

**Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC  
Centro de Filosofia e Ciências Humanas – CFH  
Progr. de Pós-Grad. Interdisciplinar em Ciências Humanas – PPGICH  
Linha de Pesquisa: Sociedade e Meio Ambiente**

# **Análise Sociotécnica da Meteorologia Brasileira: uma aplicação para o Vale do Itajaí (SC).**

**Tese de doutorado interdisciplinar em Ciências Humanas  
apresentada e defendida publicamente por**

**HÉLIO DOS SANTOS SILVA**

**Orientadora: Prof.<sup>a</sup> D.<sup>ca</sup> Tamara Benakouche / CFH-UFSC  
Co-orientador: Prof. Dr. Pedro Leite da Silva Dias / IAG-USP**

**FLORIANÓPOLIS – SC  
2003**



Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro de Filosofia e Ciências Humanas  
Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Ciências Humanas/Doutorado

## “Análise Sociotécnica da Meteorologia Brasileira: uma aplicação para o Vale do Itajaí-SC”.

Por  
Hélio dos Santos Silva

Orientadora Profa. Dra. Tamara Benakouche  
Co-orientador Prof. Dr. Pedro Leite da Silva Dias

Esta tese foi submetida ao processo de avaliação pela Banca Examinadora para obtenção do título de *Doutor em Ciências Humanas* e aprovada em sua forma final no dia 27 de outubro de 2003, atendendo as normas da legislação vigente do Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Ciências Humanas/Doutorado.

Prof. Dr. Héctor Ricardo Leis - Coordenador do Programa

### Banca Examinadora:

Profa. Dra. Tamara Benakouche (Orientadora e Presidente)

Prof. Dr. Valdo da Silva Marques

Prof. Dr. Augusto José Pereira Filho

Profa. Dra. Júlia Silveira Guivant

Profa. Dra. Maria Lúcia de Paula Herrmann

Prof. Dr. Pedro Leite da Silva Dias (Co-orientador)

Florianópolis, 27 de outubro de 2003.

Dedico este trabalho aos meus pais Edina<sup>t</sup> e Waldemiro,  
meus irmãos, minha mulher e companheira Zilma  
e meus filhos Jane Ethel, Lillian e Luccas.

## **AGRADECIMENTOS**

A elaboração deste trabalho contou com a participação e apoio de muitas pessoas, que contribuíram de diferentes formas para a sua realização. Agradeço, em especial:

À minha esposa Zilma, pelo incentivo, carinho e compreensão nas suas várias etapas.

À professora e orientadora Dra. Tamara Benakouche, pela orientação, pelos conhecimentos transmitidos, pela super-paciência e pelas diversas sugestões, no intuito de chegarmos a um bom trabalho.

Ao professor e co-orientador, Dr. Pedro Leite da Silva Dias, pela preocupação em me mostrar algumas aberturas do campo de pesquisa na área meteorológica e suas interfaces, em especial, às possibilidades interdisciplinares, bem como o apoio e o incentivo à conclusão deste doutorado.

Aos professores Dr. Luís Fernando Scheibe e Dr. Ademar Cordero, pelas sugestões ao projeto de qualificação, incorporadas a esta tese.

Aos diversos atores da Meteorologia brasileira, pela paciência em atender gentilmente às entrevistas estruturadas e contribuir para a elaboração deste trabalho.

Aos colegas do Departamento de Física, do Instituto de Pesquisas Ambientais, da FURB, pelo incentivo e pela liberdade de poder estabelecer meu horário de trabalho, e pela espera de uma dedicação integral às demais atividades institucionais.

Aos colegas de doutorado do IAG-USP e do CFH-UFSC, pelas sugestões, apoio e incentivo.

Ao amigo Reinaldo Haas, pelas intermináveis discussões meteorológicas e epistemológicas, e cujo convívio contribuiu para a incorporação de novos conhecimentos.

À amiga Bárbara Haas pela prestativa ajuda na leitura e correção da versão semifinal deste trabalho.

Aos meus filhos Jane Ethel, Líllian e Luccas, pela instintiva compreensão dos momentos que tiveram de conviver com a minha ausência.

A Deus, por tudo!

# SUMÁRIO

<b>ÍNDICE DE FIGURAS, QUADROS E TABELAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	<b>x</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiv</b>
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1: ENCHENTES E PREVISÃO DE CHUVAS NO VALE DO ITAJAÍ</b> .....	<b>13</b>
1.1 - Características Climatológicas da Chuva .....	15
1.2 - Aspectos Históricos da Previsão de Cheias .....	21
1.3 - As Enchentes de 1983 e 1984 .....	29
1.4 - Os Barramentos e os seus Efeitos sobre as Enchentes .....	32
1.5 - Outras Medidas estruturais e Medidas Não-Estruturais .....	42
1.5.1 - Outras medidas estruturais: ainda as barragens .....	42
1.5.2 - Medidas não-estruturais .....	44
1.6 - Dificuldades para o Monitoramento Meteorológico Regional .....	51
<b>CAPÍTULO 2: A FABRICAÇÃO DA PREVISÃO DO TEMPO</b> .....	<b>57</b>
2.1 - O Processo de Construção da Previsão do Tempo .....	58
2.2 - A Previsibilidade como Parâmetro de Limitação de uma Previsão do Tempo .....	63
2.3 - Procedimentos Numéricos: as Escalas Possíveis de Previsão do Tempo e Seus Efeitos .....	70
2.4 - Os Atributos de uma Boa Previsão de Tempo .....	74
2.4.1 - A Consistência com um Atributo de uma Boa Previsão de Tempo .....	78
2.4.2 - A Qualidade como um Segundo Atributo de uma Boa Previsão de Tempo .....	82
2.4.3 - O Valor como um Terceiro Atributo de uma Boa Previsão de Tempo .....	88
<b>CAPÍTULO 3: UMA RECONSTRUÇÃO CRÍTICA DA METEOROLOGIA NO BRASIL</b> .....	<b>93</b>
3.1 - Aspectos Históricos da Meteorologia Brasileira: as Primeiras Fases .....	94
3.2 - A Construção do Sistema Nacional de Meteorologia na Visão dos Principais Atores: a Rede Sociotécnica .....	100
3.3 - A Criação do INPE .....	106
3.3.1 - O Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do INPE .....	114
3.4 - O Instituto Nacional de Meteorologia – INMET .....	120
3.5 - A Regionalização das Atividades Meteorológicas .....	122

3.5.1 - O Papel dos DISMEs: uma Regionalização Independente .....	122
3.5.2 - A Concepção dos Centros Estaduais (CEs) de Meteorologia e Recursos Hídricos: o aparelhamento e a formação de novos atores para a tarefa de previsão do tempo na escala regional .....	124
3.5.3 - CLIMERH – O CE de Santa Catarina .....	131
3.6 - O Papel da Iniciativa Privada nas Previsões de Tempo no Brasil .....	134
3.7 - A Produção e os Usos da Informação Meteorológica: os Usuários .....	138
<b>CAPÍTULO 4: O PAPEL DA TECNOLOGIA NA METEOROLOGIA: INSTRUMENTOS, MÁQUINAS E MODELOS .....</b>	<b>141</b>
4.1 - A Evolução da Tecnologia à Disposição da Meteorologia Brasileira .....	143
4.1.1 - A rede de estações meteorológicas: convencional versus automática .....	144
4.1.2 - O satélite meteorológico e a Meteorologia Brasileira .....	149
4.1.3 - O radar meteorológico: um início difícil no Brasil .....	151
4.1.4 - O <i>Geographical Position System</i> (GPS) na Meteorologia .....	155
4.1.5 - A aerossonda como um novo aparato tecnológico para a medição de variáveis meteorológicas .....	157
4.1.6 - Os computadores: máquinas essenciais para a PNT .....	160
4.2 - A Tecnologia nos Modelos de Simulação Numérica da Atmosfera .....	176
4.2.1 - O modelo atmosférico de mesoescala RAMS .....	177
4.2.2 - Outros modelos de mesoescala .....	182
<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>187</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>191</b>
<b>ANEXO 1 – Dados dos atores da Meteorologia Brasileira .....</b>	<b>I</b>
<b>ANEXO 2 – Questões norteadoras das entrevistas estruturadas com os atores da Meteorologia Brasileira .....</b>	<b>IV</b>
<b>ANEXO 3 – Imagem e dados da Usina Salto Weissbach de Energia Elétrica – Blumenau – SC. ....</b>	<b>VI</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS, QUADROS e TABELAS

FIGURA 1.1 –	POSTOS PLUVIOMÉTRICOS REPRESENTATIVOS DE REGIÕES HOMOGÊNEAS NO VALE DO ITAJAÍ (PROJETO FIPEC-1990) .....	19
FIGURA 1.2 –	FICHA GRÁFICA DE DEFLÚVIO DO RIO ITAJAÍ-AÇU PARA OS MUNICÍPIOS DE RIO DO SUL, IBIRAMA, INDAIAL E BLUMENAU (USINA SALTO E PONTE GARCIA - CENTRO), PARA A ENCHENTE DE 30.09.1961 .....	24
QUADRO 1.1 –	PICOS DAS ENCHENTES REGISTRADAS EM BLUMENAU, DE 1852 A 2001, PARA VALORES ACIMA DE 9,00 m. AS MAIS CRÍTICAS SITUARAM-SE ACIMA DA COTA DE 12,00 m. ....	27
FIGURA 1.3 –	LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA DE BLUMENAU, ONDE SE VÊ OS LANCES DAS RÉGUAS PARA A LEITURA DOS NÍVEIS DO RIO ITAJAÍ-AÇU, NO CENTRO DE BLUMENAU, JUNTO À CABECEIRA DA PONTE ADOLFO KONDER. AO NÍVEL DA AVENIDA “BEIRA-RIO”, A COTA DA RÉGUA NAQUELE PONTO É DE APROXIMADAMENTE 15 METROS.....	28
FIGURA 1.4 –	MAPA DA LOCALIZAÇÃO DAS BARRAGENS DE CONTENÇÃO E DAS ESTAÇÕES PLUVIO-FLUVIOMÉTRICAS EQUIPADAS COM TELEMETRIA, PARA ACESSO À DISTÂNCIA POR MODEM E PCD, NO VALE DO ITAJAÍ .....	33
FIGURA 1.5 –	DIAGRAMA RESUMIDO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO SISTEMA DE BARRAGENS DE CONTENÇÃO DE CHEIAS DO VALE DO ITAJAÍ, ILUSTRANDO A DIREÇÃO DO ESCOAMENTO DO RIO ITAJAÍ-AÇU .....	34
QUADRO 1.2 –	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO SISTEMA DE BARRAGENS DE CONTENÇÃO DE CHEIAS DO VALE DO ITAJAÍ, COMO AS SUAS DIMENSÕES, DATAS DE ENTRADA EM FUNCIONAMENTO E ÁREAS DAS SUAS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO.....	35
QUADRO 1.3 –	EXEMPLO DE UMA PÁGINA DO 10º RELATÓRIO SEMESTRAL DE ATIVIDADES NAS BARRAGENS DO ALTO VALE DO ITAJAÍ, DO DEOH, REFERENTE AO PERÍODO DE JANEIRO A JUNHO DE 2001 (CONVÊNIO Nº 050/MPO/SEP/98). ....	36
FIGURA 1.6 –	FOTO DA BARRAGEM DE CONTENÇÃO, LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE TAIÓ, NO ALTO VALE DO ITAJAÍ. À ESQUERDA PODE SER VISTO O LADO DE JUSANTE COM O VERTEDOURO E PARTE DE SUA ÁREA DE INUNDAÇÃO. À DIREITA VÊ-SE A FACHADA MONTANTE DO BARRAMENTO, COM A PARTE SUPERIOR DO VERTEDOURO E ALGUNS DOS SEUS COMPONENTES, COMO AS SUAS 7 COMPORTAS, PARA O CONTROLE DO ESCOAMENTO DAS ÁGUAS.....	37
FIGURA 1.7 –	HIDROGRAMA UNITÁRIO DE UMA ONDA DE CHEIA .....	38
FIGURA 1.8 –	ESQUEMA DA EVOLUÇÃO TEMPORAL DA LAMINAÇÃO DA ONDA DE CHEIA POR UMA BARRAGEM, ANTES E DEPOIS DA SUA PASSAGEM NUMA DETERMINADA SECÇÃO DO RIO.....	39
TABELA 1.1 –	VOLUMES OBTIDOS NOS EVENTOS ESTUDADOS E CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO .....	40
FIGURA 1.10 –	COMPONENTES DO CICLO HIDROLÓGICO. ....	43

FIGURA 1.11 –	HISTOGRAMA DO NÚMERO MENSAL DE CHEIAS EM BLUMENAU (SC), NO PERÍODO DE 1984 A 2001, PARA VALORES DE PICO ACIMA DE 4.00 m, NÍVEL DE ATENÇÃO EM BLUMENAU. ....	46
QUADRO 1.4 –	VALORES DOS NÍVEIS DO RIO ITAJAÍ-AÇU PARA ALERTA NA CIDADE DE BLUMENAU, NO PERÍODO DE 1984 A 2001. OS VALORES DE CHUVA REFEREM-SE AOS TOTAIS OCORRIDOS EM CADA EVENTO (* TOTAL DE CHUVA NO EVENTO; ** MÉDIA DE CHUVA NA REGIÃO, NO EVENTO).....	47
QUADRO 1.5 –	VALORES DAS INTENSIDADES DE CHUVA EM mm/h, PARA VÁRIOS PERÍODOS DE RETORNO, PARA A CIDADE DE BLUMENAU (SC) .....	47
QUADRO 1.6 –	EVOLUÇÃO DO NÍVEL DO RIO ITAJAÍ AÇÚ, NO CENTRO DA CIDADE DE BLUMENAU, NO EVENTO DE 01/10/01 .....	49
FIGURA 1.12 –	EXEMPLO DE OBSTRUÇÃO DOS DESCARREGADORES DE FUNDO DA BARRAGEM SUL, EM ITUPORANGA, COM ENTULHOS PROVENIENTES DO ESCOAMENTO DO RIO ITAJAÍ DO SUL .....	53
FIGURA 2.1 –	DIAGRAMA SUCINTO DO FLUXO DA PRODUÇÃO DAS PREVISÕES DO TEMPO .....	63
FIGURA 2.2 –	DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DA INTERAÇÃO ENTRE A GRANDE ESCALA E A ESCALA CONVECTIVA .....	71
TABELA 2.1 –	ESCALAS DOS SISTEMAS DE CIRCULAÇÃO NA ATMOSFERA CONFORME AS SUAS ESCALAS .....	72
FIGURA 2.3 –	DIAGRAMA DA CONFIGURAÇÃO SIMPLIFICADA E ATUALIZADA DE UM SISTEMA PRODUTOR DE PREVISÃO DO TEMPO A CURTO PRAZO .....	74
TABELA 2.2 –	BREVES DEFINIÇÕES DOS TRÊS TIPOS DE ATRIBUTOS DE UMA BOA PREVISÃO DO TEMPO. ....	81
QUADRO 2.1 –	ÍCONES CODIFICADOS DE SITUAÇÕES DO TEMPO PARA FINS DE PREVISÃO .....	83
TABELA 2.3 –	VALORES CODIFICADOS, REPRESENTANDO UMA PEQUENA AMOSTRA DA SEQÜÊNCIA DE SITUAÇÕES DE TEMPO, PREVISTO (f) E OBSERVADO (x), PARA PREVISÕES REALIZADAS PELO CLIMERH E OBSERVAÇÕES NO MUNICÍPIO DE BLUMENAU, PARA OS MESES DE JANEIRO A ABRIL DE 2003 .....	84
TABELA 2.4 –	DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADES CONJUNTA, $p(f, x)$ , A PARTIR DO CÁLCULO DAS PROBABILIDADES CONDICIONAIS E MARGINAIS, DOS VALORES DA AMOSTRA DA SEQÜÊNCIA DE SITUAÇÕES DE TEMPO PREVISTAS (f) PELO CLIMERH, PARA OS MESES DE JANEIRO A ABRIL DE 2003, TAL QUE FORAM OBSERVADAS (x) EM BLUMENAU .....	85
TABELA 2.5 –	DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADES CONJUNTA, $p(x, f)$ , A PARTIR DO CÁLCULO DAS PROBABILIDADES CONDICIONAIS E MARGINAIS, DOS VALORES DA AMOSTRA DA SEQÜÊNCIA DE SITUAÇÕES DE TEMPO OBSERVADAS (x) EM BLUMENAU, TAL QUE FORAM PREVISTOS (f) PELO CLIMERH, PARA OS MESES DE JANEIRO A ABRIL DE 2003 .....	86
TABELA 2.6 –	BREVES DEFINIÇÕES PERTINENTES A VÁRIOS ASPECTOS DA QUALIDADE DA PREVISÃO .....	88
QUADRO 3.1 –	REDE SOCIOTÉCNICA PARCIAL DA METEOROLOGIA BRASILEIRA .....	105



FIGURA 3.1 –	DIAGRAMA PROPOSTO PARA A ESTRUTURA DA METEOROLOGIA OPERACIONAL BRASILEIRA, MONTADO PELO INPE, EM 1976 .....	111
QUADRO 3.2 –	UMA CRONOLOGIA DA CRIAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO CPTEC/INPE. ....	115
FIGURA 3.2 –	DIAGRAMA CONCEITUAL DOS FLUXOS DE INFORMAÇÕES ENTRE O CPTEC E OS CENTROS ESTADUAIS DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. (FONTE: RELATÓRIO DE ATIVIDADES DO INPE – 1998-2000) .....	116
QUADRO 3.3 –	ATIVIDADES DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO CPTEC/INPE PARA OS PRÓXIMOS ANOS .....	119
QUADRO 3.4 –	SEDES DOS DISTRITOS DE METEOROLOGIA DO INMET E AS SUAS RESPECTIVAS ÁREAS DE ABRANGÊNCIA E CHEFIAS, EM 2002 .....	124
TABELA 3.2 –	VALORES DA EXECUÇÃO ORÇAMENTÁRIA DO MCT NO PMTCRH – 2003 .....	127
FIGURA 3.3 –	DIAGRAMA EM FORMA DE PIZZA DOS INVESTIMENTOS DO PMTCRH EM EQUIPAMENTOS – 2001 .....	128
QUADRO 3.5 –	DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS ENVIADOS AOS CENTROS ESTADUAIS, NO ÂMBITO DO PMTCRH .....	128
TABELA 3.2 –	DESCRIÇÃO DO INVESTIMENTO EM RECURSOS HUMANOS SOB A FORMA DE BOLSAS, NO ÂMBITO DO PMTCRH .....	130
FIGURA 4.1 –	ESTAÇÃO METEOROLÓGICA CONVENCIONAL, QUE FOI INSTALADA EM 1992 NO CAMPUS - I DA FURB, AINDA EM ATIVIDADE. ....	147
FIGURA 4.2 –	ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA ITALIANA MTX, INSTALADA EM MARÇO DE 1993 NO CAMPUS - I DA FURB .....	149
FIGURA 4.4 –	DIAGRAMA ILUSTRADO DAS DIFERENTES NATUREZAS DE MEDIÇÕES DE PRECIPITAÇÃO COM PLUVIÔMETRO E COM RADAR .....	152
FIGURA 4.5 –	DIAGRAMA BÁSICO DE FUNCIONAMENTO E OPERACIONALIDADE DE UM RADAR METEOROLÓGICO .....	153
TABELA 4.1 –	CLASSIFICAÇÃO DOS RADARES, DE ACORDO COM AS SUAS BANDAS DE FREQUÊNCIA E EM RELAÇÃO AOS TAMANHOS DOS COMPRIMENTOS DAS MICROONDAS DE EMISSÃO E RECEPÇÃO, CORRESPONDENTES AOS TAMANHOS DOS ALVOS .....	154
FIGURA 4.6 –	ILUSTRAÇÃO DO PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DE UM GPS, COM A CARACTERIZAÇÃO DOS TRÊS SATÉLITES “FIXOS” PARA A DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO DE UM MÓVEL À SUPERFÍCIE .....	156
FIGURA 4.7 –	FOTOGRAFIAS: (a) DOS SENSORES DE ÁGUA LÍQUIDA E SONDA FSSP-100, INSTALADOS NA ASA ESQUERDA; (b) DO AVIÃO-LABORATÓRIO PARA PESQUISAS ATMOSFÉRICAS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ (ALPA/UECE); (C) DAS SONDAS OAP-200X E OAP-200Y, INSTALADOS NA ASA DIREITA; TECNOLOGIA DE PONTA À DISPOSIÇÃO DA METEOROLOGIA. REGIONAL .....	157
FIGURA 4.8 –	FOTO DA AEROSSONDA MARK-1, DESENVOLVIDA SOB A COORDENAÇÃO DO DR. G. HOLLAND, NUMA PARCERIA ENTRE A UNIVERSIDADE DE WASHINGTON E A AGÊNCIA AUSTRALIANA DE METEOROLOGIA, ENTRE 1995 E 1998.....	158
QUADRO 4.2 –	INFORMAÇÕES TÉCNICAS DE UMA AEROSSONDA .....	159

FIGURA 4.9 –	FLUXO GERAL NAS DUAS ETAPAS DE UM SISTEMA DE PROGNÓSTICO METEOROLÓGICO .....	162
FIGURA 4.10 –	DIAGRAMA DOS PROCESSOS FÍSICOS MAIS IMPORTANTES E PARA INSERIR NOS PROCEDIMENTOS DE MODELAGEM DA ATMOSFERA .....	176
QUADRO 4.3 –	CATEGORIAS E OPÇÕES DE USO DO MODELO RAMS .....	181

---

# ABREVIATURAS E SIGLAS

ACC	Análise de Correlações Canônicas
ANA	Agencia Nacional da Água
ANEEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica
ARPS	Advanced Regional Prediction System
CCM	Complexo Convectivo de Mesoescala
CE	Centro Estadual (de Meteorologia e Hidrologia)
CELESC	Centrais Elétricas de Santa Catarina S. A.
CEOPS	Centro de Operações do Sistema de Alerta da Bacia do Itajaí
CLIMANÁLISE	Boletim de Monitoramento do Tempo e Clima
CLIMERH	Centro Integrado de Meteorologia e Recursos Hídricos de SC
COMDEC	Comissão Municipal de Defesa Civil
CPTEC	Centro de Previsão do tempo e Estudos Climáticos
CREA	Conselho Regional de Engenharia, Agronomia e Arquitetura
CSCW	Computer Supported Collaborative Work
CTA	Centro Técnico Aeroespacial
DEOH	Departamento de Obras Hidráulicas
DEPV	Diretoria de Proteção ao Voo do Ministério da Aeronáutica
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil
DISME	Distrito Meteorológico
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
DNOS	Departamento Nacional de Obras e Saneamento
DWD	Deutscher Wetterdienst
ECMWF	European Center for Medium-Range Weather Forecasts
EMBRATEL	Empresa Brasileira de Telecomunicações
EMfIN!	Experimento de Microfísica de Nuvens
ENOS	El Niño-Oscilação Sul
EOF	Funções Ortogonais Empíricas
ETA	modelo de mesoscala
EUA	Estados Unidos da América
FIPEC	Fundação de Pesquisa do Banco do Brasil
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia
FURB	Universidade Regional de Blumenau
GOES	Geostationary Satellite
GPS	Geographical Position System
HF	High Frequency
HN	Hemisfério Norte
IAG-USP	Instituto de Astronomia, Meteorologia e Geofísica da Universidade de São Paulo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INFRAERO	Infraestrutura Aeroportuária S. A.
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPA	Instituto de Pesquisas Ambientais
ISAN	Pacote estatístico de análise de dados
JAN	Jato de Altos Níveis
JBN	Jato de Baixos Níveis
LI	Linha de Instabilidade
MBAR	Modelo Brasileiro de Alta Resolução
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MOS	Model Output Statistics
NCEP	National Centers for Environmental Prediction
OMM	Organização Meteorológica Mundial
PC	Personal Computer
PCD	Plataforma de Coleta de Dados
PNT	Previsão Numérica do Tempo
PQC	Previsão Quantitativa de Chuva
RADAR	Radio Detection And Range

