórica de São Miguel do Oeste**. São Miguel do Oeste: Mclee Ltda, 2004.

BOSCARDIN BORGHETTI, N. R.; BORGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. **Aquífero Guarani: a verdadeira integração dos países do Mercosul**. Curitiba, 2004.

BLAIN, G. C.; BRUNINI, O. Avaliação e a adaptação do índice de severidade de seca de Palmer (PDSI) e do índice padronizado de precipitação (SPI) às condições climáticas do Estado de São Paulo. **Revista Bragantia**, Campinas, v.64, n.4, p.695-705, 2005.

BRAGA, Benedito; HESPANHOL, Ivanildo; CONEJO, João G. Lotufo; MIERZWA, José Carlos; BARROS, Mario Thadeu L.; SPENCER, Milton; PORTO, Mônica; NUCCI, Nelson; JULIANO, Neusa; EIGER, Sérgio. **Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2.ed. São Paulo: Pearson Prendice Hall, 2005.

BRASIL – Ministério da Integração Nacional: Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Manual para a decretação de situação de emergência ou de estado de calamidade pública**. 2 ed. Brasília: MI, 2002.

CAMPOS, C.G.C; BRAGA, H.J.;ALVES, R. Mudanças climáticas atuais e seus impactos no Estado de Santa Catarina. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.19, n.3, 2006.

Centro de Informática e Automação do Estado de Santa Catarina – CIASC. **Mapa interativo de Santa Catarina**. Disponível em: <<http://www.mapainterativo.ciasc.gov.br>>. Acesso em: 1 out. 2007.

COLLISCHOONN, W. **Simulações hidrológicas em grandes bacias**. 2001. Tese de Doutorado - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

CPTEC – Centro de previsão de tempo e estudos climáticos – Ministério da Ciência e Tecnologia. **O que é La Niña?**. Disponível em: <[http://www.cptec.inpe.br/enos/oque\\_la-nina.shtml](http://www.cptec.inpe.br/enos/oque_la-nina.shtml)>. Acesso em: 31 out. 2006a.

CPTEC – Centro de previsão de tempo e estudos climáticos – Ministério da Ciência e Tecnologia. **Produtos - La Niña**. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/products/lanina/lanina3p.htm>>. Acesso em: 31 out. 2006b.

CUADRAT, J. M.; PITA, M. F. **Climatologia**. 3.ed. Madri: Cátedra, 2004.

CÂMARA, G; DAVIS, C.; MONTEIRO, AM.V. **Introdução a ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CASTRO, A. L. C. **Manual de desastres naturais**. v.1. Brasília: Imprensa Nacional, 1996.

CARVALHO, M.S; PINA, M.F; SANTOS,S.M. **Conceitos básicos de sistemas de informação geográfica e cartografia aplicados à saúde**. Brasília: Organização Pan-americana da Saúde / Ministério da Saúde, 2000.

CONSTABLE, J.H; GUENTHER, A.B; ACHIMEL, D.S. MONSON, R..K. Modelling changes in VOC emission in response to climate change in the continental United States. **Global Change Biology**, v.5, p.791-806, 1999.

DAVIS, Mike. **Holocaustos Coloniais: clima, fome e imperialismo na formação do terceiro mundo**. Rio de Janeiro: Record, 2002.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Solos, 1999.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Solos, 2006.

EPAGRI. **Água - Uso Racional**. Disponível em: <<http://www.epagri.rct-sc.br/epagri/index.jsp>>. Acesso em: 31 out.2006.

EPAGRI. **Mapas digitais de Santa Catarina**. Disponível em: <<http://www.epagri.rct-sc.br/>>. Acesso em: 2 mar. 2007.

EPAGRI/CEPA. **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina 2005-2006**. Florianópolis: Epagri/Cepa, 2005.

EPAGRI/CIRAM. **Chuvas artificiais no oeste catarinense**. Disponível em: <[http://ciram.epagri.rct-sc.br:8080/cms/meteoro/topicos\\_especiais/chuvas\\_artificiais.jsp](http://ciram.epagri.rct-sc.br:8080/cms/meteoro/topicos_especiais/chuvas_artificiais.jsp)>. Acesso em: 30 fev. 2005.