RAMS	Regional Atmospheric Modeling System
SAChe	Sistema de Alerta de Cheias
SBMET	Sociedade Brasileira de Meteorologia
SC	Santa Catarina
SIMEPAR	Sistema Meteorológico do Paraná
SIMERJ	Sistema Meteorológico do Rio de Janeiro
SIVAM	Sistema de Vigilância da Amazônia
SPr	Sistema Produtor
SU	Sistema Usuário
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
UECE	Universidade Estadual do Ceará
UFC	Universidade Federal do Ceará
WEFAX	Weather Fac-simile

# R E S U M O

As limitações das previsões de tempo regionais para fins hidrológicos são discutidas a partir de um enfoque interdisciplinar – que privilegiou as relações entre os campos da Meteorologia e da Sociologia. O estudo focaliza o Vale do Itajaí, no estado de Santa Catarina, Brasil, uma área freqüentemente atingida por enchentes que penalizam duramente a população e as atividades econômicas locais. A hipótese básica de que se partiu foi que a confiabilidade de uma previsão do tempo, para os propósitos desse estudo, não reside apenas na atualização do aparato tecnológico colocado à disposição das atividades científicas e operacionais da Meteorologia, mas dependem também das formas como esse aparato é utilizado no quadro das relações institucionalizadas em que se realizam essas mesmas atividades. Para testar a hipótese, abordar o objeto e alcançar os objetivos propostos, empregou-se a Teoria Ator-Rede, tal como desenvolvida pelo sociólogo francês Bruno Latour, um dos principais representantes da chamada Análise Sociotécnica, campo do conhecimento que estuda as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade. Essa abordagem teórico-metodológica contribuiu para o entendimento das questões tratadas, no caso, os meandros da confecção das previsões do tempo, os seus parâmetros de confiabilidade, a forma numérica de produção de prognósticos (modelos), a tecnologia envolvida no processo de fabricação e disseminação destes produtos meteorológicos, e os atores individuais e instituições historicamente constituídas da Meteorologia brasileira. No que concerne às operações nos Sistemas de Alerta de Cheias (SACHes), constatou-se que a regionalização das previsões do tempo apresenta-se como um fator preponderante para a garantia da confiabilidade do seu processo de produção e disseminação, uma vez que as necessidades dos seus usuários se definem, na maioria dos casos, em escala regional. Dentre as conclusões deste estudo destaca-se a necessidade de articulação das estruturas organizacionais dessa área, com o aumento do elo entre o Sistema Produtor (SPr) e o Sistema Usuário (SU) de informações. A baixa confiabilidade nas previsões do tempo na escala regional acontece devido à frágil associação entre os CEs já existentes e os DISMEs, com cada uma das regiões problemáticas desses estados. Nesse sentido, um melhor monitoramento e o aumento da possibilidade de prever quantitativamente a chuva no Alto Vale podem levar a uma previsão de enchentes inicialmente para os municípios daquelas áreas, antecipando assim, efetivamente, as previsões e os alertas para as indústrias e comunidades de Blumenau, e estruturas a jusante, por exemplo, o Porto de Itajaí.

**Palavras-chave:** Rede sociotécnica; Meteorologia brasileira; Previsão do tempo; Previsão de enchente; Vale do Itajaí.

## ABSTRACT

The limitations of regional weather forecasts for hydrological purposes are discussed on the basis of a multidisciplinary approach, merging meteorological and sociological. The study is focused on the Itajaí Valley in the State of Santa Catarina, Brazil, an area frequently hit by flooding episodes which cause substantial local economical and social impact. The basic hypothesis is that the reliability of the weather forecast does not solely depend on the technological support but on how the information is used by the stakeholders. The Actor-Network Theory, developed by Bruno Latour (a French Social Scientist) is the framework to test this hypothesis. This approach contributed to the understanding of the social/technical processes, the complexities of the weather forecasting and its confidence limits, the structure of the numerical models, the technology necessary to produce and distribute the forecasts, the stakeholders and the institutions responsible for producing and disseminating the forecasts. In reference to the regional flooding alert system known as SACHes, it is clear that the regionalization of the forecast is fundamental to guarantee the reliability of the product given that the stakeholders' needs are regionally dependent. Among the conclusions, it is important to mention the need for a better articulation between the Productive System and the Information System. The low reliability on the weather forecasts in the regional scale is a consequence of the weak linkage between the existing information systems. Better monitoring and improvement in the precipitation forecast skill in the upper Itajaí Valley would certainly have a positive impact for flooding forecasting in the major urban centers and communities along the valley.

**Key words:** Social-technical networks, Brazilian Meteorology, Weather Forecasting, Flood Forecasting, Itajaí Valley.

## INTRODUÇÃO

O problema das enchentes urbanas em Santa Catarina acompanhou o processo de desenvolvimento sócio-econômico de cada uma das suas microrregiões. A intensificação deste processo, refletida principalmente nas formas de ocupação do solo e na utilização dos recursos naturais, induziu profundas modificações em muitas bacias hidrográficas. Os efeitos cumulativos deste processo generalizaram os impactos das enchentes a quase todas as regiões do Estado (MATTEDI, 1999).

Entre as regiões mais afetadas está a bacia hidrográfica do Rio Itajaí. Os primeiros registros de enchentes nessa região datam do século XIX, quando ocorreram os primeiros assentamentos, por meio da colonização estrangeira. Ao longo do processo de ocupação do Vale do Itajaí, as populações, ao se instalarem nas áreas mais próximas dos rios, praticamente sobre os seus leitos secundários – ou bacia de inundação, foram sendo atingidas por enchentes periódicas e aprendendo, com isso, a conviver com elas (FRANK, 1995). Eventos catastróficos resultantes de elevadas quantidades de chuva na região, com a elevação anormal dos níveis dos rios, passaram a gerar preocupações e a busca de soluções que minimizassem os impactos dessas cheias maiores. Tais soluções deveriam, principalmente, eliminar o fator surpresa, sempre presente nestes eventos, pois após um período de chuva, a população a jusante nunca sabia ao certo o quanto havia chovido nas cabeceiras dos rios no Alto Vale, e, portanto, qual a dimensão da ameaça.

Sabe-se hoje que certas condições meteorológicas e hidrológicas propiciam a ocorrência de uma inundação. Nas últimas décadas, os hidrólogos e os meteorologistas têm-se aprofundado, e avançado muito, nas questões voltadas ao entendimento das enchentes: os meteorologistas, no sentido de adquirir maior entendimento no que se refere às previsões da chuva (intensidade e duração) em uma determinada região; e os hidrólogos, no que se refere às conseqüências das chuvas de grande intensidade em bacias hidrográficas. O conhecimento do comportamento de longo prazo da dinâmica da atmosfera é muito difícil e ainda escasso, devido ao grande número de fatores envolvidos nos fenômenos meteorológicos e à interdependência dos processos físicos que a atmosfera terrestre possui e aos quais está sujeita (TUCCI, 1993).

Na verdade, a hidrologia atualmente é tratada também como uma ciência interdisciplinar e tem tido uma evolução significativa, face aos problemas resultantes da ocupação das bacias, do incremento significativo da utilização da água e do conseqüente impacto sobre o meio ambiente do planeta. Profissionais de diferentes áreas, como engenheiros, agrônomos, geólogos, matemáticos, estatísticos, geógrafos, biólogos, meteorologistas, entre outros, atuam nas diferentes subáreas dessa ciência. O desenvolvimento da hidrologia moderna está ligado ao uso da água, ao controle da ação da mesma sobre a população e ao impacto sobre a bacia e o globo terrestre (TUCCI, 1993).

As medidas de controle das cheias em uma bacia hidrográfica podem ser divididas, de uma forma geral, em duas categorias: as estruturais e as não-estruturais. As primeiras medidas influenciam na estrutura da bacia, seja na sua extensão (medidas extensivas), mediante intervenções diretas na sua sistematização hidráulico-florestal e hidráulico-agrária, seja localmente (medidas intensivas), mediante obras com o objetivo de controlar as águas, como por exemplo, reservatórios, caixas de expansões, diques, polders, melhoramento da calha do rio, retificações, canais de desvio, canais paralelos e canais extravasores. Entre as medidas intensivas, os reservatórios de controle de cheias ocupam um lugar de destaque, seja pela imponência das obras de engenharia hidráulica que a sua execução muitas vezes comporta, seja pela eficácia na redução das vazões hídricas que elas conseguem obter. (CORDERO, 1996).

As medidas não-estruturais, por sua vez, consistem na busca da mitigação dos prejuízos e de uma melhor convivência do homem com as enchentes. Esta melhor convivência pode ser alcançada pela população que corre o risco de ser atingida, por intermédio de instrumentos de organização como cartas-enchentes, sistemas de alerta, sistemas-respostas, seguros contra enchentes e estratégias educativas sobre a problemática e os seus riscos (CORDERO et al., 1999).

Sistemas de prevenção e previsão desses eventos foram sendo projetados e implementados no Vale do Itajaí, ao longo dos anos, sob a forma de medidas estruturais e não-estruturais, ou seja, obras hidráulicas (melhoramento do escoamento dos rios e construção de barragens de contenção) e sistemas numéricos de previsão (cálculos empíricos e modelos de previsão de níveis), respectivamente.

No que diz respeito à previsão, até 1984, a preocupação era com a coleta dos dados parciais e totais diários de chuva, que incrementavam os processos empíricos de previsão de níveis. Os valores totais diários de chuva na região eram utilizados para o



cálculo do deflúvio dos eventos de cheia, através da sua conversão aproximada em níveis, nas localidades de Apiúna, Indaial, Usina Salto e Blumenau (ponte do Ribeirão Garcia). Métodos empíricos de previsão de níveis para a cidade de Blumenau foram desenvolvidos inicialmente pelos engenheiros Reinaldo Schmithausen, Ernst Knaesel e Sigfried Ehrenberg, no período da Segunda Guerra Mundial, de 1938 a 1945, e depois dela, sempre com a preocupação básica de operação da Usina Salto, de geração de energia elétrica. Mais tarde, a previsão de níveis passou a ser desenvolvida, de forma independente, por dois peritos experientes na hidrologia da região, tratados pela comunidade como “enchentólogos”<sup>1</sup>: o sr. Jago Lungershausen<sup>2</sup> e o sr. Fritz Mailer<sup>3</sup>, ex-funcionários da “Empresa de Força e Luz de Santa Catharina S.A.”, hoje Centrais Elétricas de Santa Catarina – CELESC.

A adoção de um sistema de previsão de níveis em Blumenau a partir de modelos matemáticos só iria ocorrer em 1984, após a grande enchente de 1983. Foi criado então o Sistema de Alerta de Cheias (SAChe) da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí pelo antigo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), em parceria com a FURB, que instalara um setor próprio para tratar dos assuntos de enchente e de informação à comunidade, denominado Projeto Crise, como pode ser visto em PEREIRA (1983), FRANK, (1987) e SILVA (1990).

A parceria DNAEE/FURB na operação do SAChe da bacia do Itajaí – com a criação do Centro de Operações (CEOPs) do mesmo Sistema – gerou bons resultados, posto que a mudança de paradigma nos procedimentos de cálculo da previsão dos níveis promoveu uma redução considerável no tempo operacional e um aumento de confiabilidade à informação, graças à implementação do sistema telemétrico de coleta de dados de chuva e nível na maior parte das sub-bacias do Vale. Este sistema telemétrico era composto, inicialmente, de cinco estações de medição de chuva, com a precisão de 0,1 mm, de nível por meio de um sensor de pressão compensada, e a transmissão dos dados ao CEOPs era feita por telefone e rádio UHF.

---

<sup>1</sup> Este termo surgiu como um elogio, quando vieram pela primeira vez ao IPA (então "Projeto Crise"), na FURB, em 1984. Eles se sentem "peritos em previsão de enchentes", que é o que o termo expressa.

<sup>2</sup> O sr. Jago Lungershausen, em entrevista pessoal, diz que aprendeu a fazer os cálculos de previsão de níveis para Blumenau por volta de 1944, com o seu antigo chefe na Cia. de Força e Luz, Eng. Reinaldo Steinhausen, e somente deixou de fazê-lo, por problemas na visão, em 1994.

<sup>3</sup> O sr. Fritz Mailer, em entrevista pessoal, diz que aprendeu a fazer os cálculos de previsão de níveis para Blumenau por volta dos anos 70, bem mais tarde que o sr. Jago Lungershausen, e contemporaneamente, com trocas de dados e resultados entre si, a partir de 1980.

A partir da criação do SAChe, foram desenvolvidos estudos climatológicos com dados mais atualizados<sup>4</sup> que os estudos existentes até aquela data, para balizar os valores de leitura da chuva diária, mensal e anual, valores estes característicos da região do Vale e que precisavam ser conhecidos para uma melhor compreensão do tamanho de cada evento de cheia. Neste sentido, foram analisados vários eventos de cheia ocorridos anteriormente, para se obter um conhecimento da escala dos valores de chuva, da pressão correspondente com as instabilidades associadas com as chuvas e da sua evolução, e do número de dias de chuva antes e durante o evento. Estes valores característicos dos vários eventos deram aos operadores do SAChe uma base para as estimativas dos valores esperados nos futuros eventos (SEVERO, 1994).

No período de 1984 a 1990, o SAChe teve o seu melhor período de operação, posto que o investimento federal, da ordem de 100 mil dólares americanos, teve o seu retorno sob a forma de tranquilidade à população nos momentos difíceis, seja em eventos de chuva menos intensa, seja em eventos de cheia, como a de 1990.

Já em 1990, o então diretor-geral do DNAEE, Eng. Gorki Suzuki<sup>5</sup> afirmara em Curitiba, num simpósio sobre meio ambiente, que sistemas de alerta não eram mais prioridades daquele órgão. Assim, aos poucos o sistema de alerta do Vale do Itajaí foi tendo comprometida a sua operação, basicamente por falta de manutenção.

Em maio de 1995, o DNAEE desativou a rede telemétrica, por estarem as cinco estações obsoletas e não haver interesse em trocá-las por novas estações de mesmo tipo de funcionamento. Porém, em novembro de 1996, o mesmo DNAEE, já em transformação para ANEEL<sup>6</sup>, implantou outra rede telemétrica de tecnologia mais atualizada, com base na transmissão dos dados via PCDs, que foram instaladas nos seguintes municípios: Blumenau, Ituporanga, Taió, Ibirama, Timbó, Brusque e Vidal Ramos. Apesar destas novas estações funcionarem, elas não satisfaziam às necessidades regionais, porque os dados eram enviados diretamente para a um satélite e de lá para a sede em Brasília, sendo os dados, disponibilizados na Internet. Isto, porém, ocorria às vezes com intervalos de até 13 horas sem dados, devido ao satélite utilizado na coleta dos mesmos ser de órbita polar (Meteosat).

Após a cheia de fevereiro de 1997, verificou-se a necessidade de se adotar placas fax/modem via telefone nas estações para que o SAChe pudesse dispor dos dados

---

<sup>4</sup> FIPEC (1990).

<sup>5</sup> Palestra apresentada no Simpósio Sobre Meio Ambiente; COPEL/GTZ, 1990. (De gravação).

<sup>6</sup> Agência Nacional de Águas e Energia Elétrica, e posteriormente, desmembrada em Agência Nacional de Energia Elétrica e Agência Nacional de Águas.

de níveis e de chuva necessários aos trabalhos de vigilância e alerta. A partir daquela data, a FURB e a Defesa Civil do município desenvolveram um trabalho de emergência, onde foi implantada uma rede de tele-observadores de campo, que tinham a incumbência de cuidar das estações, coletavam os dados de níveis e de chuva em 26 pontos da região e enviavam estes dados por telefone diretamente ao Centro de Operação do Sistema (CEOPS). Esta tarefa se desenvolveu enquanto as estações telemétricas não eram equipadas.

Em 1998, a Secretaria de Desenvolvimento do Meio Ambiente do Estado intermediou as negociações, e assim se conseguiu os recursos para a melhoria operacional das estações: um modem e uma linha telefônica tornaram possível o acesso direto às mesmas, e a obtenção de informações dos níveis e da chuva a qualquer instante.

Além disso, mais três estações telemétricas - Indaial, Barragem Oeste e Barragem Rio Bonito - foram instaladas. Desde então, a implantação e manutenção da rede telemétrica têm ocorrido de forma lenta e gradual.

Inicialmente, as previsões de tempo para as diversas microrregiões de Santa Catarina eram obtidas do 8º Distrito de Meteorologia do INMET, sediado em Porto Alegre (RS), que dava conta, portanto, das informações necessárias à vigilância meteorológica do Vale. Adicionalmente, na FURB era feita a análise de imagens de satélite obtidas por um imageador fac-símile WEFAX que, de três em três horas, disponibilizava imagens de baixa resolução, no canal do infravermelho, de todo o território brasileiro, diretamente do satélite geoestacionário GOES para a sala de operação, via antena parabólica. A atenção local era para os fenômenos do tempo que estivessem ocorrendo mais propriamente na região sul do Brasil, principalmente aqueles que pudessem trazer chuvas intensas para a região, como foi o evento de 1992<sup>7</sup>. No entanto, o órgão que modificou sobremaneira as atividades de Meteorologia no Estado foi o CLIMERH, descrito mais adiante.

Para o senso comum, a Meteorologia pode ser definida limitadamente como a ciência das previsões do tempo. Pela diversidade de conhecimentos básicos necessários aos estudos meteorológicos e por suas inúmeras aplicações, a Meteorologia pode ser considerada como uma ciência com grande característica de interdisciplinaridade, como afirma com propriedade SILVA DIAS (2001). Esta ciência usa, a todo instante,

---

<sup>7</sup> Para mais detalhes, ver SEVERO e SILVA (1998).

conhecimentos de Matemática, Física, Química, Astrofísica, Oceanografia e Geografia, entre outros, para a descrição da atmosfera, de seus componentes e de seus processos; usa também a linguagem matemática e ferramentas de trabalho como a Estatística e a Computação Eletrônica. Na aplicação dos conhecimentos meteorológicos às atividades humanas, a Meteorologia interage com a Sociologia, a Antropologia, a Biologia e a Engenharia, além de ser essencial às atividades agrícolas, aeronáuticas e marítimas.

Todavia, o tratamento da questão da antecipação de informações meteorológicas na iminência de uma enchente no Vale do Itajaí é um ponto bastante delicado. Para abordar esse assunto, torna-se importante saber, inicialmente, que tipo de informação é necessária ao SAChe numa situação dessas. As informações da quantidade, duração e distribuição espacial das chuvas, se chegam ao SAChe em tempo hábil, permitem ao setor de previsão de cheias avaliar a situação de forma abrangente sobre todo o Vale e, caso seja necessário, desencadear informações em tempo real de modo a que esforços sejam feitos para evitar prejuízos da ordem de bilhões de reais para os setores industrial, comercial, de transportes e comunidade em geral, da região.

Além disso, a informação meteorológica torna-se uma aliada muito importante na antecipação de uma provável catástrofe hidrológica, pois é o valor previsto da chuva que municia os procedimentos de operação hidráulica dos barramentos e de previsão hidrológica no Sistema de Alerta. Há, também, aspectos de cunho histórico, social, técnico e estrutural da região, pois os argumentos de natureza científica, tecnológica e sócio-econômica estão intimamente ligados, sem possibilidade de tratamento de forma separada.

O Sistema Produtor (SPr) de previsões de tempo é constituído pelas estruturas da área meteorológica que recolhem os dados – seja por leitura direta nos instrumentos ou por observações visuais da atmosfera –, fabricam previsões meteorológicas – informações para uns e dados para outros – e disseminam-nas em boletins rotineiros ou avisos de alerta, que de modo direto chegam ao SAChe. Isso leva a informações contendo imprecisões que são decorrentes diretamente dos instrumentos, dos métodos e das pessoas.

Por sua vez, o Sistema Usuário (SU) constitui-se de todos aqueles que, de alguma forma, utilizam as previsões de tempo para tomar decisões profissionais, como agricultores, pescadores, aeronautas, navegadores, empresários, gestores, governantes, bem como o público em geral. Este último utiliza uma previsão do tempo para decidir no seu dia-a-dia: como se veste, se leva guarda-chuva, se vai à praia, se vai fazer

caminhada, enfim, se vai realizar as mais variadas atividades cotidianas. Assim, no SU, as informações que chegam são interpretadas diferentemente de indivíduo para indivíduo, porque as pessoas, na sua maioria, pensam de forma diferente. Isso nos leva a crer que o SPr da informação meteorológica, por um lado, e o SU, por outro, possuem óbices geradores de desconfianças sobre a informação meteorológica divulgada.

O SPr é constituído de meteorologistas previsores que, para trabalhar em instituições públicas ou privadas, precisam ser credenciados no CREA, obtendo tal condição por meio de uma graduação em Meteorologia. Inclui ainda muitos profissionais que possuem formação e experiência na área, mas não são meteorologistas graduados. De alguma forma, pertenciam aos quadros mais antigos de meteorologistas da Aeronáutica e da Marinha, antes da aprovação da lei que passou a regulamentar a profissão (Lei nº. 6835, de 14 de outubro de 1980).

Tendo em vista os altos investimentos – da ordem de centenas de milhões de dólares americanos – em tecnologia feitos recentemente na área meteorológica, tanto no Vale do Itajaí quanto no Brasil, a pergunta que se faz aqui é a seguinte: até que ponto é possível ao sistema nacional de Meteorologia – composto dos diversos órgãos como INMET, CPTEC/INPE, Centros Estaduais do programa do MCT, INFRAERO, entre outros - construir previsões de tempo com um grau de confiabilidade tal que permita aos gestores públicos e privados, situados no Vale do Itajaí, avaliar antecipadamente as dimensões de uma enchente na região e, neste caso, respaldar decisões sócio-políticas no sentido de evitar a catástrofe, ou seja, a perda de vidas humanas e de recursos materiais?

Para responder a esta questão, dois eixos de análise poderiam ser adotados:

- O primeiro está na verificação de como o sistema produz as informações meteorológicas, em particular as previsões de tempo, as suas validades e limitações, juntamente com a sua auto-avaliação.
- O segundo está na verificação de como se constrói a confiança dos usuários numa previsão do tempo, uma vez que não basta que esta informação seja tecnicamente boa – os usuários precisam confiar nela.

*O primeiro eixo de análise foi escolhido pela necessidade de limitar o trabalho, por se tratar de uma tese de doutorado.*

Para melhor compreender como as atividades de confecção das previsões de tempo evoluíram no Brasil, decidiu-se fazer uma “análise sociotécnica”. Mas o que vem

a ser esse tipo de análise? Segundo BENAKOUCHE (1999), que resumiu suas principais correntes, trata-se do estudo do processo de produção e difusão dos objetos e procedimentos técnicos. A metáfora que a simplifica é a de “abrir a caixa-preta da técnica”. Para isso, algumas regras precisam ser seguidas, como: evitar dar destaque à ação de alguns indivíduos, de forma isolada, como se fossem gênios; combater toda manifestação de determinismo tecnológico; e criticar a dicotomia tecnologia-sociedade, porque ambas formam um mesmo contexto, integrado, sem separação.

O trabalho de BIJKER *et al.* (1987) é considerado como o marco inicial desse tipo de estudo. As abordagens sociotécnicas (ou modelos de análises) podem ser classificadas em três tipos: (1) o que destaca o conceito de sistema; (2) o que insiste em seu caráter socialmente construído; (3) o que privilegia o conceito de rede. Eles contêm vários pontos em comum, mas também várias divergências.

No presente estudo, adotou-se o terceiro modelo de análise, que tem Bruno Latour como principal representante, por se acreditar que o conjunto de atores da Meteorologia, no que concerne à confecção e à disseminação das previsões de tempo, organiza-se numa rede, tal como preconizado por esse autor. Sua abordagem constitui não apenas uma interpretação teórica, mas inclui também um instrumento de análise bastante útil para se tratar concretamente problemas associados à inovação, inclusive na área ambiental, como é aqui o caso.

Para responder à questão de pesquisa, acima explicitada, a metodologia adotada é a de “seguir os atores sociedade afora, e ouvir o que eles têm para contar”, como propõe LATOUR (2000). Assim, foram feitas entrevistas com vários atores da área meteorológica, na expectativa de que eles traduzissem em palavras seus pontos de vista comuns, os pontos de litígio, os meandros da ciência e das atividades operacionais exercidas, e a intensidade dos elos de ligação entre eles.

Dentre os atores institucionais, o INMET e o INPE/CPTEC são os mais importantes do País; ambos vêm exercendo, há muito tempo, um papel de esteio e relevância operacional e científica em atividades de previsões do tempo, durante boa parte do período estudado, em cada parte do território nacional. Por isso, foram escolhidas para uma análise mais detalhada. Incluem-se aqui as suas participações na escala regional, com os Distritos de Meteorologia e os Centros Estaduais, respectivamente. Por sua vez, seguindo a proposta de Latour de tratar simetricamente tanto as pessoas como os objetos técnicos – os humanos e os não-humanos, para usar sua terminologia – consideramos os supercomputadores, os radares e os satélites como

atores tão importantes no SPPr como os próprios meteorologistas e as instituições. Neles estão embutidos os esforços das pessoas que os desenvolveram para atuar como tradutores de eventos naturais e sociais; nesse sentido, deixam de ser meros instrumentos de cálculo e de coleta de dados para atuar de forma importante e preponderante nas redes encarregadas das previsões do tempo.

Para bacias hidrográficas de escala espacial da ordem de 15.000 km<sup>2</sup>, as previsões do tempo podem contribuir sobremaneira para a antecipação das ondas de cheia formadas por chuvas intensas e ininterruptas, na escala de dois dias. Assim, a previsão de enchentes no Vale do Itajaí, como já dito, tem dois componentes distintos, porém complementares: a previsão do tempo e a previsão dos níveis dos rios da região, que contribuem para compor a bacia hidrográfica. Em períodos de ocorrência de chuva intensa, a estas duas componentes estão associadas etapas e tarefas como: observação atenciosa das condições do tempo local, regional e global, por meio de medições de variáveis meteorológicas e hidrológicas; análise, crítica e armazenamento desses dados; análise da evolução das condições da atmosfera e das possíveis influências sobre elas; análise e confecção de produtos numéricos (meteorológicos e hidrológicos), coletados de outras instituições ou elaborados localmente; concatenação de todas as informações disponíveis; regionalização das previsões de tempo e elaboração de boletins de periodicidade curta para tomadas de decisão nas diversas instâncias - institucional, comunitária, municipal, regional, estadual e nacional. Assim, desde as primeiras chuvas, que encharcam o solo, e os primeiros indícios de excesso de água na área da bacia hidrográfica, a situação é possível de ser constantemente monitorada.

A rotina descrita acima pressupõe um grupo de atores, humanos e não-humanos, em vigilância diuturna da bacia hidrográfica, sob o regime de níveis hierárquicos de grupos de atividades, no intuito de identificar e rotular situações de normalidade, de atenção, de alerta e de emergência. Estas situações são caracterizadas pelas perspectivas dos rios da bacia hidrográfica virem a atingir níveis cada vez mais altos, desabitando e desalojando a comunidade, sejam pessoas, indústrias, lojas comerciais e instituições de uma forma geral. Portanto, pressupõe-se também que tal vigilância deva vir tanto do poder público como da comunidade em geral, incentivada e organizada, na maioria das vezes, pelos órgãos de Defesa Civil<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> Um exemplo de organismo institucional que vem fazendo este papel em alguns poucos locais do Brasil e exterior é o que se tem denominado Central de Alerta.

Por sua vez, os altos investimentos em tecnologia, feitos recentemente pelos governantes na área meteorológica brasileira, em especial em supercomputadores utilizados no processo de produção de previsões de tempo, têm levado a um desenvolvimento de atividades operacionais de maior complexidade, com a construção de uma informação meteorológica de bom grau de confiabilidade, porém de maior risco de erro. Mesmo assim, como o País é muito grande e possui uma grande diversidade climática, a questão posta acima permanece: será que tais ferramentas computacionais, nas quais estes órgãos apostam, são eficientes a ponto de permitir que gestores públicos e privados fiquem corretamente informados e possam avaliar situações de catástrofes potenciais, deflagrando avisos, alertas e operações no âmbito regional?

Afinal, tais investimentos visam, em última instância, respaldar decisões sócio-políticas no sentido de evitar, por exemplo, uma enchente catastrófica no Vale do Itajaí, ou em outro qualquer. Porém, obstáculos de várias ordens - técnica, social e política - impedem muitas vezes o funcionamento esperado da rede de atores empenhados nas tarefas de previsão, desordenando sobremaneira o fluxo de informações desde o SPr até o SU, como pode ser visto em MARQUES (2001).

A motivação que levou ao desenvolvimento deste trabalho decorre da inquietação profissional dos vários atores do sistema de alerta da bacia do Itajaí, justamente com as inúmeras situações de desinformação, má informação e informações meteorológicas desencontradas, em situações iminentes de enchente no Vale do Itajaí, mais especificamente nos eventos citados anteriormente.

Para desenvolver este trabalho, a coleta de informações foi realizada em duas etapas: a primeira no ano de 1999, com a realização das primeiras 12 entrevistas; e a segunda, em março de 2002, quando foi fechada a etapa de reunião de informações diretamente com os atores. A coleta consistiu das seguintes estratégias: entrevistas a atores relevantes da rede, usando um questionário básico e norteador; análise de artigos e relatórios técnico-administrativos dos principais atores institucionais; análise da rodada de modelos regionais para eventos passados de cheia e acompanhamento direto de alguns eventos recentes na região de estudo. As questões feitas aos atores foram organizadas de acordo com a subárea meteorológica de atuação e sua posição nas instituições, não sendo necessariamente, as mesmas questões para todos eles. A análise da tecnologia envolvida com o processo de produção de previsões de tempo foi ainda essencial para a compreensão das limitações encontradas nos procedimentos estudados.



O objetivo geral do trabalho foi, portanto, analisar o processo de confecção das previsões de tempo no Brasil e o seu reflexo nas atividades do Sistema de Alerta de Cheias do Vale do Itajaí, ou mais especificamente, analisar a possibilidade de obtenção de previsões confiáveis do tempo na escala regional, naquelas situações que antecedem eventos de enchente na bacia hidrográfica do rio Itajaí, a partir das suas conhecidas condições sócio-ambientais

Os objetivos específicos do trabalho foram os seguintes:

- apresentar uma abordagem teórico-metodológica capaz de contribuir para o entendimento e a análise interdisciplinar da área meteorológica brasileira;
- descrever historicamente a evolução da meteorologia praticada no território nacional, a partir de textos e da voz dos seus principais atores, com ênfase no seu processo de institucionalização;
- analisar o processo de avaliação de uma previsão do tempo, com base nos seus atributos e nas suas previsibilidades;
- caracterizar e dimensionar a importância da tecnologia no contexto da operacionalidade dos atores individuais e institucionais, produtores de previsões de tempo no Brasil.

A finalidade dessa abordagem foi discutir o papel e os limites das previsões do tempo no processo de previsão de enchentes no Vale do Itajaí (SC), cujos impactos se converteram num dos problemas mais dramáticos e socialmente perversos do meio ambiente da região, na medida em que causam danos profundos em pessoas e instituições, principalmente quando são tomadas de surpresa. Assim, a tese aborda os meandros da confecção das previsões do tempo, os seus parâmetros de confiabilidade, a forma numérica de produção de prognósticos (modelos), a tecnologia envolvida no processo de fabricação destes produtos meteorológicos, e os atores individuais e instituições historicamente constituídos da Meteorologia brasileira.

O trabalho está estruturado em quatro capítulos, que correspondem aos objetivos listados acima. No primeiro capítulo mostra-se a relação de dependência entre a previsão de enchente e as previsões de tempo. A partir de entrevistas com previsores de níveis antigos e atuais, as limitações de previsão da catástrofe ficam evidentes.

No segundo capítulo, discute-se a relação da Meteorologia com alguns aspectos inerentes aos limites de previsibilidade da atmosfera, ou seja, o quanto a atmosfera é capaz de se deixar prever, bem como os atributos de uma boa previsão de tempo.

No terceiro capítulo é feito um histórico das atividades meteorológicas no território brasileiro, desde as suas primeiras iniciativas de observação a nível localizado, passando pelas atividades associadas com o processo de formação e constituição das instituições especificamente criadas para tratar dessas atividades, seus conflitos e a evolução da capacidade de confecção das previsões de tempo. Nele é delineada, parcialmente, a rede sociotécnica da Meteorologia brasileira.

No quarto capítulo a tecnologia utilizada pela área meteorológica é descrita e o seu papel é analisado com relação à sua importância no contexto do desenvolvimento da meteorologia nacional. E, finalmente, são apresentadas as Conclusões deste estudo.

## CAPÍTULO 1

### ENCHENTES E PREVISÃO DE CHUVAS NO VALE DO ITAJAÍ

Desde a fundação de Blumenau, em 1852, quando se passou a ter um registro dos níveis, as inundações das áreas mais próximas do rio Itajaí-Açu têm sido relativamente periódicas; elas fazem parte dos processos naturais do Vale do Itajaí. Em maiores ou menores proporções, podem ocorrer em qualquer período do ano, pois derivam das intensas chuvas que caem na região, correlacionando-se com o tempo, a área e a intensidade das mesmas. Assim, quando a precipitação pluviométrica é intensa e prolongada, a quantidade de água que chega simultaneamente ao rio pode ser superior à capacidade de drenagem da sua calha principal, resultando, neste caso, na inundação das áreas ribeirinhas.

Os problemas resultantes das inundações dependem do grau de ocupação da várzea pela população e da frequência com a qual ocorrem as inundações. Atualmente, com o crescimento da população urbana no Vale do Itajaí, principalmente por deslocamento da população rural para essas regiões em busca de maior desenvolvimento e oportunidades, as inundações passaram a gerar um prejuízo mais significativo, pois as ocupações posteriores foram feitas sobre o leito secundário (ou planície de inundação) dos rios.

À medida que os municípios cresceram, as enchentes foram tendo um caráter catastrófico a cada vez que aconteciam. Como afirma BUTZKE (1995, p. 1), “*as enchentes situam-se entre os azares ambientais com maiores impactos negativos sobre a população, seja em perdas econômicas, como em perdas humanas e em desestruturação social*”.

Como lembra ainda com propriedade LAGO (1988, p. 147),

*“o espaço geográfico se organiza e se divide, simultaneamente, pelo homem que implanta resultados de sua atividade. Quanto mais complexos forem os processos utilizados nas relações homem-meio, mais complexas serão as inter-relações referentes ao meio social e mais flexíveis serão as fronteiras decorrentes da intensidade e diversidade das atividades humanas desenvolvidas...”*

A Bacia do Itajaí está localizada na vertente atlântica do Estado de Santa Catarina e possui uma área de 15.511 km<sup>2</sup>, o que representa 16,15% do território

catarinense e 0,6% da área nacional. Localiza-se na unidade fisiográfica denominada Litoral e Encostas de Santa Catarina, entre as coordenadas 26°27' e 27°53' de latitude Sul e 48°38' e 50°29' de longitude Oeste. É a maior bacia da vertente do litoral do Estado e está dividida em três compartimentos naturais: Alto, Médio e Baixo Vale do Itajaí. (DNAEE, 1984).

Ela é considerada uma bacia estadual, porque fica totalmente dentro do Estado, e tem a sua situação caracterizada pela existência de altas serras nas nascentes sul, norte e oeste (entre 1000 a 1750 m), e de planícies pequenas à leste, nas vizinhanças do Oceano Atlântico.

Seus principais afluentes são o rio Itajaí do Sul, o rio Itajaí do Oeste, o rio Itajaí do Norte ou Hercílio, o rio Benedito e o rio Itajaí Mirim. As chuvas na bacia hidrográfica do rio Itajaí são bem distribuídas ao longo do ano, sendo que nas estações mais quentes elas são de maior acumulação, mas geralmente de curta duração. Nas estações mais frias elas são menos intensas, mas mais duradouras, sendo que no Vale do Itajaí têm sido registradas cheias em todos os meses do ano.

Nela situam-se 47 municípios e parte de outros. Segundo o Censo do IBGE de 2000, há cerca de 1 milhão de pessoas residindo e desenvolvendo suas atividades econômicas neste espaço. Esta Bacia tem importância significativa estadual e federal, conforme pode ser visto nos dados relacionados a seguir:

- contribui com 28% do PIB global / SC e com 1% do PIB brasileiro
- contribui com 21,76% da arrecadação federal em Santa Catarina
- responde por 33,1% das exportações estaduais e 1,53% das exportações do País
- a renda per capita na Bacia Hidrográfica do Itajaí é 31% superior à média estadual.

Porém, nela há também diferenças sociais: a renda per capita urbana é 9 vezes superior à renda no espaço rural e a diferença continua crescendo (IBGE, 2000). Isto é reflexo de uma série de problemas na área rural, tanto de ordem socioeconômica, quanto de ordem ambiental, propiciando o esvaziamento populacional dessa área, o fluxo migratório para os municípios industriais, especialmente Rio do Sul, Blumenau, Brusque e Itajaí. Nestas cidades, acentuam-se, em consequência, os problemas sócio-

ambientais (desemprego, ocupação de áreas de risco, bolsões de pobreza, falta de saneamento etc.).<sup>9</sup>

Observa-se também uma grande diversidade de atividades econômicas na Bacia do Itajaí. No Alto Vale concentra-se a maior parte da produção agrícola, no Médio Vale a produção industrial e no Baixo Vale, o setor de transportes (Porto de Itajaí), turismo e comércio.

Este capítulo busca mostrar a dependência que a previsão de enchentes no Vale do Itajaí tem das previsões do tempo, bem como a importância da vigilância e do monitoramento meteorológico em tempo atual sobre o fator surpresa nos eventos meteorológicos que geram consequências hidrológicas e sociais.

Como um dos principais elementos responsáveis pelas enchentes são as chuvas associadas a fatores do tempo, descrevem-se inicialmente as características climatológicas do Vale do Itajaí. Em seguida, dando voz a um importante ator local, recuperam-se alguns aspectos históricos das práticas de previsão de cheias, analisando-se, na seqüência, as grandes enchentes de 1983 e 1984. O sistema de barragens construído para evitar os prejuízos de vários tipos que atingem as populações locais é também objeto de estudo, bem como outras medidas não-estruturais, como a instalação do Sistema de Alerta de Cheias (SAChe). Finalmente, o capítulo conclui abordando as dificuldades para o monitoramento meteorológico regional

## **1.1 CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DA CHUVA**

O clima pode ser considerado como o estado médio da atmosfera em longo período. Ou seja, o clima pode ser definido como um conjunto de quantidades médias completadas com momentos estatísticos de ordem superior (como variâncias, covariâncias, correlações, etc.) que caracterizam a estrutura e o comportamento da atmosfera, hidrosfera e criosfera sobre um determinado período de tempo (PEIXOTO e OORT, 1992)

As diferentes combinações dos processos que ocorrem no sistema climático (atmosfera, litosfera, hidrosfera e criosfera) produzem inúmeras variações no clima de região para região. Quando, em uma certa região, os efeitos combinados de diversos fatores resultam em um conjunto de condições climáticas aproximadamente

---

<sup>9</sup> Para maiores detalhes da caracterização da economia regional, ver FRANK e VIBRANS (2003).

homogêneas, tem-se uma região climática. Para mapear as diferentes regiões climáticas existentes na Terra, faz-se uso de determinados métodos de classificação climática. Um destes métodos é o método de Köppen (PEIXOTO e OORT, 1992).

Köppen (1846-1940) foi um biólogo russo que se apoiando num mapa de vegetação mundial, elaborou a primeira classificação do clima da Terra. A partir da sua primeira publicação, em 1901, o método de Köppen foi sucessivamente aperfeiçoado. Atualmente, além da vegetação, incorpora também temperatura, precipitação e características sazonais (VIANELLO E ALVES, 1991).

Inicialmente, o método de Köppen dividia o globo terrestre em cinco grandes grupos climáticos. Além destes grupos principais, ainda existem cerca de 25 variedades específicas em função da temperatura e da precipitação (AYOADE, 1996).

Em geral, de acordo com Köppen, o clima do Vale do Itajaí pode ser classificado como Cfa, onde a primeira letra define o grupo principal, ou seja, temperado úmido, a segunda e a terceira as variedades específicas, onde a letra “f” significa ausência de estação seca (constantemente úmido) e a letra “a” significa temperatura média do mês mais quente superior a 22°C. Em resumo, Cfa representa um clima temperado chuvoso, constantemente úmido, com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C. Mas, como o clima é dinâmico, BRAGA e GHELLRE (1999) desenvolveram um estudo propondo uma diferenciação climática para o estado de Santa Catarina, com argumentos melhores e mais atualizados.

No estudo deles, o fator térmico – a temperatura – foi o componente fundamental do domínio climático para a diferenciação, encontrando assim, cinco regiões climáticas, caracterizadas como tipo climático subtropical 1 e mais quatro tipos climáticos temperados. Devido ao seu posicionamento geográfico no Estado, tais tipos foram subdivididos em 10 subtipos: 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B, 4A e 4B. O tipo 5 não foi subdividido. Aspectos como continentalidade e disposição geográfica foram levados em conta. Com relação ao aspecto hídrico, na metodologia por eles utilizada, as regiões ficaram caracterizadas como “*superúmidas, sem seca ou sub-seca*” (BRAGA e GHELLRE, 1999).

Nessa nova classificação, o Médio e o Baixo Vale do Itajaí estão inseridos no **Tipo 1A**, caracterizado por um domínio climático subquente, com o mês mais frio apresentando uma temperatura média entre 15 °C e 18 °C, subdomínio superúmido (sem seca) do tipo climático Subtropical 1. Já o Alto Vale, insere-se no **Tipo 2A**, caracterizado por um domínio climático mesotérmico brando (1), com o mês mais frio

apresentando uma temperatura média entre 13 °C e 15 °C, subdomínio superúmido (sem seca) do tipo climático Temperado 2. (BRAGA e GHELLRE, 1999).

Este estudo torna-se importante ao estudo das enchentes no Vale do Itajaí na medida em que são apresentados novos tipos climáticos bem mais detalhados e que permitem uma maior compreensão dos processos de troca de umidade e calor em cada sub-região do Estado, em particular, o Vale.

Assim, no ciclo hidrológico, de uma forma simplificada, a precipitação pode ser vista como o resultado final, já em retorno ao solo, do vapor d'água que se condensou e se transformou em gotas com tamanho suficiente para quebrar a força de sustentação exercida pelo ar e cair.

Todavia, há vários tipos de precipitação quanto ao processo físico de ascensão do ar úmido. Os principais são: convectivo, frontal e orográfico. No Vale do Itajaí, a precipitação de origem convectiva predomina no verão, enquanto que a frontal no inverno e, principalmente, na primavera. As chuvas de origem orográfica ocorrem próximo às encostas, com totais de chuva acima do valor da precipitação total anual. (SILVA e SEVERO, 2003b).

Apesar do clima do Vale poder ser tomado como Subquente Superúmido (sem seca) Subtropical, pode-se distinguir nitidamente uma variação quantitativa da chuva no decorrer do ano com as seguintes características: 1) uma estação chuvosa principal no verão, que abrange em geral três meses (janeiro a março); 2) uma estação chuvosa secundária na primavera (reduzida aos meses de setembro e outubro), havendo assim um mês relativamente mais seco (novembro) entre duas estações chuvosas, o qual constitui um período seco secundário. Se não houvesse esta redução da precipitação em novembro, as duas estações se fundiriam num único semestre chuvoso de setembro a março; 3) há um período de 5 meses, que se constitui na parte menos chuvosa do ano (abril a agosto), ou seja, no outono/inverno. Desses meses, o mais seco tem sido o mês de abril (SILVA e SEVERO, 2003b).

A inexistência de uma estação seca definida, ou em outros termos, a presença de precipitação suficiente em todos os meses do ano, pode ser explicada pela superposição de três regimes pluviométricos presentes na região: 1º) o tropical, com máximo no verão, proveniente das discontinuidades tropicais originadas das massas de ar altamente instáveis que favorecem o desenvolvimento convectivo; 2º) o da frente polar, quando da sua passagem pelo oceano, sendo máximo no outono; 3º) o da frente

polar, mas durante sua passagem pelo continente, verificada principalmente no inverno e primavera (NIMER, 1979).

As chuvas mais intensas ocorrem, geralmente no verão e as menos intensas durante o inverno. O número de dias em que ocorre a chuva, independentemente de sua intensidade, varia entre 120 e 180 dias por ano. Durante as estações chuvosas, há em média, 15 dias de chuva por mês.

O Vale tem a sua situação geográfica caracterizada pela existência de altas serras a oeste e sul, e de planícies e elevações pequenas a leste, nas vizinhanças do oceano Atlântico. O resultado destes importantes fatores é que o Vale, por um lado, fica grandemente defendido dos ventos frios e intensos – “minuano” – que sopram de sudoeste, e que tanto modificam o clima do Rio Grande do Sul; por outro lado, é influenciado pelo oceano. Sobretudo por meio de massas de ar frias oceânicas, que vêm pelo quadrante sul-leste (SEREBRENICK, 1958; NIMER 1979).