FATMA – Fundação do Meio Ambiente. **Publicações: Atlas de Cobertura Vegetal**. Disponível em: <[http://www.fatma.sc.gov.br/biblioteca\\_ambiental/publicacao\\_cd.htm](http://www.fatma.sc.gov.br/biblioteca_ambiental/publicacao_cd.htm)>. Acesso em: 1 out. 2007.

FERREIRA, S.J.F.; LUIZÃO, F.J; DALLAROSA, R.L.G. Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta de terra firme submetida a extração seletiva de madeira na Amazônia Central **Acta Amazônica**, v.35 (1), p.55-62, 2005.

FERREIRA DA COSTA, R.; FEITOSA, J.R.P.; FISC, G.; SOUZA, S.S.; NOBRE, C.A. Variabilidade diária da precipitação em regiões de floresta e pastagem na Amazônia. **Acta Amazônica**, v.28(4), p.395-408, 1998.

FONTANA, D.C.; WEBER, E.; DUCATI, J.; BERLATO, M.A.; GUASSELLI, L.; GUSSO, A. Monitoramento da cultura da soja no centro-sul do Brasil durante La Niña de 1998/2000. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.10, n.2, p.343-351, 2002.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos Municípios da Mata Atlântica**. Disponível em: <<http://www.sosmatatlantica.org.br/?secao=atlas>>. Acesso em: 18 abr. 2006.

GAPLAN. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro, Aerofoto Cruzeiro. 1986

GONÇALVES, E. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M. Distribuição dos desastres naturais no Estado de Santa Catarina: Estiagem (1980-2003). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO

DE DESASTRES NATURAIS, I, 2004, Florianópolis. **Anais...**Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004, p.773-786. (CD-ROM).

GONÇALVES, E. F.; MOLLERI, G.S.F. 8. Estiagem. In: HERRMANN, M.L.P. **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: CEPED, p. 101-104, 2006.

GOULARTI FILHO, A. **Formação econômica de Santa Catarina**. Florianópolis: Cidade Futura, 2002.

GRIMM, A.M. How La Niña events disturb the summer monsoon system in Brazil?. **Climate Dynamics**, v.22, p.123-138, 2004.

HAYES, M.J; SVOBODA, M; COMTE, D.L.; REDMOND, K.T.; PASTERIS, P. Drought monitoring: new tools for the 21 st century. In: WILHITE, D.A. **Drought and water crises: science, technology and management issues**. Nova Yorque: Taylor e Francis Group, 2005.

HIRATA, R. Cap.20 – Recursos Hídricos. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

HEIM JUNIOR, R.R. A review of twentieth – century drought indices used in the United States. **Bulletin of the American Meteorology Society**, v.83, n.8, p.1149-1163, 2002.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Mapas Interativos: mapa de solos do Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. 1 mapa.Escala Indeterminável. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 18 abril. 2006.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapas Interativos: mapa de divisões territoriais do Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão**. Escala 1:50000 – ano de 2005. Disponível em: <<http://www.mapas.ibge.gov.br/divisao/viewer.htm>>. Acesso em: 2 mar. 2007.

IGAD – Intergovernmental Authority on Development. **Sobre o IGAD**. Disponível em: <<http://www.igad.org/>>. Acesso em: 10 nov. 2006.

INAG – Instituto da Água de Lisboa, Portugal. **Programa de vigilância e alerta de secas 2004/2005**. Disponível em: <<http://www.inag.pt/inag2004/pot/divulga/actualidades.htm>>. Acesso em: 4 set., 2006.

INSTITUTO CEPA/SC – INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA DE SANTA CATARINA. **Avaliação do valor bruto de produção agropecuária nas microrregiões geográficas de Santa Catarina –2000-2001**. Florianópolis, 2002.

INSTITUTO CEPA/SC – INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA DE SANTA CATARINA. **Milho (estudo de economia e mercado de produtos agrícolas, 4**. Florianópolis, 1996.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Summary for Policymakers – Climate Change 2007: the physical science basis**, IPCC: Paris, 2007.

JORDAN, I.; FLOSS, P. A.; SILVA, N. E.; CHRISTMANN, A. 3.6. Reflorestamento. In: SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. **Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água - Projeto de recuperação, conservação e manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas**. 2 ed. Florianópolis: Epagri, 1994.