Do ponto de vista pluviométrico, o primeiro fato – serras altas a sul e oeste – acarreta uma redução da pluviosidade nestas regiões, a sotavento das cadeias montanhosas, enquanto que o segundo fator – penetração de ar marítimo – proporciona chuvas bastante intensas a leste e a nordeste, intensificadas nesta última região pela influência orográfica (HAAS, 2002). A distribuição espacial do número de dias de chuva apresenta as médias anuais de 140 e 150 dias de chuva por ano, nos municípios de Alfredo Wagner, Trombudo Central, Brusque, Blumenau, Gaspar e Luiz Alves, que se localizam nas encostas Oeste e Sul e no interior do Vale (SILVA e SEVERO, 2003b).

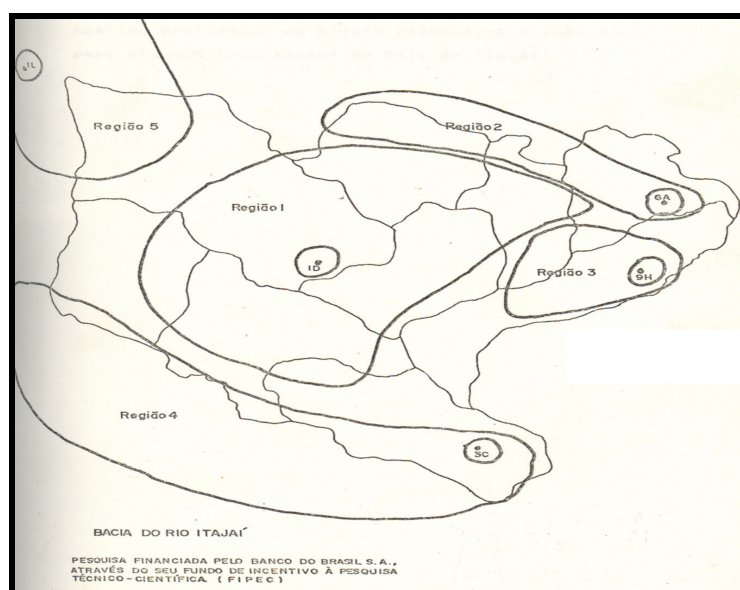
A climatologia da precipitação média mensal no Vale resultou na delimitação de regiões homogêneas. Isto possibilitou a identificação de um posto pluviométrico representativo de cada região, de modo a reduzir-se o volume de dados a serem tratados. Portanto, reduziu-se de 45 para apenas 5, conforme os resultados mostrados na FIGURA 1.1 (FIPEC, 1990).

A chuva no Vale do Itajaí resulta da interação entre a circulação local (brisa marítima, brisa vale-montanha), a topografia e a proximidade do mar. As circulações locais do tipo brisa são devidas à dinâmica e termodinâmica na interface oceano e continente (OLIVEIRA, 1982). Os ventos na atmosfera, de grande escala à



mesoescala<sup>10</sup>, associados a sistemas meteorológicos, interagem<sup>11</sup> com a escala local, onde massa e energia estão, continuamente, buscando um balanceamento, resultando nas circulações locais. Mesmo que essas escalas não interajam com as características físicas regionais, as circulações locais ainda assim deverão existir, uma vez que serão resultantes basicamente dos processos dinâmicos e termodinâmicos de escala local. Na realidade, as circulações de todas as escalas estão sempre conectadas no Vale e nem sempre fica evidente onde termina a influência de uma e onde começa a da outra (SILVA e SEVERO, 2003b).

FIGURA 1.1 – POSTOS PLUVIOMÉTRICOS REPRESENTATIVOS DE REGIÕES HOMOGÊNEAS NO VALE DO ITAJAÍ (PROJETO FIPEC-1990).



FONTE: FIPEC, 1990

A FIGURA 1.1 evidencia cinco regiões cujos postos pluviométricos indicam regimes pluviométricos semelhantes dentro de cada região, porém, distintos de região para região. A região central do Vale abrange o maior número de estações de medição de chuva.

Estudos climatológicos e de caso realizados, a partir de 1984, pelo grupo multidisciplinar denominado “Projeto Crise<sup>12</sup>”, bem como em FRANK *et al.* (1984a), FRANK *et al.* (1984b), FRANK *et al.* (1986), SILVA *et al.* (1988), SEVERO *et al.* (1994), SILVA e SILVA DIAS (1996), entre outros, com ênfase na área ambiental,

<sup>10</sup> Segundo ORLANSKI (1975), a escala meso- $\beta$  apresenta uma resolução espacial de 10-100 km e temporal de 2-24 horas.

<sup>11</sup> Para maiores detalhes, ver FLOHN (1969) e WHITEMAN (1990).

<sup>12</sup> Ver PEREIRA (1983), FRANK (1987) e SILVA (1992).

proporcionaram uma boa compreensão da dinâmica da atmosfera que se desenvolve sobre o estado de Santa Catarina e, de uma forma especial, os regimes de chuva sobre o Vale do Itajaí.

Por sua vez, as circulações de mesoescala, além de serem importantes para determinar a ocorrência da precipitação, têm um papel importante na dispersão de poluentes, já que excitam a turbulência e elevam a altura da camada de mistura, conforme demonstra SILVA (1986).

Dentre os resultados importantes destaca-se que as enchentes no Vale do Itajaí têm, na sua quase totalidade, um quadro de chuva associado com frentes frias semi-estacionárias. Ou seja, os mecanismos físicos que geram chuva e que normalmente se posicionam entre as massas de ar frio e de ar quente, deslocam-se lentamente, ou até estacionam sobre o Estado, com totais de chuva da ordem de 100 mm em 24 horas. Assim, este índice foi adotado como valor crítico de chuva para situações de solo saturado de água por chuvas anteriores, para a ocorrência de uma enchente no Médio Vale.

Por sua vez, SEVERO *et al.* (1996) identificaram as principais características dos sistemas meteorológicos, que foram responsáveis por episódios de chuva intensas no Vale do Itajaí, num total de 21 casos. A importância desse estudo é a classificação de cinco tipos diferentes de mecanismos que produziram tais casos, como: 1) sistema frontal estacionário na região Sul com vórtice ciclônico na região Nordeste do Brasil; 2) vórtice ciclônico em altos níveis, próximo da região Sul do Brasil; 3) corrente de jato com curvatura anticiclônica; 4) difluência no escoamento zonal nos altos níveis; 5) sistema frontal retrocedendo para a região Sul como frente quente.

A nomenclatura técnica associada com a descrição dos modelos conceituais apresentados acima, que visam explicar as situações de chuvas intensas na região, demonstra a real complexidade da análise dos motivos que levam algumas frentes frias a gerar pouca ou muita chuva. Ou seja, alguns sistemas frontais apenas desenvolvem chuvas com intensidades próximas à média, enquanto outras desenvolvem chuvas com intensidades acima dela, que poderão resultar – como já resultaram – em verdadeiras catástrofes para a região. Daí a percepção de que os eventos de chuva intensa e duradoura que se desenvolvem sobre o Vale têm um potencial de destruição, capaz de desabrigar e causar prejuízos de grande monta às suas comunidades.

Até o período que antecedeu a cheia de 1984, a realização do prognóstico dessas chuvas intensas e prolongadas, caracterizadas como potenciais geradoras de

cheias na região, tinha por base informações advindas dos centros previsores já constituídos, em Porto Alegre, São Paulo e Brasília. Em períodos normais, o boletim de previsão do tempo era elaborado pelo 8º Distrito de Meteorologia do INMET, sediado em Porto Alegre (RS), e a sua divulgação era feita para rádios, jornais e pessoas interessadas. Seus boletins e alertas sempre foram tomados com pequena restrição, pois havia confiança no grupo de previsores do INMET<sup>13</sup>. *No entanto, para além das informações dos serviços oficiais, atores locais sempre buscaram de forma prática - mas em geral, não menos eficiente - fazer medições e previsões capazes de orientar medidas de proteção às populações em momentos de risco, como se verá a seguir.*

## 1.2 ASPECTOS HISTÓRICOS DA PREVISÃO DE CHEIAS

Os eventos de cheias na bacia hidrográfica do rio Itajaí têm sido historicamente documentados por imagens e vários tipos de inscrições numéricas, como dados de níveis, chuva e deflúvio<sup>14</sup>. Várias tabelas com esses dados, para as cidades de Rio do Sul, Apiúna, Indaial e Blumenau, bem como mapas de áreas inundáveis, encontram-se disponíveis aos pesquisadores, mas os acervos certamente mais originais são aqueles de antigos funcionários da “*Empresa Força e Luz Santa Catharina S. A.*” (atual CELESC S. A.). Dentre eles, destacam-se os dos Srs. Jago Lungershausen e Fritz Mailer, incansáveis “enchentólogos”, de quem se procurou resgatar e tabular muitos fatos referentes a cada uma daquelas antigas enchentes na região.

Já na primeira década do século XX, Blumenau dispunha de um rudimentar sistema de iluminação pública, provida pela Usina Hidrelétrica Salto Weissbach, ou como é comumente chamada, Usina Salto. Datada de 1916, resultou de uma evolução dos pequenos geradores mantidos pelo espírito empreendedor dos imigrantes desde a virada do século.<sup>15</sup>

Funcionário da Usina, o Sr. Jago Lungershausen se tornou um ator importante no desenvolvimento dos sistemas de previsão de cheias no Vale do Itajaí. As suas

---

<sup>13</sup> As comunicações eram feitas por telefone e telex (SILVA e SEVERO, 2003a).

<sup>14</sup> Para o resgate dos dados antigos de níveis e a elaboração da tabela dos picos de cheias em Blumenau foi desenvolvido na FURB, um estudo de correlação entre aqueles dois pontos de medição.

<sup>15</sup> A Usina Salto foi definitiva para a extraordinária expressão industrial de todo o Médio Vale do Itajaí. Uma foto atual, bem como seus dados técnicos, podem ser encontrados no Anexo 3.

considerações – obtidas através de entrevista<sup>16</sup> – são apresentadas aqui como informações importantes para o estudo das cheias no Vale, no sentido de destacar a importância da atividade na região, seus avanços e as dificuldades para a realização de previsões de níveis confiáveis.

Lungershausen, nascido em Blumenau em 9 de agosto de 1922, trabalhou incansavelmente pela possibilidade de realizar previsões de níveis do Rio Itajaí-Açu. Tendo freqüentado a escola alemã, em 1938 começou a trabalhar como aprendiz de serralheiro, quando passou a se interessar pela mecânica. Na sua narração, evidencia-se a minúcia de detalhes que lhe é característica: *“Depois, eu fui trabalhar na empresa Força e Luz, também como aprendiz. No meu tempo de aprendizado, era três anos de aprendizado, para então ser considerado oficial do serviço. E depois, ainda tinha mais uns anos para poder ser chamado de mestre”*.

As suas atividades na Usina Salto eram diversas, demonstrando a energia e a vontade de aprender que ele tinha na sua juventude, como demonstram as suas palavras: *“Bom, lá na Usina do Salto, como também lá na Fábrica de Máquinas Hermann Spiegel (...) eu era pau pra toda obra. (...) dado ao meu bom grau de escolarização na época, eu quebrava muitos galhos.”*

As previsões de níveis de enchente, naquela época, eram feitas internamente na então Usina Salto; para fins de operação, por ser uma hidrelétrica, a geração de energia dependia da diferença de níveis entre a sua parte montante e jusante. Em tempo de enchente, a altura de queda diminuía consideravelmente, de modo que as máquinas tinham que parar ou trabalhar a pequena carga. Foi então que à medida que os eventos de ameaça e de enchente ocorriam, Lungershausen passou a desenvolver as suas atividades de previsor.

*“Bom, aí (...) fui lá fora medir linhas de transmissão para Brusque, que distância que têm e tal (...). Era que o Serviço da Divisão de Águas queria saber do inventário da ‘Força e Luz’ da época. Então, foi feito o levantamento de tudo: linhas de baixa tensão, de alta tensão. Corri aqui essa cidade toda (a prática já era assim, a gente olhava para o fio e dizia: bom, esse aqui é fio 16, é fio 10, é fio 12 ..., isolador é daquele tipo!) ... Aí eu fiquei como desenhista até março de 1946, e nesse espaço de tempo, aí é que vem a minha ligação ao assunto água no rio Itajaí.”*

O levantamento de informações sobre a empresa para o Serviço da Divisão de Águas lhe deu, assim, condições únicas para se inteirar de vários dados registrados, dados esses relativos à geração de eletricidade e de totais de chuva, vivendo cada momento de tensão em épocas de chuvas intensas:

---

<sup>16</sup> Realizada em 07/11/2002, na FURB.

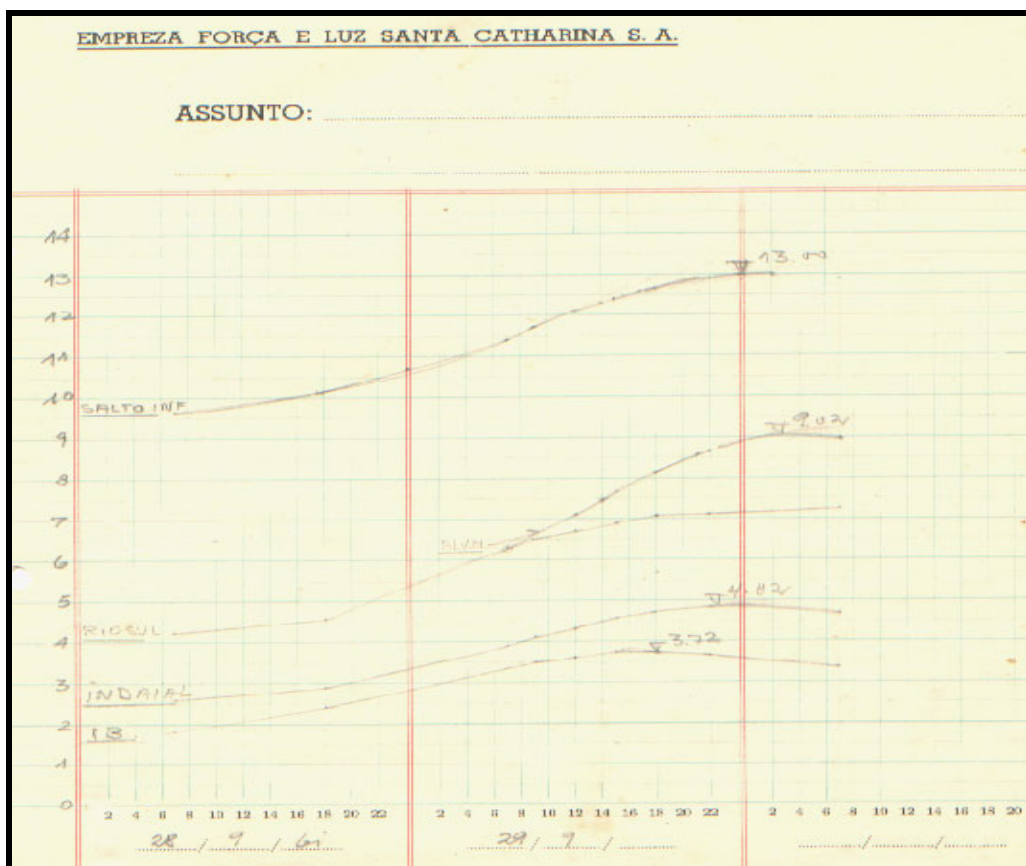
*“Em dia de trovoada, ele [o operador das máquinas] estava em casa! Óia! Como que ele dizia! Raio e tudo [mais], batia lá no pára-choque, caía direto dentro d’água, era aquele estouro! Bom, aí, então, eu fiquei em contato e nós tivemos que fazer o levantamento da potência da Usina Salto, em função do seu nível em Indaial. Dados de enchente e de seca, época normal (...) e fazia o gráfico: até aqui, a Usina dá plena carga; pra cima, não dá mais, porque tem água demais; então, falta desnível, altura; e abaixo disso, é seco. Então, não tem volume de água que chega, e aí foi aquela coisa toda pra fazer. Aí, então, também veio o assunto enchente. Esse assunto enchente, meu senhor, não tem milagres; eu disse: – Vamos ver se a gente consegue previsão? - Não! [disse o maquinista] Com as réguas, a altura de réguas, e fazer uma matemática, (...) e ele [o maquinista] não se achava [em] nada.”*

E ele continua a explicar sobre a previsão de enchentes:

*“Bom, mas eu fazia as minhas coisas adiante, ele [o maquinista] fazia lá [operacionalmente para a Usina] uma curva de referência nível Apiúna, Indaial, Usina Salto (nível a jusante) e Blumenau. Assim, mais ou menos: vinha de Apiúna 7 ou 8 horas pra cá; de Indaial, 4 horas; e da Usina Salto, mais ou menos 2 horas. Então dava pra fazer, assim, uma perspectiva, depois de conhecidos determinados níveis; já dizer com uma certa antecedência o que ia acontecer. Então, a máxima [antecedência] na época era 8 horas, com uma boa segurança e um erro muito pequeno. Então, se [a chuva continuasse] ..., aí é outra coisa, isso aí é muito perigoso, ... principalmente, uma enchente de repique. Tivemos em 73 uma determinada metragem, depois choveu, subiu de novo e baixou. Aí, é conta de adivinhar!”*

A FIGURA 1.2 exemplifica as curvas de deflúvio do rio Itajaí-Açu nas diversas localidades do Vale, obtidas para o evento de 1961, onde se pode notar que o pico da enchente em Blumenau, na Ponte do Garcia, no centro da cidade, ocorreu por volta das 3:00 h da madrugada do dia 30 de setembro, com pico de 9,02 m; porém, na conversão para a régua da Ponte Adolfo Konder, ficou como 9,40 m.

FIGURA 1.2 – FICHA GRÁFICA DE DEFLÚVIO DO RIO ITAJAÍ-AÇU PARA OS MUNICÍPIOS DE RIO DO SUL, IBIRAMA, INDAIAL E BLUMENAU (USINA SALTO E PONTE GARCIA - CENTRO), PARA A ENCHENTE DE 30.09.1961.



FONTE: ACERVO PARTICULAR JAGO LUNGERSHAUSEN.

Lungershausen trabalhou na Usina Salto até março de 1946, indo em seguida trabalhar na Casa Pitter, do ramo de tecidos e confecções, ficando lá até 1978. Mas, não abandonou seu interesse pela previsão:

*“Neste tempo em que estive fora da ‘Força e Luz’, mas já trabalhando na Casa Pitter, eu não desisti de coletar dados de enchente. E fui procurando fazer melhor do que estava. Então, [n]esse melhor do que estava, cheguei assim a fazer uma correlação entre chuva e altura pluviométrica, para vazão máxima esperada em Blumenau ...”*

Lungershausen sempre soube que a atividade de prever nem sempre pode ser desenvolvida de forma linear, pois, como ele afirma,

*“Eu queria fazer isso pra adiante, pros outros. E eu já tinha à minha mão, todas as leituras de régua, e tudo mais. É muito trabalhoso porque tem enchentes que são ..., elas não são iguais – não [se] pode dizer eu faço assim (...) e dá igual – tem que ter um pouco de ‘feeling’ nesse negócio, senão não dá”.*

E ele exemplifica tudo isso relembrando de forma detalhada, a enchente de 1957, que foi muito importante para a região:

*“Veja, a enchente de 57, que foi a maior depois de 1911, e que deu a base para o cálculo do DNOS para as barragens, que eles achavam que não iria mais ter enchente acima desse nível, porque os outros já estavam há centenas de anos atrás. Aquela se formou de uma maneira bem (estranha)..., não era de repique, mas era assim: o nível em Blumenau, sei lá, [estava] 4 metros e meio, agora não sei se era na régua velha ou na régua nova, sei lá, que deu uma confusão doída. Aliás, em Blumenau tinha dois leitores muito bons: um era um funcionário da CELESC, seu Borba, e o seu Flesch, que era o encarregado da Divisão de Águas para fazer as leituras (aquilo era batata, aí não tinha erros, falha de leitura; não, era certinho; por esses dados (...), a gente combinava para telefonar). Aí, essa enchente deu, em pouco espaço de tempo, 50 mm. Parou durante quase 24 horas. Novamente chuva de 50 ou 60 mm. Então, o rio estava indo assim, numa curva normal, até formar um pico de 9 m, quando deu a segunda chuva. E aí? E agora? Baixar não vai. Então, fui levando adiante. Mas aí, foi assim no olhometro. O que é que vem lá, com 8 horas de antecedência ? [a previsão era sempre para esse período]. Porque, da chuva só, não dava pra fazer isso. Então, 100 mm a partir de um nível de 4,5 m, foi dar em 13 metros (aliás, nas cotas antigas, 12,42 m, porque isso era a diferença da régua da Ponte do Garcia para a da Ponte Adolfo Konder).”*

Isso mostra que os meandros da previsão de enchentes têm aspectos técnicos bastante complexos, e mesmo com todo o treinamento e a versatilidade de uma pessoa que viveu todos aqueles eventos dentro do Vale era possível enxergar as limitações. Em momento algum, Lungershausen se referiu à possibilidade de aumentar o tempo de antecedência das suas previsões de 8 horas, para Blumenau, com a utilização de previsões do tempo ou de qualquer outra informação meteorológica. Na sua concepção, a Meteorologia sempre foi formada por coletores de dados para a configuração de climas, e *“as previsões do tempo existentes naquela época eram tão vagas que ninguém acreditava nelas. Atualmente, pode ser que isso seja possível”*.

Ele presenciou várias enchentes e, na medida do possível, pôde avisá-las com antecedência aos governantes, imprensa e população potencialmente atingida, sem ter porém uma incumbência oficial para isso, lembrando que não havia hidrólogo na região àquela época.

Por sua vez, o Sr. Fritz Mailer, outro “enchentólogo” que começou a atuar um pouco mais tarde, também passou a realizar previsão de níveis de enchentes enquanto era funcionário da Usina Salto<sup>17</sup>. Ele entrou na empresa em 1948 (dois anos após Lungershausen ter saído de lá) e passou a ser operador daquela Usina em 1949. Na época, quem fazia previsões lá eram os engenheiros Reinaldo Smithausen, Ernst Knaesel e Sigfried Ehrenberg, e essas eram restritas à empresa. Segundo o seu ponto de vista,

---

<sup>17</sup> Entrevista informal e gravada, concedida em 09/04/2003.

*“... a ‘Força e Luz’ sempre tinha medo de dar uma previsão (...). Eles não tinham confiança nas previsões deles. Sempre podia falhar. E se o prejuízo desse numa loja, numa fábrica, elas podiam pedir o prejuízo. Por isso eles deixavam isso tudo camuflado. (...) A diretoria usava as previsões na empresa, mas não divulgava assim as previsões que eles sabiam. Que nunca davam bem certo. (...) Só no meu tempo é que a gente divulgava (...), depois de 1960”.*

Segundo Mailer, enquanto funcionário da Usina, por um bom tempo ele fez de forma “*clandestina*” a previsão dos níveis. Somente na década de 70 é que, aos poucos, as suas previsões foram sendo divulgadas e confrontadas com as realizadas por Lungershausen. Curiosamente, eles vieram a se conhecer pessoalmente somente em 1984, por ocasião da criação do então Projeto Crise da FURB, quando foram convidados a apresentar seus métodos de cálculos empíricos de previsão. Segundo Lungershausen, ele não entendia muito bem como Mailer fazia previsões de enchentes, que era de forma diferente da dele, apesar deste último haver publicado numa página de jornal<sup>18</sup> a sua forma de prever.

Por um bom tempo, na iminência de enchentes, mesmo antes de 1984, como eles afirmam, se telefonavam “*trocando dados e resultados, sem no entanto, questionar os métodos*”. E, segundo ambos, na maioria das situações, suas previsões concordavam. Suas preocupações meteorológicas eram apenas observacionais e diagnósticas, não havendo real intenção de incorporação de informação meteorológica diversa daquela utilizada, seja por dificuldade operacional, seja por descrença mesmo.

Por um bom tempo, mesmo nos recentes anos, ambos foram sempre consultados nos momentos de iminência de enchentes. Assim, por exemplo, Lungershausen foi responsável, juntamente com o Eng. Dr. Ademar Cordero, então hidrólogo recém-responsável pela previsão dos níveis pela FURB, pela compilação, concatenação e uniformização histórica dos picos das enchentes, com o transporte dos dados que estavam referenciados à régua da Ponte do Ribeirão Garcia para a atual régua na Ponte Adolfo Konder, no centro da cidade de Blumenau. Tais valores foram e ainda são inscrições preponderantes para a calibração dos modelos hidrológicos desenvolvidos - e em desenvolvimento - para a previsão de níveis em várias seções do rio, onde são localizadas as régua dos postos fluviométricos, nas principais localidades da bacia do Itajaí.

---

<sup>18</sup> Jornal de Santa Catarina do dia 28 de agosto de 1984.



No QUADRO 1.1 estão registrados os picos das enchentes registradas em Blumenau, de 1852 até 1932. Os níveis representados são referenciados à régua instalada no posto fluviométrico de Blumenau (que fica logo a jusante da ponte Adolfo Konder, como mostra a FIGURA 1.3) e à cota IBGE (leitura da régua mais 20 cm).

QUADRO 1.1 – PICOS DAS ENCHENTES REGISTRADAS EM BLUMENAU, DE 1852 A 2001, PARA VALORES ACIMA DE 9,00 m. AS MAIS CRÍTICAS SITUARAM-SE ACIMA DA COTA DE 12,00 m.

ANO	DATA	COTA (m)	ANO	DATA	COTA (m)	ANO	DATA	COTA (m)
1852	29.10	16.30	1933	04.10	11.65	1971	09.06	10.10
1855	20.11	13.30	1935	24.09	11.40	1972	02.08	10.80
1862	11	9.00	1936	06.08	10.15	1972	29.08	11.07
1864	17.09	10.00	1939	27.11	11.20	1973	25.06	11.05
1868	27.11	13.30	1943	03.08	10.25	1973	28.07	9.10
1870	11.10	10.00	1946	02.02	9.20	1973	29.08	12.24
1880	23.09	17.10	1948	17.05	11.60	1975	04.10	12.40
1888	---	12.80	1950	17.10	9.20	1977	18.08	9.00
1891	18.06	13.80	1953	01.11	9.40	1978	26.12	11.15
1898	01.05	12.80	1954	08.05	9.30	1979	10.05	9.75
1900	06	12.80	1954	22.11	12.28	1979	09.10	10.20
1911	29.10	9.86	1955	20.05	10.36	1980	22.12	13.02
1911	02.10	16.90	1957	22.07	9.10	1983	04.03	10.35
1923	20.06	9.00	1957	02.08	10.10	1983	20.05	12.46
1925	14.05	10.30	1957	18.08	12.86	1983	09.07	15.34
1926	14.01	9.50	1957	16.09	9.24	1983	24.09	11.50
1927	09.10	12.30	1961	12.09	10.10	1984	07.08	15.46
1928	18.06	11.76	1961	30.09	9.40	1990	21.07	8.82
1928	15.08	10.82	1961	01.11	12.18	1992	29.05	12.80
1931	02.05	10.70	1962	21.09	9.04	1992	01.07	10.62
1931	14.09	10.90	1963	29.09	9.42	1997	01.02	9.44
1931	18.09	11.28	1966	13.02	9.82	2001	01.10	11,02
1932	25.05	9.85	1969	06.04	9.89			

FONTE: BANCO DE DADOS DO CEOPS-IPA/FURB

A cota de extravasamento para a cidade de Blumenau corresponde ao nível de 8,50 m. Todavia, o nível de colapso da cidade é de 12,00 m, ou seja, neste nível, o centro da cidade não tem possibilidade de ser transitado por terra.

FIGURA 1.3 – LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA DE BLUMENAU, ONDE SE VÊ OS LANCES DAS RÉGUAS PARA A LEITURA DOS NÍVEIS DO RIO ITAJAÍ-AÇU, NO CENTRO DE BLUMENAU, JUNTO À CABECEIRA DA PONTE ADOLFO KONDER. AO NÍVEL DA AVENIDA “BEIRA-RIO”, A COTA DA RÉGUA NAQUELE PONTO É DE APROXIMADAMENTE 15 METROS.



FOTO: ACERVO FOTOGRÁFICO DO CEOPS-IPA/FURB

De 1852 a 2001, foram registradas 68 enchentes no município de Blumenau. Dessas, 19 ultrapassaram a cota de 12 m, nível de colapso da cidade. A discussão e eventual adoção de medidas estruturais (término da construção da barragem Norte no Alto Vale, retificação de dragagem da calha a do rio) com a participação governamental sempre ocorreram nos meses ou anos que sucederam às grandes enchentes. Algumas medidas foram implementadas e passaram a aliviar os municípios do Alto Vale, como Ituporanga, Taió e principalmente Rio do Sul, com destaque para a construção de barragens de contenção, nos anos de 1975 e 1978, tema que será abordado mais adiante. A mais marcante dessas enchentes foi, porém, a de 1983 que teve a influência marcante do fenômeno climático El Niño.

### 1.3 AS ENCHENTES DE 1983 E 1984

Em 1983, o Vale do Itajaí sofreu uma das mais catastróficas enchentes da sua história e Blumenau foi uma das cidades mais castigadas. A comunidade local foi duramente atingida.

Os totais de chuva foram cerca de 500 mm de chuva só no mês de julho, para uma média de cerca de 100 mm, que num determinado momento do evento a capacidade de realizar a previsão dos níveis ficou reduzida a zero – os níveis extrapolaram. Após a catástrofe, as “forças vivas da comunidade” – governos, associações, instituições etc. – se juntaram para buscar entender e resolver o problema, contando com a ajuda de técnicos e pesquisadores.

*“Diversos encontros científicos foram realizados em Santa Catarina no período pós-cheia de julho de 1983, visando a discutir causas bem como medidas preventivas de futuros eventos. A Universidade Federal de Santa Catarina e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) tiveram papel relevante nestas discussões. A Associação Brasileira de Recursos Hídricos realizou um memorável encontro em Blumenau, em novembro de 1983 – o V Simpósio Nacional de Recursos Hídricos – (...) transformando ‘Blumenau palco das enchentes’ temporariamente no centro nacional de discussão técnico-científica sobre estes fenômenos”. (FRANK e PINHEIRO, 2003, p. 9)*

No final daquele ano, a partir de uma reunião da comunidade blumenauense, foi organizado, sob a coordenação da professora Ph.D. Eng. Elisete Ternes Pereira, o então denominado “Projeto Crise”, cujos objetivos eram, de uma forma sucinta, gerar informações com a finalidade de antecipar-se a uma enchente e monitorá-la com instrumentos e tarefas de Meteorologia e Hidrologia. Isto fez com que, no início de 1984, a FURB contratasse pessoal capacitado nessas áreas, de modo que o problema das enchentes fosse tratado técnico-cientificamente, como ocorria na maioria dos países avançados; ou seja, esperava-se que informações pudessem ser geradas e transmitidas às comunidades em tempo real, e que ações preventivas pudessem ser realizadas, diminuindo principalmente o fator surpresa da catástrofe. Isto significa que houve, por parte da FURB, uma preocupação inicial com a aquisição de competência para o tratamento da questão (PEREIRA, 1983).

Também no início de 1984, ações governamentais das esferas estadual e federal conseguiram instrumentalizar a coleta de informações em tempo real, tanto do

ponto de vista dos dados de chuva, como dos níveis dos rios<sup>19</sup>. Nesse sentido, o antigo DNAEE implantou uma rede de medidores de chuva e níveis por telemetria (telepluviômetros e telelinímetros), acessados via telefonia, ao longo do rio Itajaí-Açu e alguns afluentes, denominado de Sistema de Alerta de Cheias (SAChe) da Bacia do Itajaí. Este sistema, ao ser implantado, viria a ser operado, em parceria com a própria FURB, a partir de uma central de recepção de informações denominada Centro de Operações do SAChe – CEOPS – (DNAEE, 1984).

Todavia, algumas horas depois da cerimônia de inauguração do Sistema de Alerta – por representantes dos governos federal, estadual e municipais, e da FURB, em agosto de 1984 – um novo evento de cheia assolou o Vale, colocando o Sistema verdadeiramente em xeque. As estações telemétricas ainda estavam em fase de instalação e vistoria final, apesar de formalmente inauguradas. Mesmo assim, a estrutura montada, os manuais de operação e as tarefas pessoais identificadas para momentos de “crise” permitiram uma organização institucional e comunitária mais ordenada que no evento do ano anterior, principalmente pelo fato de se ter condições de dimensionar a onda de cheia em tempo real, e a partir disso, os seus possíveis efeitos. Mais do que isso, pelo fato de se ter um sistema inovador, utilizando a partir daquele momento uma tecnologia de ponta aprovada com sucesso em outros lugares do mundo, havia uma percepção de que se estava garantindo, realmente, uma boa confiabilidade ao sistema e às informações advindas dele (FRANK, 1987).

A enchente de agosto de 1984 registrou um nível ainda mais alto que a de 1983 – apesar de mais rápida – e derrubou por terra todas as estatísticas de período de retorno daquelas cheias grandes, que gira em torno de 35 anos. Assim, não é porque fora calculado um período de retorno de 35 anos para uma nova cheia da ordem de 15 metros, no centro de Blumenau, que uma semelhante não pudesse ocorrer nesse período. Isso derrubou qualquer racionalização do risco de enchente grande que porventura estivesse sendo construída pelos peritos em recursos hídricos naquela época.

De qualquer modo, as atividades do então Projeto Crise, servindo como órgão integrador de várias informações, para estudos de climatologia, modelos matemáticos para fins hidrológicos e mapeamento de áreas inundáveis e do CEOPS, no monitoramento hidrológico da bacia, foram preponderantes na enchente 1984.

---

<sup>19</sup> Além de se avançar etapas de operação das barragens de contenção, bem como da estruturação de toda a Defesa Civil dos municípios da região.

Neste evento, a participação de Lungershausen também foi importante. Às suas informações habituais, ele havia agregado outras obtidas junto ao engenheiro agrônomo Gert Hoffmann, da *Tabacos Brasileiros*, que fazia registros visando regular a colocação de adubos nas suas plantações locais. Apesar de já haver modelo matemático de propagação de cheia instalado no CEOPS, Lungershausen expõe seu método de trabalho:

*“Daquela enchente eu tirei os dados, mas ainda não com a nova curva-chave de Apiúna. Então eu fiz uma, assim, a olho, em função das descargas d’água de Rio do Sul e Ibirama, e assim, (...) cheguei a uma nova curva de descarga. Nesta curva de descarga, eu apliquei aquilo que eu fui achando [por] um valor de multiplicação de 24 metros cúbicos por milímetro de precipitação, se a chuva fosse em tantas horas, porque, é evidente que, uma chuva mais concentrada no tempo, vai dar um afluxo mais rápido do que uma mesma chuva, num espaço de tempo maior. É lógico!”*

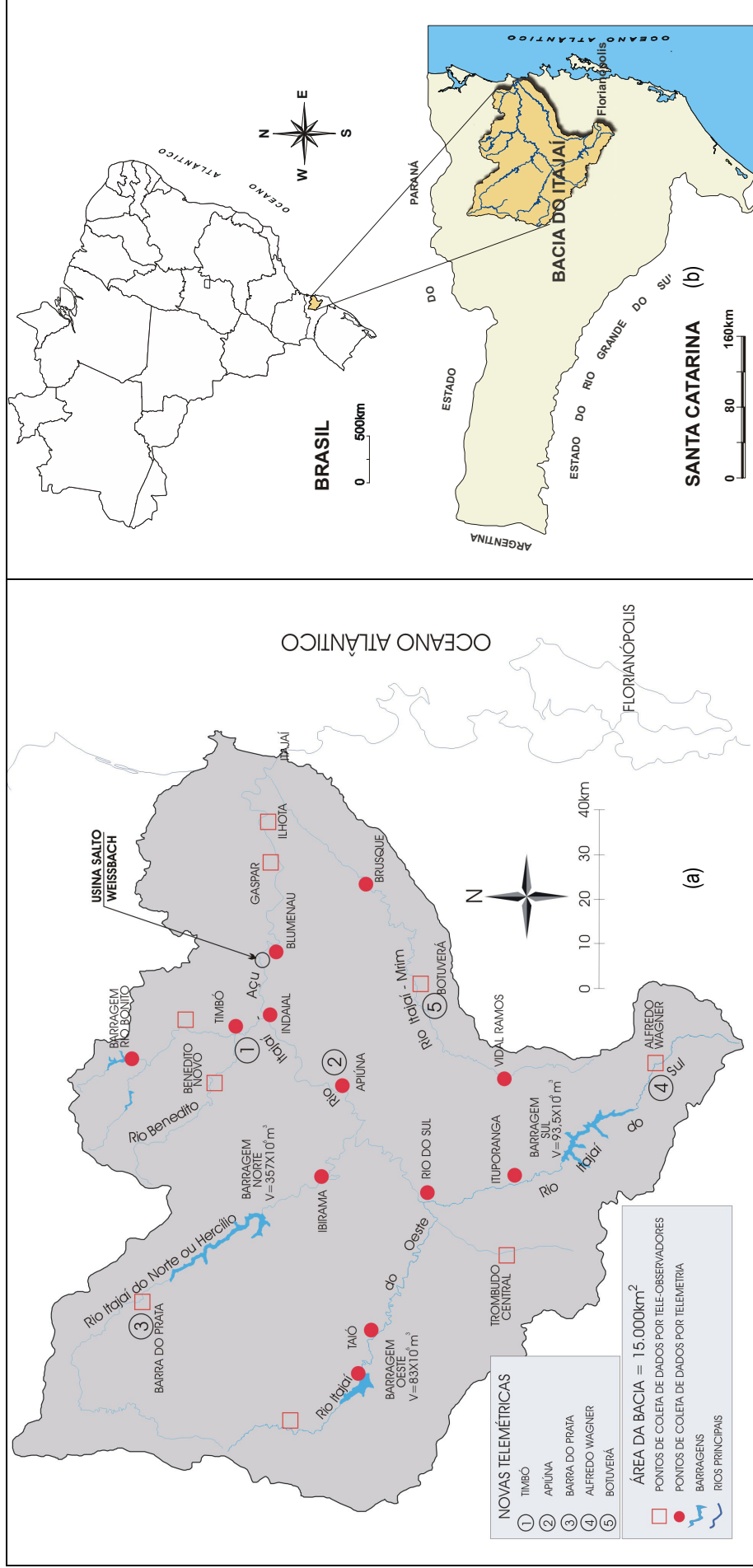
Mas, a intenção dos previsores de enchente sempre foi a de buscar maneiras de alertar a população, na medida do possível com a antecipação dos níveis mais prováveis, buscando com isso, aumentar o tempo de antecedência das suas previsões e dar tempo de mobilização das comunidades potencialmente atingidas. Além disso, a pressão das comunidades sobre os governantes na busca por medidas estruturais que pudessem solucionar o problema das enchentes no Vale foi uma constante, respaldada por estudos técnicos (preliminares) principalmente naqueles períodos imediatamente após os eventos (CORDERO, 1992).

#### **1.4 OS BARRAMENTOS E OS SEUS EFEITOS SOBRE AS ENCHENTES**

Diversas obras de contenção de cheias foram executadas em vários pontos da bacia, sendo as principais: a Barragem Sul, que tem capacidade para armazenar  $93,5 \times 10^6 \text{ m}^3$  de água; a Barragem Oeste, que tem capacidade para armazenar  $83,0 \times 10^6 \text{ m}^3$  e a Barragem Norte, que será analisada mais adiante.

A Barragem Oeste foi a primeira a ser construída, ficando pronta no ano de 1973; a Barragem Sul foi a segunda e ficou pronta no ano de 1976, e a terceira, a Barragem Norte, foi concluída em setembro de 1992. A FIGURA 1.4 mostra também a localização desses barramentos nos rios afluentes formadores do rio Itajaí. De acordo com DEOH-Reg (1998), a função deste sistema é reduzir o pico de uma cheia e por consequência, os efeitos delas nas cidades localizadas a jusante.

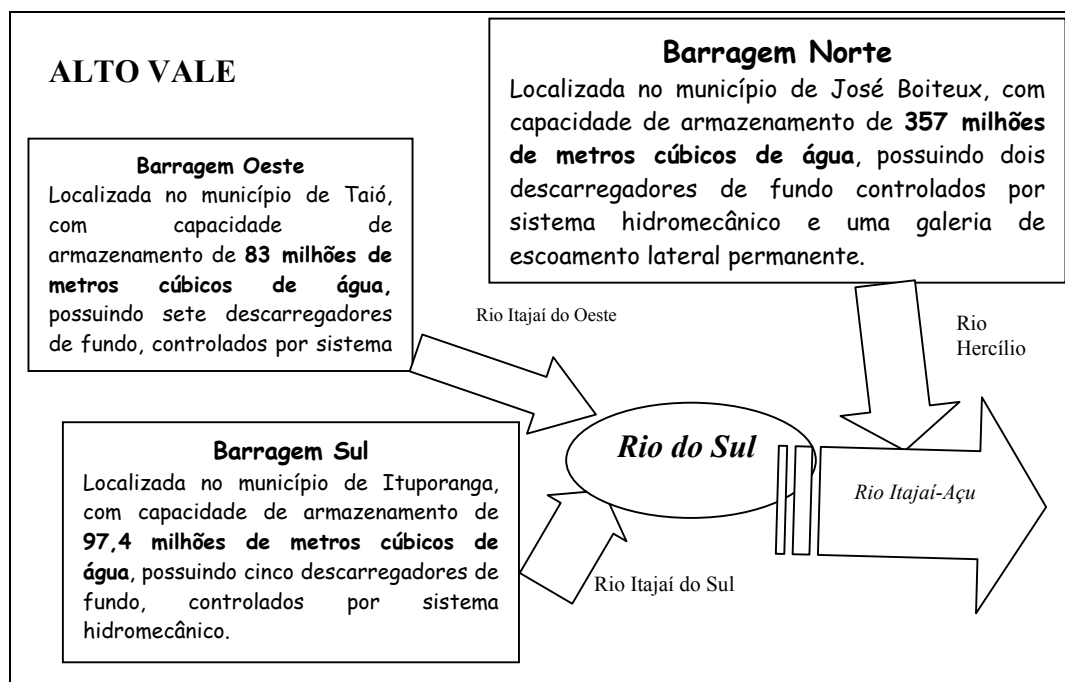
FIGURA 1.4 – MAPA DA LOCALIZAÇÃO DAS BARRAGENS DE CONTENÇÃO E DAS ESTAÇÕES PLUVIO-FLUVIOMÉTRICAS EQUIPADAS COM TELEMETRIA, PARA ACESSO À DISTÂNCIA POR MODEM E PCD, NO VALE DO ITAJAÍ.



FONTE: CEOPS-IPA/FURB

A FIGURA 1.5 mostra as principais características técnicas desse sistema de barragens de contenção de cheias do Vale do Itajaí.

FIGURA 1.5 – DIAGRAMA RESUMIDO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO SISTEMA DE BARRAGENS DE CONTENÇÃO DE CHEIAS DO VALE DO ITAJAÍ, ILUSTRANDO A DIREÇÃO DO ESCOAMENTO DO RIO ITAJAÍ-AÇU.



No QUADRO 1.2 se encontram as características técnicas do sistema, de forma resumida. As diretrizes de operação determinam: 1) As comportas do sistema deverão ser fechadas quando os níveis dos rios, nas cidades localizadas a jusante das barragens, alcançarem valores próximos aos críticos, respeitando o tempo de influência das barragens e a previsão do tempo; 2) quanto mais tarde acontecer o fechamento das comportas, maior será a capacidade de armazenamento do reservatório nos momentos críticos; 3) os níveis dos reservatórios deverão permanecer os mais baixos, sempre que possível; 4) a abertura das comportas deverá ser realizada de forma gradual e acompanhada da queda dos níveis dos rios nas cidades a jusante do sistema.





QUADRO 1.3 – EXEMPLO DE UMA PÁGINA DO 10º RELATÓRIO SEMESTRAL DE ATIVIDADES NAS BARRAGENS DO ALTO VALE DO ITAJAÍ, DO DEOH, REFERENTE AO PERÍODO DE JANEIRO A JUNHO DE 2001 (CONVÊNIO N.º 050/MPO/SEPRE/98).

ESTADO DE SANTA CATARINA						
SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES E OBRAS						
DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E OBRAS HIDRÁULICAS - DEOH						
Fonte de recursos: Convênio no MPO/50/98 - Transferência das Barragens do Alto Vale do rio Itajaí para o Estado de Santa Catarina						
Folha: n.º 1						
Item	Discriminação	un	Qtde	Preço estimado (R\$)	Preço contratado (R\$)	Situação atual
<b>1.0</b>	<b>AQUISIÇÃO DE EQUIPAMENTOS - INVESTIMENTOS</b>					
1.1	Veículos utilitários de apoio à operação das barragens	un	4	72.000,00	67.370,00	adquiridos
1.2	Equipamentos de informática para coleta de dados	un	4	18.000,00	16.201,00	adquiridos
1.3	Equipamentos de prev. Contra incêndio, equip. prot. Indiv. E ferramentas	un	3	1.500,00	1.440,00	adquiridos
<b>2.0</b>	<b>SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO, RECUPERAÇÃO E OPERAÇÃO</b>					
	<b>- BARRAGEM SUL</b>					
2.1	Reforma da residência, casas de comando e apoio. Constr. Guarita	m <sup>2</sup>	350	33.537,47	33.743,47	concluída
2.2	Melhoria no sistema de fornecimento d' água	un	1	3.889,44	3.544,00	concluída
2.3	Dragagem c/ transporte p/ fora do reservatório	m <sup>3</sup>	32.000	135.000,00	149.456,44	concluída
2.4	Recuperação dos gabiões de proteção	m <sup>3</sup>	900	198.000,00		projeto concluído
2.5	Blindagem dos descarregadores de fundo e recuperação da estrutura da grade	un	1	53.500,00		projeto concluído
2.6	Remanejamento da central oleodinâmica	un	1	154.500,00		projeto concluído
2.7	Recuperação das grades de proteção dos descarregadores de fundo	un	1	27.500,00	28.300,00	concluída
	<b>- BARRAGEM OESTE</b>					
2.8	Dragagem c/ transporte p/ fora do reservatório	m <sup>3</sup>	30.000	113.145,00	118.954,00	concluída
2.9	Recuperação da ponte de acesso	un	1	72.474,43	56.984,14	concluída
2.10	Cercas de proteção das áreas de segurança	ml	1.549	64.538,07	57.689,28	concluída
2.11	Construção de W.C. na guarita e pintura	un	1	2.300,00	1.931,00	concluída
	<b>- BARRAGEM NORTE</b>					
2.12	Reparo de vazamento em comporta	un	1	20.000,00	10.000,00	concluído
2.13	Aquisição de produtos químicos p/ a E.T.A	kg	812	812,00	812,00	concluída
2.14	Contr. de sanit., calçada, grade de proteção e cobert. do elevador de acesso às comportas	m <sup>2</sup>	4	5.197,00	3.685,83	concluída

FONTE: DEOH, 2001.