JORNAL A NOTÍCIA. Seca deixa usinas no limite. **Jornal A Notícia**, Joinville, 9 jun. 2006. Caderno de Economia, p.A13 a

JORNAL A NOTÍCIA. Sul é o maior perdedor com a seca. **Jornal A Notícia**, Joinville, 1 jul. 2006. Caderno Destaque, p. A4 b

JORNAL A NOTÍCIA. Todo dinheiro contra a seca. **Jornal A Notícia**, Joinville, 31 maio 2006. Caderno Estado, p.A7 c

JORNAL A NOTÍCIA. Água voltou, agora falta ânimo. **Jornal A Notícia**, Joinville, 22 de jul. 2006. Caderno Estado, p. A7 d.

JORNAL A NOTÍCIA. Agricultor renegocia dívidas. **Jornal A Notícia**, Joinville, 8 de ago. 2006. Caderno de Economia, p.A13 e

JORNAL A NOTÍCIA. Recuperação e preservação dos recursos florestais. **Jornal A Notícia**, Joinville, 21 de jun. 2006. Caderno Especial, p. 9-10 f.

KAVOURAS, I.G.; MIHALOPOULOS, N.; STEPHANOU, E.G. Formation of atmospheric particles from organic acids produced by forests. **Nature**, v.395, p.683-686, out 1998.

KLAUCK, P. D. B.; SULZBACH, M. T. O setor avícola do oeste catarinense frente ao plano real. **Cadernos de Economia**, Chapecó, ano 2, n.3, p. 123-145, nov. 1998.

KESSELMEIER, J.; KUHN, U.; WOLF, A.; ANDREAE, M.O.; CICCIOLI, P.; BRANCALEONI, E.; FIRATTONI, M.; GUENTHER, A.; GREENBERG, J.; CASTRO VASCONCELLOS, P.; TELLES DE OLIVA; TAVARES, T.; ARTAXO, P. Atmospheric volatile organic compounds (VOC) at a remote tropical site in central Amazonia. **Atmospheric Environment**, v.34, p.4063-4072, 2000.

KARMANN, I. Cap. 7 – Ciclos da água: água subterrânea e sua ação geológica. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

KLAUCK, P. D. B.; SULZBACH, M. T.. O setor avícola do oeste catarinense frente ao plano real. **Cadernos de Economia**, Chapecó, ano 2, n.3, p. 123-145, nov. 1998.

KLEIN, R. M. Mapa Fitogeográfico do Estado de Santa Catarina. **Flora Ilustrada de Santa Catarina**: Herbário Barbosa Rodrigues, 1978.

LATHIERE, J.; HAUGLUSTAINE, D.A.; FRIEND, A.; DE NOBLET-DUCOUPRE, N.; VIOVY, N. ; FOLBERTH, G. Impact of climate variability and land use changes on global biogenic volatile organic compound emissions. **Atmospheric Chemistry and Physics Discussions**, v.5, p.10613-10656, 2005.

LERDAU, Manuel; GUENTHER, Alex; MONSON, Russ. Plant Production and emission of volatile organic compounds. **BioScience**, v.47, n.6, p..373-382, jun.1997.

LINHARES, C.A.; SOARES, J.V; BATISTA, G.T. Influência do desmatamento na dinâmica da resposta hidrológica na Bacia do Ji-Paraná. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Goiânia: INPE, p.3097-3105, 2005.

LINO, C. F.; DIAS, H.. **Águas e Florestas da Mata Atlântica: por uma gestão integrada**. São Paulo: SOS / CNREMA, 2003.

LOPES, E. Agricultores têm futuro ameaçado. **Jornal A Notícia**, Joinville, 14 maio 2006. Caderno de Economia, p.B3.

LÜCKMAN, André; ALVES, Luciano. Emergência em 160 municípios. **Jornal A Notícia**, Joinville, 24 maio 2006. Caderno de Economia, p.A15.



MARENGO, José A.; DIAS, Pedro, L. da Silva. Mudanças climáticas globais e seus impactos nos recursos hídricos. In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia. **Águas Doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3 ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.

MARENGO, J.A. **Relatório sobre mudanças globais e efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima do século XX e cenários climáticos no Brasil e na América do Sul para o século XXI derivados dos modelos globais de clima do IPCC**. São Paulo: CPTEC/INPE, 2007, 168 p.