Para ter um melhor entendimento do potencial da barragem Norte, que é a maior delas, em reduzir vazões de enchentes, é necessário um aprofundamento sobre a sua capacidade de armazenar e controlar os volumes d'água nos eventos de cheia que passam pela seção do barramento<sup>20</sup>.

A Barragem Norte, que tem as suas principais características apresentadas no QUADRO 1.2, localiza-se a montante da cidade de José Boiteux, é a maior obra de controle de cheia realizada até hoje na bacia do rio Itajaí, com capacidade para armazenar  $357,0 \times 10^6$  m<sup>3</sup> de água até a crista do vertedor. Nesta barragem existem cinco descarregadores de fundo, sendo que dois deles (tulipas) são controláveis por comportas e três não-controláveis (células). Na referida barragem há também um descarregador na superfície, denominado vertedor ou extravasor (sem controle).

<sup>20</sup> CORDERO e SILVA (1998) analisaram a capacidade de armazenamento das ondas de cheia pela Barragem Norte e suas implicações nas comunidades do Vale do Itajaí.

Uma barragem de cheia funciona como um reservatório de armazenamento, no qual uma parte do volume da água que constitui a onda de cheia é armazenada por um certo tempo, e mais tarde é descarregada a jusante com uma vazão menor com respeito àquela que ocorreria no desenvolvimento do fenômeno natural. Em outras palavras, o reservatório reduz a vazão a valores toleráveis ao rio na parte de jusante da barragem, a preço de um prolongamento da duração da cheia no mesmo rio (TUCCI, 2001).

Existem diversos tipos de reservatórios para o controle de cheias. Mas, do ponto de vista funcional, um reservatório consiste, como é mostrado na FIGURA 1.6, de uma barragem que barra a água, em uma oportuna seção de um curso d'água, a qual é acompanhada de dois tipos de descarregadores: um de fundo, dito em hidráulica de orifício, e outro na superfície da barragem, do tipo vertedor ou extravasor (TUCCI, 2001).

Em qualquer reservatório de controle de cheias o vertedor funciona sempre aberto, ou seja, fica sem controle, enquanto que os descarregadores de fundo geralmente são equipados com instrumentos mecânicos e com comportas que permitem regular a abertura da seção disponível para a saída da água. No vertedor de uma barragem também pode ser instalada uma comporta regulável, mas este mecanismo é instalado com frequência em reservatórios destinados a reservar água para multiuso; não se constrói nunca nos reservatórios destinados ao controle de cheias (CORDERO *et al.*, 2000).

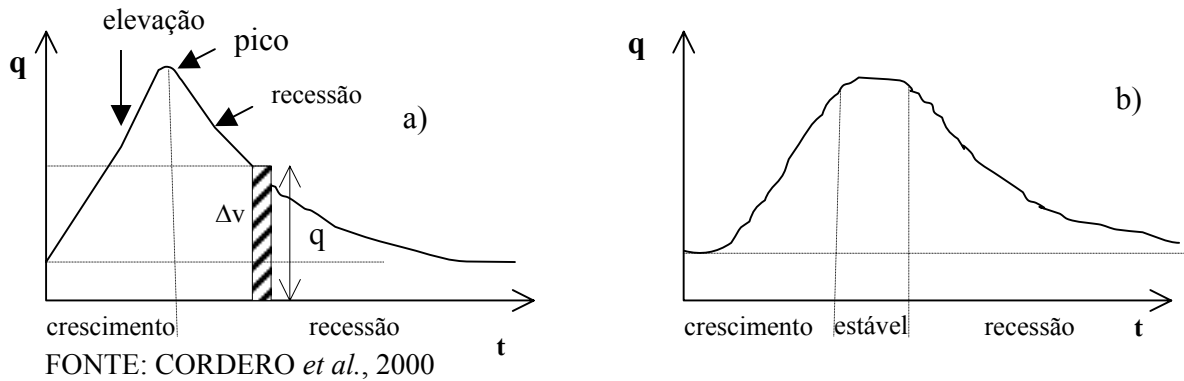
FIGURA 1.6 – FOTO DA BARRAGEM DE CONTENÇÃO, LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE TAIÓ, NO ALTO VALE DO ITAJAÍ. À ESQUERDA PODE SER VISTO O LADO DE JUSANTE COM O VERTEDOURO E PARTE DE SUA ÁREA DE INUNDAÇÃO. À DIREITA VÊ-SE A FACHADA MONTANTE DO BARRAMENTO, COM A PARTE SUPERIOR DO VERTEDOURO E ALGUNS DOS SEUS COMPONENTES, COMO AS SUAS 7 COMPORTAS, PARA O CONTROLE DO ESCOAMENTO DAS ÁGUAS.



FONTE: ARQUIVO CEOPS-IPA/FURB

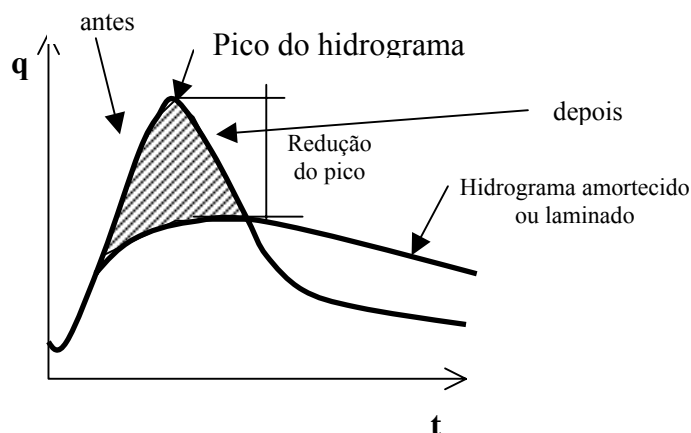
Para avaliar a ação de um reservatório, também sob o ponto de vista quantitativo, é conveniente referir-se ao diagrama unitário – um conceito para se obter a previsão de uma enchente – como é visto na FIGURA 1.7, na qual a abscissa representa o tempo  $t$ , contado a partir do início da cheia e a ordenada a vazão  $q$ , isto é, os volumes hídricos que atravessam a seção considerada do curso d’água em cada unidade de tempo (de norma, as vazões são expressas em metros cúbicos por segundo). A curva que tem este tipo de gráfico, quando aplicado a um determinado evento hidrológico, representa um evento de cheia, isto é, representa a lei de variação das vazões com o tempo no curso da cheia, e se chama “hidrograma de cheia” (TUCCI, 2001).

FIGURA 1.7 – HIDROGRAMA UNITÁRIO DE UMA ONDA DE CHEIA



Supondo-se a construção de um reservatório contenção de cheia, numa seção de um curso d’água, com uma barragem munida de orifício de fundo (um ou mais) e manter as comportas do orifício totalmente abertas, até que a vazão do rio não supere um certo limite, essa vazão pode passar livremente através do orifício de fundo, e não há praticamente nenhuma alteração do regime natural: é a situação de escoamento que está representada esquematicamente na FIGURA 1.7 (a). Nesta situação, o reservatório permanece inoperante. Mas as coisas mudam quando chega uma onda de cheia, que sem o reservatório daria logo um determinado hidrograma, por exemplo, o da FIGURA 1.7 (b), com vazões superiores a um certo limite que poderia alagar uma certa área a jusante. Caso o orifício não consiga dar vazão a toda água que chega, um certo volume começa a ser armazenado no reservatório, elevando o espelho d’água (CORDERO *et al.*, 2000).

FIGURA 1.8 – ESQUEMA DA EVOLUÇÃO TEMPORAL DA LAMINAÇÃO DA ONDA DE CHEIA POR UMA BARRAGEM, ANTES E DEPOIS DA SUA PASSAGEM NUMA DETERMINADA SECÇÃO DO RIO.



FONTE: TUCCI, 2001

Um reservatório pode funcionar com ou sem controle de operação. Um reservatório sem controle de operação é aquele que não dispõe de comportas nos descarregadores de fundo e nem no vertedor. Neste caso, a cheia é regulada pelas condições dos orifícios de fundo e pelo vertedor livre (ver FIGURAS 1.7 e 1.8). Quando existem comportas nos descarregadores de fundo com dispositivos mecânicos capazes de abrir e fechar as comportas do reservatório é possível utilizar com maior eficiência o volume disponível para o controle de enchentes. Para que isto ocorra, é importante que seja definida uma regra básica para a operação das comportas (CORDERO et al., 2000).

A regra operacional pode ser a seguinte: a) o operador do reservatório deve procurar operá-lo de forma a escoar a vazão natural até que sejam atingidas as cotas-limites a jusante; b) a partir deste momento, ele deve utilizar o volume do reservatório para manter ou reduzir a vazão. Estas condições operacionais dependem das características hidráulicas do reservatório, isto é, dos orifícios de fundo e do vertedor (DEOH-Reg, 1998).

Um estudo da capacidade de armazenamento das ondas de cheia pela Barragem Norte, localizada no Alto Vale do Itajaí, foi realizado para quatro eventos históricos de cheias ocorridos na região: o primeiro ocorrido em julho de 1983, o segundo em agosto de 1984, o terceiro em maio de 1992 e o quarto em julho de 1992.

Inicialmente, para cada evento, foi realizada a transformação dos níveis do rio em vazão, no posto fluviométrico de Ibirama. Em seguida, as vazões calculadas foram “transportadas” de Ibirama para a seção do rio onde foi construída a Barragem Norte,

através da relação de áreas, já que não havia estação fluviométrica naquele local. Após isso, os volumes d'água de cada evento de cheia estudado foram calculados e, finalmente, estes volumes foram comparados com a capacidade de armazenamento da barragem. Como este tipo de informação técnica é importante para o domínio completo do conhecimento de um evento de cheia em si, a relevância de um estudo como este está na possibilidade de incorporação deste conhecimento como fator de análise e comparação no monitoramento das cheias na região (CORDERO *et al.*, 2000).

Na determinação dos volumes, – ver TABELA 1.1 – os eventos de cheia foram discretizados em intervalos de 2 horas. Também foi considerada uma vazão constante efluente da barragem de 150 m<sup>3</sup>/s, pelo fato de existirem na barragem três descarregadores de fundo sem controle (células) (CORDERO *et al.*, 2000).

TABELA 1.1 – VOLUMES OBTIDOS NOS EVENTOS ESTUDADOS E CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO

Evento	Volume do Evento (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Capacidade da barragem em armazenar (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
Julho/83	618	357
Agosto/84	232	232
Mai/92	316	316
Julho/92	128	128

FONTE: CORDERO *et al.* (2000)

Pôde-se observar, através dos eventos estudados e apresentados em CORDERO *et al.* (2000), que somente no evento de julho/83 a Barragem Norte não teria capacidade de reter toda a água que passou pela seção do rio onde foi construído o reservatório. Nos demais eventos estudados, ao contrário, toda a água que passou pela referida seção poderia ser retida.

Com base nestes eventos, pode-se dizer que no primeiro caso, o evento de julho/83, a laminação da onda de cheia seria restrita a uma parte do evento, pelo fato de o volume da onda de cheia ter sido maior do que a capacidade de armazenamento da barragem. Nos demais casos, o reservatório teria grande capacidade de reduzir as ondas de cheia, já que os volumes delas foram menores que a capacidade de armazenamento do reservatório.

Portanto, um reservatório que é construído especificamente para laminar cheias, como o próprio nome diz, lamina a onda de cheia, isto é, retém parte do volume hídrico durante a fase de crescimento da onda, e restitui tal volume ao rio durante a fase

de recessão da cheia, ou seja, logo após a onda de cheia ter passado. Este tipo de reservatório deve permanecer sempre vazio, esperando a chegada da próxima onda de cheia. Este é o caso das barragens de contenção existentes no Alto Vale do Itajaí. (DEOH, 1997).

Este tipo de obra mostra, em geral, boa laminação nas pequenas e médias cheias, mas nem sempre nas grandes cheias, principalmente naquelas caracterizadas por vários picos. A capacidade de laminação da onda de cheia depende do volume da respectiva cheia, da capacidade de armazenamento do reservatório e da operação das comportas no momento da ocorrência do evento (CORDERO *et al.*, 2000).

O conhecimento dos volumes que poderiam ser retidos na Barragem Norte nos eventos estudados, os quais foram registrados antes da construção da mesma, serviu para um melhor entendimento da potencialidade que o reservatório tem, de controlar as ondas de cheia e assim poder contribuir para as tomadas de decisões nas operações futuras da referida barragem. Os resultados numéricos encontrados levam a concluir que a Barragem Norte terá grande influência sobre os níveis do rio Itajaí do Norte e razoável no trecho do rio Itajaí-Acú, que fica localizado a jusante dela. Isto para a grande maioria dos eventos de cheia que ocorrerão no futuro, sendo que nos pontos mais próximos da barragem, o efeito de atenuação da onda de cheia deverá ser maior. Limitações devem ser observadas para os eventos de cheias de grandes volumes d'água (CORDERO *et al.*, 2000).

O estudo aqui apresentado não teve como objetivo definir regras de operação para o reservatório, pois tais regras são extremamente complexas e não podem ser definidas com segurança, a não ser por meio de um modelo matemático complexo aplicado à bacia inteira (DEOH-Reg, 1998).

Na operação de tal modelo, no decorrer da evolução de uma cheia, deve-se fazer chegar automaticamente à central de tomada de decisões, os dados pluviométricos e hidrométricos das estações localizadas na bacia, além dos dados da situação de cada reservatório. Com o modelo, é então possível examinar as conseqüências de vários conjuntos de manobras das comportas e, conseqüentemente, decidir qual deles efetuar. Mas para que as decisões sejam rápidas, as várias tentativas computadas no modelo devem ser realizadas com extrema rapidez, em tempo real, o que é possível. Para que isto ocorra é preciso que todas as informações necessárias para rodar o modelo cheguem também em tempo real (TUCCI, 1998 e 2001).

Neste sentido, a instalação de postos de coleta de dados automáticos a montante de cada barragem permite a aplicação de um modelo numérico de aplicação hidrológica, por mais complexo que seja, envolvendo toda a bacia e obter os dados e instrumentos necessários para as tomadas de decisões no que diz respeito à operação das barragens.

Os elementos hidráulicos existentes no Vale exercem sobre as comunidades, potencialmente atingidas ou não, um falso papel de solução total do problema, sendo importante, pois, certificar-se tecnicamente das limitações destes elementos para que, em seguida, haja mais esclarecimentos dessas limitações às comunidades da região.

## **1.5 OUTRAS MEDIDAS ESTRUTURAIS E MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS**

### ***1.5.1 Outras medidas estruturais: ainda as barragens***

As medidas estruturais desenvolvidas pelo DNOS foram realizadas de forma lenta, conforme aquele órgão conseguia dotações orçamentárias e verbas suplementares para serem injetadas nas ações propostas. Sendo o País de grande extensão territorial, há que se entender que as solicitações que apresentassem aspectos sociais relevantes fossem prioritárias, e as associadas às enchentes – catástrofes sociais de cunho hidrológico – estavam dentro desses requisitos. Mas, precisava haver algo acima da normalidade para sensibilizar os governantes <sup>21</sup>.

Assim, após o evento de 1984 foi retomada a construção da Barragem Norte, como o recurso estrutural mais importante a ser completado na região. Sua implantação tornou-se a maior preocupação dos técnicos, governantes e também da população do Vale.

Uma nova forma de operar racionalmente os reservatórios simultaneamente das três barragens de contenção – Sul, Oeste e Norte – tem sido feita desde a inauguração desta última, com a viva convicção de que ela trará a segurança do Vale. Isto é, a segurança da eliminação da surpresa da enchente para os municípios do Médio e Baixo Vale, porque as comunidades do Alto Vale ainda estão à mercê da operação das

---

<sup>21</sup> Como já ocorrera no sul do Estado, como informa LAGO (1988, p. 327): “*Em 1974, a grande enchente do rio Tubarão, ilhando inteiramente a cidade do mesmo nome, e que quase provocou o colapso das unidades termelétricas do baixo Capivari, desviou a agulha da bússola do [então] DNOS, apontando a necessidade de prioritários projetos de contenção na bacia*”.

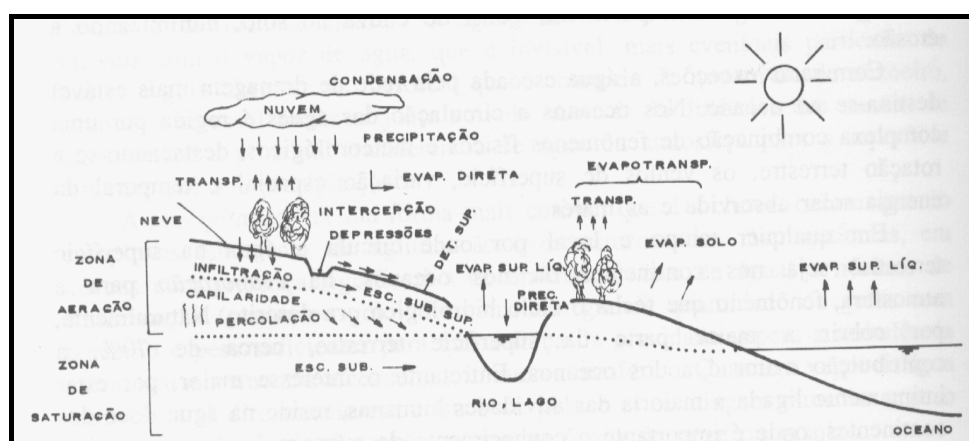


barragens menores e vulneráveis aos eventos maiores que ocorrerem nas cabeceiras dos rios.

O tratamento técnico-científico das cheias dos rios e seus afluentes tem sido alvo de estudo sobretudo da hidrologia e da engenharia hidráulica, como ilustram TUCCI (1998 e 2001). Com isso, engenheiros civis estão cada vez mais envolvidos no tratamento desta questão. Todavia, como a enchente em si é um problema complexo, decorrente do ciclo hidrológico – ilustrado na FIGURA 1.10 – o seu enfrentamento exige um tratamento interdisciplinar. Encontrar soluções envolve ações de Estado, questões econômicas, prejuízos pessoais, etc., requerendo-se, portanto, uma visão mais ampla, tanto no que diz respeito aos conceitos técnicos, como aos sociais. Assim, a integração analítica dos fatores naturais com os sociais parece ser um bom caminho a se seguir em busca de uma melhor convivência com estas situações problemáticas.

Considerando tecnicamente as soluções hidrológicas para o Vale, CORDERO (1992, p. 33) lembra que “soluções estruturais e não-estruturais precisam ser implementadas de forma conjunta, para que possam surtir efeito”. Isto significa que a preocupação não poderia se limitar à aquisição de tecnologia de última geração, mas que seria preciso adotar várias medidas de controle, educação ambiental e preservação dos leitos secundários dos rios, para se garantir uma maior confiabilidade ao sistema (pessoas informadas e conscientes dos riscos ambientais) e angariar confiança das comunidades, para as ações propostas e implementadas.

FIGURA 1.10 – COMPONENTES DO CICLO HIDROLÓGICO.



FONTE: SILVEIRA, 2001.

Também no final do ano da grande enchente de 1983, os dois maiores órgãos nacionais envolvidos com recursos hídricos no território brasileiro – DNAEE e DNOS –

empenharam-se e comprometeram-se, perante o Congresso da Associação Brasileira de Recursos Hídricos, realizado em outubro, na cidade de Blumenau, ainda em pleno caos, a instalar mecanismos de alerta e supressão da surpresa de enchentes – medidas não-estruturais – e serviços de dragagem e de melhoramento fluviais, bem como o término da Barragem Norte – cujas obras estavam paralisadas por 20 anos – medidas estruturais. Como ambos não podiam arcar com as duas propostas, cada um se incumbiu de uma delas. Ao DNAEE coube a instalação de um Sistema de Alerta de Cheias, e ao DNOS, as obras de contenção e melhoramento fluvial.

Do ponto de vista técnico, da gestão dos recursos hídricos e da previsão dos fenômenos naturais, a necessidade de obtenção dos totais de chuva nos períodos antecedentes a uma possível elevação dos níveis dos rios, e a medição das taxas de elevação destes níveis, tornou a tarefa possível de ser organizada em três etapas distintas: estudo do clima local – ambientação – e o desenvolvimento das tarefas inerentes à confecção ou obtenção da previsão do tempo regionalizada; estudo da propagação das ondas de cheia ao longo da bacia hidrográfica – modelagem empírica anterior – para subsidiar a implantação de modelos matemáticos pluvio-hidrométricos e de propagação da água, para previsão dos níveis em diversos pontos fins da região; e o estudo das possibilidades de realização de obras hidráulicas na região – efeitos das medidas estruturais –, de modo a amenizar os efeitos da cheia nos municípios mais a jusante da bacia (LANNA, 2001).

### **1.5.2 Medidas não estruturais**

Como medidas não-estruturais então sugeridas destacam-se o mapeamento das áreas inundáveis, as análises hidrometeorológicas em eventos e a implantação de um sistema de previsão do tempo para fins hidrológicos, no caso, componente do SAChe.

Trata-se, o primeiro, de um zoneamento urbano e rural para ordenar o espaço no tocante à sua ocupação para fins residenciais, industriais e comerciais. As chamadas “cotas-enchente” são importantes nas locações de imóveis e nas obras governamentais, como pavimentação de ruas e implantação de órgãos públicos e privados (CORDERO e BUTZKE, 1995).

As análises hidrometeorológicas atuais, por sua vez, têm contribuído com uma visão de interface para a solução de problemas hidrológicos, no que tange à análise espacial e temporal da chuva, e na sua previsão quantitativa em nível regional. Todavia, enquanto a primeira tarefa tem sido feita de uma forma multivariada, a segunda ainda

tem sido alvo de muito esforço, resultados aproximados e várias incertezas. A interdisciplinaridade, vista aqui como processo, parece ser uma boa forma de trabalhar esta questão, pois envolve atores de diversas formações, como biólogos, geólogos, meteorologistas, hidrólogos, entre outros, com o intuito principal de conhecer cada vez mais os fatores envolvidos.

Com respeito ao SAChe, o objetivo é a a criação de condições de geração e disseminação da informação meteorológica capaz de inspirar *confiabilidade*, em especial em ocasiões associadas à ocorrência de chuvas intensas e duradouras. Essa informação seria utilizada na previsão dos níveis, pelos órgãos de Defesa Civil e pela população, no intuito de evitar a surpresa da enchente.