MARENGO, J.A. Condições climáticas e os recursos hídricos no norte brasileiro. In: TUCCI, C.E.M, BRAGA, B. **Clima e Recursos Hídricos no Brasil**. Porto Alegre: ABRH 9 , p. 117-156, 2003.

MELLO, Márcio Antônio de; SCHMIDT, Wilson. A cadeia produtiva do leite e a agricultura familiar do oeste de Santa Catarina: possibilidades para o desenvolvimento. **Cadernos de Economia**, Chapecó, ano 6, n.10, p.7-27, jan/jun. 2002.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano Nacional de Recursos Hídricos – Região Hidrográfica do Uruguai**. Disponível em: <<http://www.pnrh.cnrh-srh.gov.br>>. Acesso em: 28 jun, 2006.

NOAA. **Answers to La Niña frequently asked questions**. Disponível em: <[http://www.elnino.noaa.gov/lanina\\_new\\_faq.html](http://www.elnino.noaa.gov/lanina_new_faq.html)>. Acesso em: 31 out. 2006.

MONTEIRO, M.A.; MENDOÇA, M. 2. Dinâmica Atmosférica no Estado de Santa Catarina. In: HERRMANN, M.L.P. **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: CEPED, p. 5-10, 2006.

NDMC – National Drought Mitigation Center. **What is drought?** Disponível em: <<http://www.drought.uni.edu/>>. Acesso em: 31 out. 2006.

PARODI, A.M. Tecnologia é aliada no campo. **Jornal A Notícia**, Joinville, 14 ago. 2006. Caderno Destaque, p. A4.

PRADO, H. **Manual de classificação de solos do Brasil**. 3.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1996.

PIRES, V. C.; SILVA, A. **Caracterização e monitoração da seca de 2004/2005 em Portugal Continental.** Disponível em: <<http://www.actualidades/seca/relatorios/RelatorioParlamento.pdf>>. Acesso em: 14 set., 2005.

RANZINI, M.; RIGHETTO, A. M.; LIMA, W.P.; GUANDIQUE, M.E.G.; ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V. Processos hidrológicos de uma microbacia com Mata Atlântica, na região da Serra do Mar, SP. **Scientia Forestalis**, n.66, p. 108-119 dez. 2004.

REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** 3 ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.

RODRIGUES, L.; MONTEIRO, M. **Nota Meteorológica Estiagem: abril e maio choveu apenas 20% da média climatológica.** Florianópolis: Epagri/Ciram. Disponível em: <<http://www.ciram.epagri.rct-sc.br:8080/cms/meteoro/estiagem2.jsp>>. Acesso em: 07 jun. 2006.

ROCHA, C.H.B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar.** 2 ed. Juiz de Fora – MG: Ed. do Autor, 2000.

SECRETARIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL **Notícias: municípios que decretaram estado de emergência em 2005/2006 que estão em vigência.** Florianópolis: Governo de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.defesacivil.sc.gov.br/noticias.htm>>. Acesso em: 19 abr. 2006.

SANTA CATARINA. **Bacias hidrográficas de Santa Catarina: diagnóstico geral.** Florianópolis: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, 1997.

SANTOS, Silvio Coelho de. **Nova história de Santa Catarina.** 5 ed. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 1997.

SANTA CATARINA. **Panorama dos Recursos Hídricos de Santa Catarina.** Florianópolis: Governo do Estado de Santa Catarina. Disponível em: <<http://aguas.sc.gov.br>>. Acesso em: 01 set. 2007.

SANTOS, Silvio Coelho de. **Nova história de Santa Catarina.** 5 ed. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2004.

SANTOS, O.V; MARCONDES, T; CORDEIRO, J.L.F. **Estudo da cadeia do leite em Santa Catarina: prospecção e demandas.** Florianópolis: Epagri/Cepa, 2006.

SILVA-DIAS, MA.F; COHEN, J.C.P.; GANDÚ; A.W. Interações entre nuvens, chuvas e a biosfera na Amazônia. **Acta Amazonica**, v.35, p.215-222, 2005.

SPIRIG, C.; NEFTEL, A.; AMMANN, C.; DOMMEN, J.; GRABMER, W.; THIELMANN, A.; SCHAUB, A.; BEAUCHAMP, J.; WISTHALER, A.; HANSEL, A. Flux measurements of biogenic VOCs during ECHO 2003. **Atmospheric Chemistry and Physics Discussions**, v.4, ACPD, p.6603-6643 2004.

SHETTY, A.V; SHAMSI, A.T; PONCE, V.M.; CUETO, R.G. Drought characterization in the ojos negros region, baja california, Mexico. **Revista de Estudos Ambientais FURB**, v.4, n.1, p.59-66, 2002.

SILVA, F.C.A; HEIDEN, F.C.; AGUIAR, V.V.P; PAUL, J.M. **Migração rural e estrutura agrária no oeste catarinense**. 2 ed. Florianópolis: Instituto CEPA/SC, 2003.

SOUZA, S.R; VASCONCELOS, P.C; MANTOVANI, W.; CARVALHO, L.R.F. Emissão por folhas de *Ficus benjamina* L. (Moraceae) de compostos orgânicos voláteis oxigenados. **Revista Brasileira de Botânica**, v.25, n.4, p.413-418, dez 2002.

SMAKHTIN, V.U. Low flow hydrology: a review. **Journal of Hydrology**, 240, p.147-186, 2001.

STEINEMANN, A.C.; HAYES, M.J.; CAVALCANTI, L.F.N. Drought indicators and triggers. In: WILHITE, D.A. **Drought and water crises: science, technology and management issues**. Nova York: Taylor e Francis Group, 2005.

SUASSUNA, João. **Uma metodologia para a preparação do combate aos efeitos da seca**. Disponível em: <<http://www.fundaj.gov.br/docs/tropico/desat/js0507799.htm>>. Acesso em: 14 set. 2006.

THEIS, Ivo M.; NODARI, Tânia M. dos Santos. A agroindústria de aves e o desenvolvimento no meio oeste de Santa Catarina. **Cadernos de Economia**, Chapecó, ano 4, n.7, p.8-27, jul./dez. 2000.

TESTA, V.M; NADAL, R. de; MIOR, L.C.; BALDISSERA, I.T.; CORTINA, N.O. **O desenvolvimento sustentável do Oeste Catarinense (proposta para discussão)**. Florianópolis: EPAGRI, 1996.

TESTA, V. M.; ESPÍRITO SANTO, F., R. C.. **Principais Solos do Oeste Catarinense: aspectos gerais para identificação no campo e suas principais limitações ao uso agrícola.** (Boletim técnico 60). Florianópolis: EPAGRI, 1992.

TELLES, D. D.; DOMINGUES, A. F.. Água na agricultura e pecuária. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G.. **Águas Doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** 3 ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.

THOMÉ, N. **Ciclo da madeira: história da devastação da Floresta de Araucária e do desenvolvimento da indústria da madeira em Caçador e na Região do Contestado no século XX.** Caçador: Universal, 1995.

TUCCI, C.E.M. Processos hidrológicos e os impactos do uso do solo. In: TUCCI, C.E.M, BRAGA, B. **Clima e Recursos Hídricos no Brasil.** Porto Alegre: ABRH 9, p. 31-65, 2003.

UNIC – Centro de Informações das Nações Unidas no Brasil. **Água para a vida.** Disponível em: < <http://www.unicrio.org.br/e-unews/n26/p11.html> > . Acesso em: 31 out. 2006.

WALTER, H. **Vegetação e zonas climáticas: tratado de ecologia global.** São Paulo: EPU, 1986.

WILHITE, D.A; SUOBODA, M.D; HAYES, M.J. Understanding the complex impacts of drought: a key to enhancing drought mitigation and preparedness. **Water Resour Manage**, v.21, p.763-774 2007.

WILHITE, D.A. Combating drought through preparedness. **Natural Resources Forum** 26, p. 275-285, 2002.

WILHITE, D.A. Drought. In: HOLTON, J.A; PYLE, C.; CURRY, J.A. **Encyclopedia of Atmospheric Science.** New Yourk: Elsevier Science, 2003.

WILHITE, D.A. Understanding the phenomenon of drought. **Hydroreview**. v. 12.n.5, p.136-148, 1993.

WILHITE, D.A.; BUCHANAN-SMITH, M. Drought as hazard: understanding the natural and social context. In: WILHITE, D.A. **Drought and water crises: science, technology and management issues.** Nova Yorque: Taylor e Francis Group, 2005.