Já implantado, o SAChe é composto por 12 estações telemétricas: Barragem Oeste, Taió, Ituporanga, Rio do Sul, Ibirama, Apiúna, Rio dos Cedros, Timbó, Indaial, Blumenau, Vidal Ramos e Brusque. As diretrizes do centro de operações do SAChe se encontram definidas em regimento interno. Em suma, elas determinam medições da chuva e dos níveis de rios, a partir das estações telemétricas, de modo a gerar previsões de cheias em tempo atual, para evitar a surpresa no Médio e Baixo Vale (CEOPS, 2000).

Além das estações telemétricas, existem observadores em outros municípios: Barra do Prata, Barragem Norte, Barragem Pinhal, Barragem Rio Bonito, Barragem Sul, Benedito Novo, Botuverá, Gaspar, Ilhota e Rio dos Cedros, que também acompanham o nível do rio e geram informações dos valores precipitados nestas regiões. As medições são feitas em tempo real pelos observadores e operadores, local e de forma remota, respectivamente, e por meio de diversas informações meteorológicas disponibilizadas pelos principais institutos de previsão de tempo e clima, concatenadas e apresentadas à comunidade, como a previsão meteorológica diária.

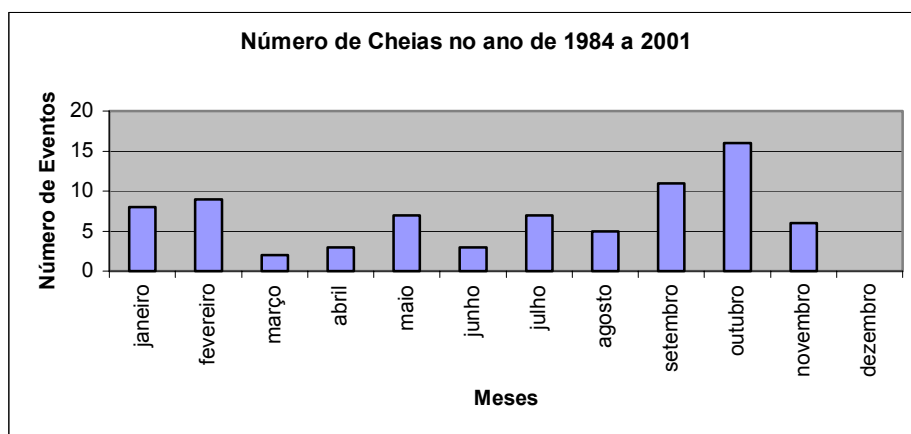
Nos períodos de ocorrência de chuvas na bacia hidrográfica, caso haja preocupação hidrológica nas cidades do Alto Vale, o centro de operações entra em situação de atenção ou alerta e efetua previsões de níveis a partir do modelo matemático operacional do tipo chuva-nível. A disseminação das previsões se dá através de rádios, televisão e jornais. Em caso de cheias, as informações são repassadas primeiramente para a defesa civil de cada município, ou seja, a de Blumenau e as demais localidades, para que estas executem o seu sistema próprio de resposta (ações de proteção de pessoas e bens imóveis), conforme preconiza o seu Plano de Enchente (COMDEC-Blu, 2000).

Os processos físicos ocorrem num meio que o homem não projetou, mas ao qual teve que se adaptar, procurando conviver com o comportamento deste ambiente. No passado, a ocupação do homem na bacia hidrográfica foi realizada com pouco planejamento, tendo como objetivos o mínimo custo e o máximo benefício de seus usuários, sem uma maior preocupação com a preservação do meio ambiente (TUCCI, 2001).

O gráfico da FIGURA 1.11 mostra o número mensal de eventos de cheia, entre 1984 e 2001, com níveis em Blumenau acima de 6,0 m, que é o nível de referência para alerta na cidade. Observa-se daí que setembro e outubro foram os meses em que mais ocorreram enchentes no Vale, no período analisado.

Do ponto de vista climatológico, estes meses correspondem à primavera, período que, para o Sul brasileiro, os mecanismos físicos da atmosfera associados com as chuvas passam da predominância da grande escala – penetração de frentes frias – para eventos de escala mais regional – eventos de chuva convectiva - à medida que se aproxima do verão (BRAGA e GHELLRE, 1999).

FIGURA 1.11 – HISTOGRAMA DO NÚMERO MENSAL DE CHEIAS EM BLUMENAU (SC), NO PERÍODO DE 1984 A 2001, PARA VALORES DE PICO ACIMA DE 4.00 m, NÍVEL DE ATENÇÃO EM BLUMENAU.



FONTE: BANCO DE DADOS DO CEOPS-IPA/FURB, 2001

O QUADRO 1.4 mostra as datas e os níveis do rio na cidade de Blumenau, nos eventos ocorridos, evidenciando as vezes em que o SAChe esteve em estado de alerta ou emergência, ou seja, os períodos em que as previsões do tempo foram preferencialmente canalizadas para a previsão hidrológica. Nota-se que não há uma periodicidade nos eventos.

QUADRO 1.4 – VALORES DOS NÍVEIS DO RIO ITAJAÍ-AÇU PARA ALERTA NA CIDADE DE BLUMENAU, NO PERÍODO DE 1984 A 2001. OS VALORES DE CHUVA REFEREM-SE AOS TOTAIS OCORRIDOS EM CADA EVENTO (\* TOTAL DE CHUVA NO EVENTO; \*\* MÉDIA DE CHUVA NA REGIÃO, NO EVENTO).

Evento	DATA	Horário	Chuva* (mm)	Nível (m)	Evento	Data	Horário	Chuva* (mm)	Nível (m)
1	09/10/84	19:00	33,6	6,27	17	07/07/92	07:00	47,2	6,42
2	06/11/86	16:00	38,4	6,37	18	24/09/93	07:00	158,2	7,71
3	15/11/87	07:00	58,3	6,50	19	05/10/93	15:00	42,4	6,27
4	15/02/87	07:00	124,6	6,60	20	12/05/94	15:00	113,1	7,01
5	21/05/87	16:00	53,3	7,09	21	10/01/95	10:00	87,9	8,11
6	19/10/87	10:00	52,0	6,12	22	14/01/95	07:00	17,0	6,20
7	24/05/88	10:00	73,9	7,07	23	01/02/97	15:00	132,7	9,24
8	05/01/89	19:00	202,7	7,05	24	07/10/97	07:00	92,1	6,04
9	28/01/89	17:00	58,6	6,42	25	12/10/97	07:00	72,5	6,78
10	06/05/89	07:00	80,8	7,48	26	27/11/97	15:00	79,2	7,32
11	13/09/89	15:00	68,9	7,25	27	28/04/98	17:00	71,0	8,04
12	19/01/90	15:00	39,6	7,13	28	14/08/98	17:00	54,4	7,00
13	23/01/90	10:00	33,1	6,63	29	22/08/98	17:00	53,8	6,16
14	15/10/90	17:00	108,2**	8,40	30	20/09/98	17:00	65,3	6,62
15	30/05/92	07:00	185,8	<b>12,50</b>	31	04/07/99	07:00	121,5	7,88
16	01/07/92	15:00	148,7	10,42	32	01/10/01	20:00	117,8	11,02

FONTE: BANCO DE DADOS DO CEOPS-IPA/FURB, 2001

O QUADRO 1.5 mostra as taxas de precipitações de chuva que ocorrem no centro do Vale, na cidade de Blumenau, com os seus respectivos períodos de retorno. Esta informação é importante para o dimensionamento de obras civis de contenção, bem como para a estimativa da chuva nos possíveis eventos mais catastróficos na região (NERILO *et al.*, 2002).

QUADRO 1.5 – VALORES DAS INTENSIDADES DE CHUVA EM mm/h, PARA VÁRIOS PERÍODOS DE RETORNO, PARA A CIDADE DE BLUMENAU (SC).

Blumenau					
Intensidade de chuva (mm/h)					
Duração	5 anos	10 anos	20 anos	50 anos	100 anos
5 min	176,8	192,9	204,5	239,7	254,3
10 min	144,7	164,9	179,8	206,6	222,5
15 min	125,0	145,2	164,5	192,9	208,9
20 min	108,5	126,0	142,8	167,4	183,9
25 min	97,5	113,2	128,3	150,4	165,3
30 min	89,3	103,7	117,5	137,8	151,4
1 h	60,3	70,1	79,4	93,1	102,3
6 h	17,2	20,0	22,7	26,6	29,2
8 h	14,0	16,3	18,4	21,6	23,7
10 h	11,8	13,7	15,5	18,2	20,0
12 h	10,2	11,8	13,4	15,7	17,3
24 h	6,0	7,0	7,9	9,2	10,1

FONTE: NERILO *et al.*, 2002

Uma forma de visualizar a performance do SAChe está descrita no QUADRO 1.6, que mostra um exemplo de evolução dos níveis e os estados de operação a cada medição feita do rio Itajaí-Açu, no centro da cidade de Blumenau, para o evento de 01/10/2001.

QUADRO 1.6 – EVOLUÇÃO DO NÍVEL DO RIO ITAJAÍ AÇÚ, NO CENTRO DA CIDADE DE BLUMENAU, NO EVENTO DE 01/10/2001.

DATA	HORÁRIO	NÍVEL (m)	DATA	HORÁRIO	NÍVEL (m)	DATA	HORÁRIO	NÍVEL (m)
30/09/2001	15:00	3,10 (normal)		08:00	9,92 (emerg.)	05/10/01	07:00	4,61 (atenção)
	16:00	3,48 (normal)		09:00	9,75 (emerg.)		10:00	4,52 (atenção)
	17:00	3,79 (normal)		10:00	9,62 (emerg.)		17:00	4,55 (atenção)
	18:00	4,04 (atenção)		11:00	9,47 (emerg.)		07:00	4,32 (atenção)
	19:00	4,28 (atenção)		12:00	9,30 (emerg.)		17:00	4,09 (atenção)
	20:00	4,47 (atenção)		13:00	9,11 (emerg.)		07:00	4,02 (atenção)
	21:00	4,66 (atenção)		14:00	8,97 (emerg.)		17:00	3,88 (normal)
	22:00	4,95 (atenção)		15:00	8,83 (emerg.)		20:00	3,84 (normal)
	23:00	5,17 (atenção)		16:00	8,69 (emerg.)		21:00	3,84 (normal)
	01:00	5,62 (atenção)		17:00	8,55 (emerg.)		22:00	3,84 (normal)
01/10/2001	02:00	5,86 (atenção)	03/10/2001	18:00	8,40 (alerta)	08/10/01	23:00	3,84 (normal)
	02:45	6,17 (alerta)		19:00	8,22 (alerta)		00:00	3,84 (normal)
	04:00	6,74 (alerta)		20:00	8,14 (alerta)		05:00	3,83 (normal)
	05:00	7,15 (alerta)		21:00	8,03 (alerta)		06:00	3,81 (normal)
	06:00	7,55 (alerta)		22:00	7,87 (alerta)		07:00	3,78 (normal)
	07:00	8,02 (alerta)		23:00	7,75 (alerta)		10:00	3,72 (normal)
	08:00	8,48 (emergência)		00:00	7,64 (alerta)		12:00	3,71 (normal)
	09:00	8,84 (emergência)		06:00	6,95 (alerta)		15:00	3,72 (normal)
	10:00	9,35 (emergência)		07:00	6,85 (alerta)		17:00	3,73 (normal)
	11:00	9,67 (emergência)		08:00	6,76 (alerta)		19:00	3,73 (normal)
	12:00	9,97 (emergência)		09:00	6,67 (alerta)		21:00	3,74 (normal)
	13:00	10,27 (emergência)		10:00	6,59 (alerta)		00:00	3,83 (normal)
	14:00	10,47 (emergência)		11:00	6,49 (alerta)		06:00	4,08 (atenção)
	15:00	10,66 (emergência)		12:00	6,41 (alerta)		07:00	4,11 (atenção)

continua ...

QUADRO 1.6 – Continuação.

DATA	HORÁRIO	NÍVEL (m)	DATA	HORÁRIO	NÍVEL (m)	DATA	HORÁRIO	NÍVEL (m)	
	16:00	10,79 (emergência)		13:00	6,32 (alerta)		08:00	4,13 (atenção)	
	17:00	10,87 (emergência)		14:00	6,27 (alerta)		09:00	4,14 (atenção)	
	18:00	10,93 (emergência)		15:00	6,17 (alerta)		10:00	4,17 (atenção)	
	19:00	11,00 (emergência)		16:00	6,14 (alerta)		11:00	4,17 (atenção)	
	20:00	11,02 (pico da enchente)		17:00	6,08 (alerta)		12:00	4,17 (atenção)	
	21:00	11,02 (pico da enchente)		18:00	6,02 (alerta)		13:00	4,17 (atenção)	
	22:00	10,99 (emergência)		19:00	5,99 (atenção)		14:00	4,15 (atenção)	
	23:00	10,93 (emergência)		20:30	5,90 (atenção)		15:00	4,15 (atenção)	
	00:00	10,87 (emergência)		22:30	5,77 (atenção)		16:00	4,14 (atenção)	
	01:00	10,81 (emergência)		04/10/2001	06:00		5,38 (atenção)	17:00	4,11 (atenção)
	02:00	10,71 (emergência)			07:00		5,36 (atenção)	18:00	4,09 (atenção)
	03:00	10,59 (emergência)			08:00		5,31 (atenção)	20:00	4,09 (atenção)
	04:00	10,47 (emergência)			12:00		5,13 (atenção)	10/10/01	06:00
05:00	10,29 (emergência)	14:00	5,06 (atenção)		07:00	3,63 (normal)			
06:00	10,08 (emergência)	16:00	5,00 (atenção)	09:00	3,57 (normal)				
07:00	10,06 (emergência)	18:00	4,97 (atenção)						

FONTE: BANCO DE DADOS DO CEOPS-IPA/FURB, 2001



## 1.6 DIFICULDADES PARA O MONITORAMENTO METEOROLÓGICO REGIONAL

O monitoramento meteorológico regional sempre foi difícil de ser realizado, isso por dois aspectos principais: a pequena quantidade de estações de medições de variáveis meteorológicas para uma área relativamente muito grande e a dificuldade de transmissão dos dados em tempo real. Ou seja, a falta de uma densa rede de estações meteorológicas, juntamente com as dificuldades de telecomunicações foram preponderantes para que um sistema eficiente de vigilância meteorológica não pudesse existir na região. Os dados históricos obtidos das estações meteorológicas são importantes para o desenvolvimento de estudos climatológicos – SEREBRENICK (1958), SILVA *et al.* (1990), dentre outros – bem como para o balizamento das atividades de previsão em tempo real, para fins hidrometeorológicos, na região do Vale.

O conhecimento dos aspectos físicos e geográficos contribui sobremaneira para a compreensão dos eventos de chuva que ocorrem no Vale, de modo a que se possa buscar explicação de enchentes de curta e longa duração em eventos que ocorrem em suas áreas remotas. Fenômenos climáticos como o El Niño vão ocupando o rol de explicações, como defende MOURA (1986), de modo que aspectos de teleconexões entre o Vale e outras regiões remotas, associados com as melhores condições de telecomunicações, evidenciam um mundo mais inteiro e síncrono.

Do ponto de vista operacional, as condições mínimas locais para a previsão de enchentes no Vale dizem respeito, inicialmente, ao sistema que envolve as informações meteorológicas associadas a uma enchente: os instrumentos e os boletins meteorológicos, as informações diretas “pessoa-a-pessoa”, via telefone, fax ou internet, enfim, todo o aparato, mais ou menos estruturado, para se obter o mais atualizado conjunto de informações capazes de subsidiar as tomadas de decisão.

Lembre-se que a realização do prognóstico de chuvas intensas e prolongadas no Vale do Itajaí, caracterizadas como potenciais geradores de cheias na região, nunca foi possível antes da década de 80, devido às limitações Meteorologia brasileira. Antes de 1984, as únicas informações possíveis de se obter eram de grande escala e de imprecisa, sem o devido refinamento para a escala regional. As informações vinham – por sistemas de comunicação funcionando de modo precário como TELEX, telefone – dos centros previsores incipientemente constituídos em Porto Alegre, São Paulo e Brasília.

Na atualidade, tanto o CPTEC-INPE como o INMET disponibilizam suas informações e dados na WEB, o que se torna acessível em qualquer local onde se tem acesso à rede de computadores internet.

A participação de fenômenos atmosféricos de grande escala em eventos extremos regionais pode ser vista como uma possibilidade de organização de uma estrutura macro na dinâmica do escoamento atmosférico, que propicie a interação com os parâmetros de controle regional.

Por parâmetros de controle regional entendem-se todos aqueles parâmetros físicos associados à região, tais como: topografia, proximidade com o mar, temperatura da superfície do mar próximo, características dos corpos de água, topografia, grau de industrialização urbana, vegetação, características do uso do solo, entre outros. A região escolhida encontra-se inserida no estado de Santa Catarina, na Região Sul do Brasil.

O interesse em conhecer o papel dos parâmetros de controle regional do Vale do Itajaí e Litoral de Santa Catarina (região de estudo), associados à sua interação com a dinâmica de grande escala, no desenvolvimento do tempo na região, surge por causa das suas influências nos eventos extremos de chuva, principalmente naqueles que causam enchentes. Esta interação é capaz de intensificar os mecanismos físicos advectados pelo vento, na passagem de sistemas frontais que proporcionam eventos de precipitação excessiva, ou seja, acima de 100 mm em 48 a 72 horas na região de estudo.

A compreensão dos principais mecanismos envolvidos no desenvolvimento do tempo daquela região, onde a ênfase reside no campo de precipitação, possibilita um conhecimento das interações locais para quem está na região, que não é possível ser adquirido plenamente estando-se fora dela, nos outros centros de previsão de tempo. Para o caso dos eventos que assolam o Vale do Itajaí, nem o CPTEC-INPE, nem o INMET têm se mostrado suficientemente capaz de inferir sobre o tempo na região, visto estarem as suas sedes, localizadas longe da região de interesse, ou seja, em Cachoeira Paulista (SP) e Porto Alegre (8°. DISME) e em Brasília (sede do INMET), respectivamente.

O regime de chuvas na região tem, além da participação dos controles locais, possibilidade de uma influência remota. Esta hipótese surge do fato de, historicamente, 40.3% dos eventos de cheia na bacia do Rio Itajaí-Açu terem acontecido em anos de ocorrência do fenômeno climático ENOS (El Niño-Oscilação Sul). Isto indica que tanto mecanismos de escala regional, como aqueles associados com a grande escala podem estar presentes no regime de chuva no Vale, juntos ou separadamente. Pode ser que os

59.7% restantes contenham ainda algum tipo de controle do oceano Pacífico ou do oceano Atlântico. Alguns estudos apontam para a existência de uma possível correlação entre a precipitação no Sul do Brasil e parâmetros associados com o fenômeno ENOS, como CASARIN e KOUSKY (1986); RAO e HADA, (1990); GRIMM (1992), dentre outros. Todavia, esta teleconexão ainda não está muito compreendida com relação à variabilidade espacial do fenômeno em escala regional e requer mais estudos específicos (SILVA e SILVA DIAS, 1996).

Para uma operação eficiente do sistema de contenção acoplado com o SAChe, não basta verificar apenas o estado das barragens e se o seu volume de espera se encontra desobstruído. Após um evento de chuva de moderada a forte intensidade, os rios trazem diversos entulhos desde as cabeceiras até as barragens de contenção, e mesmo que a cheia não seja desastrosa, após o escoamento das águas pelos seus descarregadores de fundo, os entulhos ficam empilhados nas barragens, prejudicando uma nova operação. A FIGURA 1.12 ilustra este tipo de ocorrência, necessitando de limpeza assim que for possível.

FIGURA 1.12 – EXEMPLO DE OBSTRUÇÃO DOS DESCARREGADORES DE FUNDO DA BARRAGEM SUL, EM ITUPORANGA, COM ENTULHO PROVENIENTE DO ESCOAMENTO DO RIO ITAJAÍ DO SUL



FONTE: JULIO CÉSAR POLLHEIM (27.09.2001)

O conhecimento atualizado do estado da atmosfera é imprescindível, pois permite ao sistema acoplado, realizar tomada de decisão antecipada à ocorrência das

chuvas. Esta informação é um dado de entrada para modelos hidrológicos do tipo empírico de chuva-vazão.

*“Os modelos matemáticos de previsão de vazão utilizados na hidrologia, segundo podem ser classificados como empíricos, conceituais e físico-distribuídos. Os empíricos utilizam equações sem relação com os processos físicos que ocorrem na bacia. Utilizam regressões lineares, não-lineares e séries de Fourier. São utilizados para relacionar a precipitação com a vazão. Já os modelos conceituais, utilizam a equação da continuidade, que expressa a conservação de massa, associada a uma ou mais equações empíricas que relacionam variáveis e parâmetros dos processos. Estes modelos geralmente representam os efeitos de armazenamento e introduzem equações empíricas para representar os processos dinâmicos. Os modelos físicos-distribuídos são os modelos que utilizam as equações da continuidade e da dinâmica dos processos envolvidos, buscando integrar a descrição de todos os processos físicos que ocorrem na bacia. Este tipo de modelo ainda apresenta maiores dificuldades, devido à grande variabilidade das características físicas e dos processos”.* (TUCCI, 1998, p. 237)

O modelo atualmente adotado e operacionalizado no Vale do Itajaí é do tipo empírico estocástico ARMAX (2,0,2), desenvolvido por Ademar Cordero e Andréa Nardini no Instituto Politécnico de Milão – Itália, em 1991. Este modelo faz as previsões de níveis para a cidade de Blumenau, para os alcances de 6, 8 e 10 horas de antecedência. Mesmo sendo um modelo de propagação da onda de cheia do tipo nível-nível, a estimativa antecipada da quantidade de chuva pode ser utilizada empiricamente por comparação com eventos anteriores já analisados e utilizados para a calibração do próprio modelo de previsão. Isso indica que, no Vale do Itajaí, a informação antecipada da quantidade de chuva, fornecida por modelos numéricos de previsão de tempo, ainda não segue um caminho direto ao modelo de previsão de cheias (CORDERO, 1992).

Nele, a estimativa da quantidade de chuva é um dado de entrada, possibilitando a estimativa da vazão antes mesmo da chuva caída. Dentre os instrumentos existentes para a estimativa da quantidade de chuva, a Meteorologia utiliza com mais frequência os radares e os modelos matemáticos de previsão quantitativa de precipitação. Assim, é possível aumentar consideravelmente o tempo de antecedência de uma cheia, uma vez que a simulação numérica do evento pode ser efetuada antes mesmo da ocorrência da chuva na bacia hidrográfica (CORDERO, 1996).

A previsão de vazão em tempo atual visa, além do controle de cheias, a operação de obras hidráulicas e a navegação, que são atividades dependentes do conhecimento antecipado da ocorrência da vazão.