**ANEXOS**

**ANEXO 1: fotos obtidas durante a viagem de reconhecimento da área de estudo**



Figura 1: Rio do Peixe



Figura 2: Rio Chapecó



Figura 3: Rio do Peixe



Figura 4: Situação atual da região oeste catarinense – parques remanescentes florestais em meio a vastas áreas cultivadas



ANEXO 2: lista dos municípios em estado de emergência por estiagem nos anos de 2004 e 2005

Tabela 1: Municípios que decretaram estado de emergência por estiagem nos anos de 2004 e 2005, segundo a Secretaria Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina

Municípios que decretaram Estado de emergência por estiagem	Ano	
	2004	2005
Abdon Batista	x	x
Abelardo Luz	x	x
Água Doce	x	x
Águas de Chapecó	x	x
Águas Frias	x	x
Alto Bela Vista	x	x
Anchieta	x	x
Arabutã	x	x
Arroio Trinta	x	x
Arvoredo	x	x
Bandeirante	x	x
Barra Bonita	x	x
Belmonte	x	x
Bom Jesus	x	x
Bom Jesus do Oeste	x	x
Brunópolis	x	x
Caçador		x
Caibi	x	x
Calmon		x
Campo Erê	x	x
Campos Novos	x	x
Capinzal	x	x
Catanduvas	x	x
Caxambu do Sul	x	x
Chapecó	x	x
Concordia	x	x
Cordilheira Alta	x	x
Coronel Freitas	x	x
Coronel Martins	x	x
Cunha Porã	x	x
Cunhataí	x	x
Descanso	x	x
Entre Rios	x	x
Erval Velho	x	x

Faxinal dos Guedes	x	x
Flor do Sertão	x	x
Formosa do Sul	x	x
Fraiburgo	x	x
Galvão	x	x
Guaraciaba	x	x
Guarujá do Sul	x	x
Guatambu	x	x
Herval d'Oeste	x	x
Ibiam	x	x
Ibicaré	x	x
Iomerê	x	x
Ipira	x	x
Iporã do Oeste	x	x
Ipuaçu	x	x
Ipumirim	x	x
Irani	x	x
Irati	x	x
Iraceminha	x	x
Ita	x	x
Itapiranga	x	x
Jaborá	x	x
Jardinópolis	x	x
Joaçaba	x	x
Jupiaá	x	x
Lacerdópolis	x	x
Lajeado Grande	x	x
Lebon Régis	x	x
Lindóia do Sul	x	x
Luzerna	x	x
Maravilha	x	x
Marema	x	x
Modelo	x	x
Mondaí	x	x
Monte Carlo		
Nova Erechim	x	x
Nova Itaberaba	x	x
Novo Horizonte	x	x
Ouro	x	x
Ouro Verde	x	x
Paial		x

Palma Sola	x	x
Palmitos	x	x
Paraíso	x	x
Passos Maia	x	x
Peritiba	x	x
Pinheiro Preto	x	x
Pinhalzinho	x	x
Piratuba	x	x
Planalto Alegre	x	x
Ponte Serrada	x	x
Ponte Alta do Norte		x
Presidente Castelo Branco	x	x
Princesa		x
Quilombo	x	x
Rio das Antas		x
Riqueza	x	x
Romelândia	x	x
Salto Veloso	x	x
Saltinho	x	x
Santa Helena	x	x
Santiago do Sul	x	x
São Carlos	x	x
São Cristovão do Sul		x
São Domingos	x	x
São João do Oeste	x	x
São José do Cedro	x	x
São Lourenço do Oeste	x	x
São Miguel da Boa Vista	x	x
São Miguel do Oeste	x	x
Saudades	x	x
Seara	x	x
Serra Alta	x	x
Sul Brasil	x	x
Tangará	x	x
Tigrinhos	x	x
Treze Tílias	x	x
Tunápolis	x	x
União do Oeste	x	x
Vargeão	x	x
Vargem	x	x

Vargem Bonita	x	x
Videira	x	x
Xanxere	x	x
Xavantina	x	x
Xaxim	x	x
Zortéa	x	x

---

**ANEXO 3: Tabela referente aos dados coletados para a pesquisa**

ANEXO 3 - TABELA 2

**ANEXO 4: Formulário de Avaliação de Danos (AVADAN)**



**ANEXO 5: Tabela de precipitação acumulada no período de 2003 a 2005 na região oeste catarinense em estações da CPRM**

ANEXO 5 - TABELA 3