*“Este tipo de estimativa da vazão pode ser obtida com base na precipitação conhecida, na vazão de um posto de montante ou na combinação dos mesmos. As características da simulação para este objetivo são diferentes das demais, no entanto*

*modelos semelhantes podem ser utilizados, mas com estruturas computacionais diferentes. O modelo de previsão em tempo atual deve buscar utilizar ao máximo as informações disponíveis no momento da previsão, atualizando parâmetros e/ou variáveis”.*(TUCCI, 1998, p 236)

Para uma previsão numérica de níveis de enchente ser exitosa é importante que o modelo numérico utilizado permita a introdução dos valores de chuva, à medida que o evento vai evoluindo, de modo que as previsões parciais dos níveis convirjam para uma curva de deflúvio bem delineada. Isso significa dizer que os valores parciais da chuva, bem como os valores previstos da chuva, obtida por algum método direto ou indireto, passam a ser determinante para a antecipação da informação ao modelo e o seu acerto.

Por sua vez, a previsão quantitativa de precipitação, caso possa ser realizada com boa margem de acerto, leva a previsão numérica dos níveis ser cada vez mais precisa. Porém, HAAS (2002a) mostra a dificuldade e as perspectivas da previsão quantitativa de precipitação.

Portanto, a previsão do tempo compõe os dados de entrada dos modelos de previsão de níveis; à medida que esses modelos vão sendo operados, durante um evento de enchente, a previsão do tempo precisa se manter igualmente importante, não só na estimativa da chuva, pois, até as condições de chuva cessem, o modelo hidrológico poderá estimar o final do evento. Caso ocorram intervalos entre chuvas de valores altos, torna-se complicado o acompanhamento e as novas previsões numéricas de níveis. Isso demonstra a importância da previsão do tempo antes, durante e depois de uma enchente.

Pode-se notar que, do ponto de vista espacial, existe uma relação de dependência dos eventos extremos na região com fatores na escala regional – 10 a 100 km – que nem sempre é contabilizada corretamente nas suas análises diagnósticas e prognósticas. Porém, estes controles regionais não são os únicos fatores que podem tornar uma previsão do tempo para fins hidrológicos confiável, mesmo porque a própria previsão do tempo em si, seja qual for a escala, tem atributos que precisam ser verificados e ajustados para que ela possa ser dita confiável.

É importante mencionar ainda que os atores humanos e não-humanos do SACHE do Vale – observadores, previsores e estações telemétricas – têm presenciado dificuldades socioeconômicas de manutenção da rede telemétrica desde a sua implantação em 1984, havendo, freqüentemente, dificuldades de reparos técnicos periódicos e para acrescentar avanços tecnológicos ao sistema.

Para entender a forte correlação entre aquelas duas previsões – a do tempo e a dos níveis do rio – é importante perceber que a problemática aqui está centrada na precariedade de simulação antecipada da subida do rio Itajaí-Açu, ou seja, nas dificuldades de se prever níveis do rio com um tempo razoável de antecipação – cerca de 10 horas para a cidade de Blumenau. Isto exige do setor de Meteorologia previsões quantitativas de chuva, algo ainda muito difícil de se realizar com boa margem de acerto.

Portanto, as previsões do tempo subsidiam os cálculos das previsões dos níveis em situações de crise, cuja incumbência de disseminar alerta à Defesa Civil e comunidade de uma forma geral torna-se altamente dependente da confiabilidade das informações meteorológicas.

Nesse sentido, uma previsão do tempo confiável, além de ser regulada pelas características da sua aplicação, depende dos seus atributos de consistência, qualidade e valor. Estes atributos são analisados no próximo capítulo.

## CAPÍTULO 2

### A FABRICAÇÃO DE UMA PREVISÃO DO TEMPO

Prever o tempo significa prever o estado futuro da atmosfera. É fazer uma “conjectura” dos valores futuros das diversas variáveis meteorológicas a partir das informações do presente e do passado, e com isso, montar um quadro da atmosfera para um dado tempo à frente. Mas prever o tempo não é só isso. Prever o tempo é, antes de tudo, organizar os dados meteorológicos e, utilizando as equações governantes da atmosfera, obter resultados do seu estado futuro, levando sempre em conta as incertezas incorporadas ao longo de todo o processo, desde as imprecisões dos instrumentos na coleta dos dados até as aproximações matemáticas e empíricas colocadas nas equações.

A credibilidade da informação meteorológica, em especial das previsões de tempo, apresenta as suas limitações não só nas teorias de explicação dos fenômenos atmosféricos ou na tecnologia utilizada, mas também, na natureza desses fenômenos, limites esses que nem sempre são refletidos na informação que chega aos usuários e também na limitação observacional que se reflete na incapacidade de definir com precisão o estado da atmosfera num tempo qualquer. Um outro aspecto é o fato do erro de previsão estar ligado à Meteorologia de uma forma muito ampla, quando na verdade, a responsabilidade legal da previsão produzida e disseminada é de um ator, meteorologista previsor, e não de todos ou, de uma forma geral, da ciência meteorológica. Isso contribui em parte para juntar os profissionais mais competentes com os menos competentes (ou eficientes) num mesmo patamar que, por se basear apenas nas situações onde ocorreram erros de previsão, é sempre baixo. Isto desacredita toda a Meteorologia, uma área das ciências atmosféricas que certamente vem progredindo nos recentes anos, a partir do esforço de vários e dedicados atores, como ocorre em diversas outras áreas do conhecimento e atividades como a Sociologia e as engenharias, para exemplificar.

Neste segundo capítulo, que tem a sua base teórica centrada nos trabalhos de SHUKLA (1984), MURPHY e DAAN (1985), ANTHES (1986), DOSWELL III (1986), MURPHY e WINKLER (1987), MURPHY (1993), BROOKS e DOSWELL III

(1996), DOSWELL III e BROOKS (1998), SMITH *et al.* (2001) e COLMAN (2003), discute-se a relação da Meteorologia com alguns aspectos inerentes aos limites de previsibilidade da atmosfera, ou seja, o quanto a atmosfera é capaz de se deixar prever, bem como os atributos de uma boa previsão do tempo. Este capítulo, que é apresentado em cinco itens, visa analisar os limites da previsibilidade atmosférica e o processo de confecção das previsões de tempo – onde estão envolvidos os critérios de consistência, qualidade e valor.

## 2.1 O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DA PREVISÃO DO TEMPO

O homem sempre teve interesse e necessidade de saber antecipadamente a evolução do comportamento da atmosfera, para a sua própria sobrevivência e o seu bem-estar. Nos tempos das cavernas, isso ocorria devido à necessidade de evitar expor-se às intempéries nas atividades de caça e coleta. Nos dias atuais, a previsão do tempo é também necessária ao planejamento do seu trabalho e da vida cotidiana.

A esse respeito, SERRES (1999) afirma que a natureza global não depende apenas de nós, mas, em compensação, dependemos dela para a nossa vida *“neste sistema atmosférico móvel, inconstante, mas muito estável, determinista e estocástico, com alguns semi-períodos, cujos ritmos e tempos de resposta variam de modo colossal”*.

Apesar da existência de um saber leigo na previsão do tempo por parte de alguns atores sociais, como pescadores e agricultores, nos tempos modernos essa atividade ganha maior confiabilidade quando feita por peritos utilizando conhecimentos científicos e tecnologia.

Justificando a complexidade da sua atividade, um dos argumentos apresentados pelos cientistas da área meteorológica consiste em que os fatos, não sendo evidentes, não se revelam instantaneamente quando se é colocado ante eles. A tarefa de medição de variáveis, controle de qualidade e armazenamento adequados podem fazer bastante diferença nas análises e conjecturas posteriores a esses mesmos fatos. Nesse sentido, o meteorologista SAMPAIO FERRAZ (1995, p. 233), conhecido como o “Pai da Meteorologia Brasileira”, afirmava o seguinte sobre a ciência meteorológica:

*“A Meteorologia é uma das mais novas ciências físicas, mas em rigor, é ao mesmo passo, das mais antigas... A observação pura e simples do meio físico, ainda que superficial e elementar, antecederia às superfetações brotadas no espírito humano*



*primário. Estas só poderiam suceder a uma iniciação empírica nas noções das coisas, nas interações mais patentes e associações mais flagrantes dos fenômenos corriqueiros do habitat. Dentro desta suposição de haver nascido pura a ciência, a Meteorologia é uma das mais velhas disciplinas do conhecimento”.*

Antes de analisar o processo de fabricação da previsão do tempo em si, é preciso conceituar claramente alguns termos como previsão, predição, previsibilidade e tendência do tempo meteorológico ou prognóstico.

O termo previsão (do tempo) é adotado em Meteorologia para designar o produto do ato de prever (o tempo futuro), que significa o produto final de um processo objetivo (matemático) ou subjetivo (ponderado, tendo em vista a pluralidade de variáveis intervenientes), o qual a partir do quadro da atmosfera num dado instante, permite delinear o quadro da atmosfera num determinado tempo futuro. Assim, uma previsão do tempo é o resultado de um processo que possui várias etapas. Como várias grandezas físicas estão envolvidas num mesmo quadro atmosférico, mudanças mínimas que sejam nessas variáveis delineiam quadros diferentes e, conseqüentemente, um resultado previsivo final diferente. É por isso que se diz que não existe apenas uma previsão do tempo, e sim, que há previsões do tempo.

O termo predição significa “algo dito antes de acontecer”, num sentido amplo. Este termo é pouco utilizado em Meteorologia exatamente por causa da sua abrangência e denotação de superficialidade para com o sentido científico. Na língua inglesa, os termos *forecast* e *prediction* são utilizados por vezes indistintamente como sinônimos e significando previsão.

ANTHES (1986, p. 636) afirma que,

*“em geral, ”predict” é definido como “afirmar à frente; predizer com base na observação, experiência, ou razão científica”. (...) “Esta definição geral serve de base para o conceito de previsibilidade atmosférica, que tem sido objeto de um grande número de estudos científicos nos últimos 25 anos”.*<sup>22</sup>

A previsibilidade é um parâmetro que expressa a taxa de crescimento de pequenas diferenças nos resultados obtidos de previsões inicializadas com estados iniciais ligeiramente diferentes. Nesse sentido, a contribuição de Krishnamurti e colaboradores nestes últimos anos para o desenvolvimento de métodos objetivos para construir as perturbações na condição inicial – a chamada “*ensemble forecasting*” ou

---

<sup>22</sup> “In general usage, ‘predict’ is defined as “to declare in advance; foretell on the basis of observation, experience, or scientific reason” (Webster’s Seventh New Collegiate Dictionary). This general definition underlies the scientific concept of atmospheric predictability, which has been the subject of a large number of scientific studies in the last 25 years”. A versão em português é uma tradução livre.

previsão por conjuntos – foi muito importante, como pode ser encontrado em KRISHNAMURTI *et al.* (2000), KRISHNAMURTI *et al.* (1999) e KRISHNAMURTI *et al.* (1998). Trata-se, pois, de um fator intrínseco do método de previsão, do modelo matemático utilizado e de outros fatores que são discutidos com maior rigor no item 2.2. A tendência do tempo é entendida na Meteorologia como o resultado de um método probabilístico, estatístico, ou de regressão analítica, por vezes associados com uma distribuição de probabilidades de eventos, ou de regressão linear ou múltipla.

O procedimento geralmente executado para a fabricação de uma previsão do tempo obedece a duas etapas básicas: a do diagnóstico e a do prognóstico. Na primeira etapa, tão importante como a final, são reunidos os dados disponíveis provenientes das medidas instrumentais e de observações visuais, oriundos de diversos locais e reunidos em planilhas. Estes dados são importantes para que os meteorologistas possam avaliar a evolução das condições do tempo referenciados a horários padrões ou sinóticos. Estas informações irão ajudar o previsor a definir subjetivamente um quadro, um instantâneo da atmosfera, ou seja, constituir um diagnóstico do estado presente. A compreensão e explicação deste quadro podem variar de previsor para previsor porque as suas formações não são necessariamente iguais. Grandezas derivadas como vorticidade e divergência do vento, bem como a advecção de temperatura e de umidade são imprescindíveis neste momento. Elas irão se constituir no que podemos denominar de sintomas ou indicativos da atmosfera. Saber os sintomas principais é a condição primordial para a interpretação do conjunto de fenômenos atmosféricos já presentes ou a se apresentar (HOLTON, 1992).

Os valores numéricos e as ordens de grandeza envolvidos nestes sintomas podem ser determinantes para a evolução ou decaimento de um dado fenômeno atmosférico evidenciado na análise dos dados. Além disso, quando os valores numéricos desses sintomas apresentam-se muito próximos, sem contraste pronunciado, não há evidência de fenômeno atmosférico brusco, uma vez que tais eventos são decorrentes de discontinuidades nos campos da pressão, da temperatura ou da umidade. Neste caso, sendo os valores numéricos, aproximados uns dos outros, numa distribuição temporal ou espacial, fica extremamente difícil fazer prognósticos de eventos extremos, que são os mais nocivos à população e às estruturas urbanas e rurais. Cada uma dessas escalas espaciais e de tempo define os “fenômenos” que são possíveis de se ver, de se detectar, para analisar, sinótica ou numericamente (PIELKE, 1984).

Desde 1955, aproximadamente, é possível realizar este diagnóstico objetivamente, com a utilização de um computador<sup>23</sup>, onde as diversas informações são agrupadas na grade de um programa computacional chamado Modelo Numérico da Atmosfera. Desde então, esta ferramenta tem sido capaz de realizar tanto o diagnóstico, como a própria evolução temporal do comportamento da atmosfera e dos seus fenômenos, para as próximas horas ou dias, que é o prognóstico. Um centro operacional nem sempre tem condições de executar um modelo numérico, por não haver um disponível, ou não ter os equipamentos necessários para produzir previsões de forma operacional, mas é possível ter à sua disposição os resultados dos diversos modelos que são rodados em outros centros mais avançados tecnologicamente. De qualquer forma, estas informações estão sempre presentes para análise (DOSWELL III, 1986).

De posse dos resultados que saem desta ferramenta numérica (o diagnóstico numérico e os prognósticos numéricos) e do diagnóstico não-objetivo, realizado na primeira etapa, os meteorologistas responsáveis pela realização da previsão se reúnem para analisar todas estas informações. Agregam, ainda, outras informações adicionais e importantes, como as provenientes de imagens obtidas por satélites, tais como: a velocidade de deslocamento das nuvens; a área de cobertura de nuvens baixas, médias e altas; os formatos da circulação dos ventos; os índices de estabilidade e os “sistemas de tempo” localizados em regiões afastadas da área para a qual se está interessado em prever o tempo, que de alguma forma possam influenciar, à distância, o tempo da região de interesse.

As diferenças entre o diagnóstico numérico e o diagnóstico não-objetivo centralizam as discussões. Entram em cena, então, as percepções (“*feelings*”) pessoais dos próprios meteorologistas, as suas experiências profissionais. Quando se chega a um consenso, a evolução do tempo é delineada e parte-se para a elaboração do documento básico da previsão do tempo: o seu boletim-mestre (por regiões de interesse). De posse deste documento, podem ser elaborados os diversos boletins específicos para os usuários, com as peculiaridades solicitadas pelos mesmos. Cada necessidade diferente de um dado usuário (agricultor, aviador, empreendedor) irá remeter o previsor à

---

<sup>23</sup> Pedro Dias afirmou que, “na década de 50, o NMC já fazia previsões operacionais com computadores IBM. George Cressman, quando diretor do NMC neste período, teve que enfrentar um piquete organizado na entrada do antigo prédio do NMC em Washington, contra a introdução dos computadores na previsão numérica. Os previsores achavam que o emprego deles estava ameaçado pelos computadores”.

elaboração de uma previsão diferente, levando-o, assim, a produzir várias previsões de tempo, de mesma base, mas de enfoques diferentes.

É bem possível que previsões trocadas entre usuários específicos possam gerar previsões mal-entendidas, por causa dos termos utilizados. Neste sentido, MURPHY e BROWN (1983) apresentam uma análise bastante interessante com enfoque na terminologia utilizada nas previsões de tempo. SILVA e SARAIVA (1984) analisaram a terminologia utilizada no processo de elaboração de previsões de tempo do INMET no início dos anos 80.

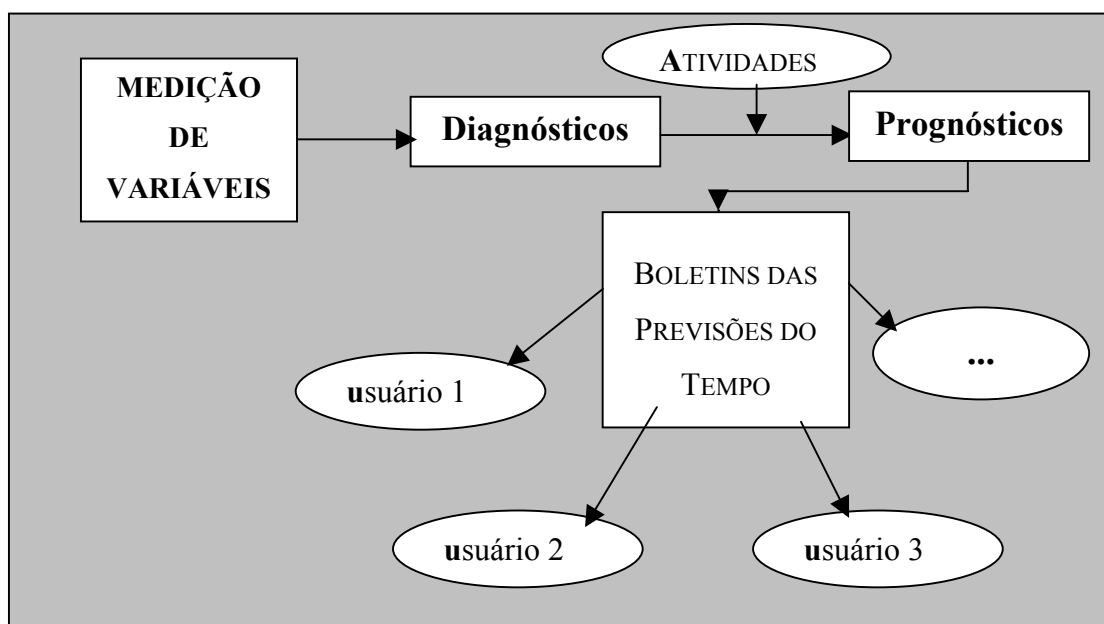
Esta forma de entender todo o processo de fabricação de uma previsão do tempo, na prática pouco varia. Cada centro de previsão tem as suas peculiaridades, e cada um deles sofre, nas suas discussões internas, a influência direta do conhecimento adquirido pelos previsores quando de suas formações e das experiências obtidas no próprio processo de previsão operacional. O recurso da subjetividade das percepções é reconhecido por LORENTZ (1984, p. 99), que de uma forma sucinta afirma que, *“mesmo o mais puro dos matemáticos utiliza a intuição para obter estimativas preliminares, enquanto que na Meteorologia, essas estimativas são sempre os produtos finais”*.

A rotina de elaboração da previsão do tempo num centro operacional envolve, portanto, algumas etapas, uma após outra, passo a passo, por vezes de forma cartesiana<sup>24</sup>. A FIGURA 2.1 ilustra essa rotina. Nela, uma grande massa de informação chega continuamente aos centros operacionais nacionais e regionais, onde a tarefa mais difícil, a partir daí é, sem dúvida, a análise de toda essa quantidade de informação. O excesso de informação torna-se mesmo uma complicação, por implicar em muitos dados redundantes, o que leva a se ter que despender tempo precioso de análise.

---

<sup>24</sup> Para um resumo das regras do método cartesiano, ver MUNARI (1998).

FIGURA 2.1 – DIAGRAMA SUCINTO DO FLUXO DA PRODUÇÃO DAS PREVISÕES DO TEMPO



## 2.2 A PREVISIBILIDADE COMO PARÂMETRO DE LIMITAÇÃO DE UMA PREVISÃO DO TEMPO

A Meteorologia desenvolvida na academia tem a preocupação de afirmar seu cunho cientificista. No entanto, a atmosfera não é um laboratório convencional, de tamanho compatível à execução de experiência controlada; assim, caso ela seja perturbada, é possível observar o desdobrar dos acontecimentos, mas jamais saber-se-á o que teria acontecido se ela não tivesse sido perturbada. Pode até ser que ao se perturbar experimentalmente a atmosfera, a sua resposta ocorra fora do alcance do observador, devido à sua grande dimensão. Com referência tão somente à previsão do tempo, isso implicaria na dedução de que a atmosfera é simplesmente instável.

A maioria das conclusões sobre a resposta à perturbação da atmosfera é baseada em simulações feitas por computador, por incapacidade do ser humano em processar a enorme quantidade de dados de todas as formas possíveis, concatená-la e elaborar uma informação sucinta, a cada dia. As equações a serem resolvidas pelos computadores representam as melhores tentativas para representar as equações que realmente regem a atmosfera, de forma compatível com a capacidade computacional.

O termo previsibilidade é definido em alguns trabalhos, como em SHUKLA (1984) e ANTHERS (1986) como um parâmetro expresso pela “*taxa de crescimento de pequenas diferenças na estrutura de dois estados atmosféricos aproximadamente idênticos, sobre grandes áreas*”, ou seja, para movimentos de grande escala. Segundo

LORENTZ (1996), geralmente comparam-se duas soluções numéricas. Uma delas é utilizada para simular as condições climatológicas reais, enquanto a outra simula as condições que teriam sido desenvolvidas a partir de condições iniciais um pouco diferentes, isto é, as condições que teriam sido previstas com uma técnica perfeita de previsão, mas com observações imperfeitas. Conseqüentemente, a diferença entre as soluções simula o erro na previsão. Portanto, a previsibilidade é vista como um parâmetro matemático associado a essa diferença de soluções. Ou seja, trata-se de um parâmetro que mede o potencial de acerto do processo objetivo de prever.

Por sua vez, ANTHES (1986) diferencia o termo “previsibilidade” do termo “destreza previsiva” (*forecast skill*), este último associado a um modelo não-perfeito, em estado de ajustes e modificações de rotinas e parametrizações.

Três métodos têm sido utilizados para estimar a taxa de crescimento dessas diferenças (ou erros) e os limites teóricos associados com a previsibilidade. O primeiro método mede a divergência dos pares de soluções de um modelo numérico, pares com condições iniciais muito similares (CHARNEY *et al.*, 1966). Este método é falho pelo fato do crescimento dos erros ser dependente do modelo, de modo que modelos diferentes levam a estimativas diferentes do crescimento do erro de previsibilidade.

O segundo método, que pode ser revisto em THOMPSON (1985) e ANTHES *et al.* (1985), calcula o crescimento de erros em modelos de turbulência homogêneos. Este é falho devido à limitação de que a atmosfera real nem sempre se comporta de acordo com o que é idealizado nos modelos, especialmente na presença da forçante na camada mais baixa da atmosfera e do aquecimento diabático.

Num terceiro método, LORENTZ (1969) examina a taxa de divergência de pares de análogos aproximados na atmosfera real. Este método, que é o mais atrativo do ponto de vista conceitual, padece da ausência de análogos aproximados, porque faz uso do comportamento real da atmosfera.

Assim, a previsão do tempo depende, de alguma forma, da previsibilidade da atmosfera, da previsibilidade associada com um determinado método de cálculo utilizado no processo de confecção da previsão, enfim, a previsão do tempo depende de diversas previsibilidades. Por outro lado, ANTHES (1986) afirma que a previsibilidade atmosférica varia não apenas com a escala horizontal, mas também com as estações do ano, localização geográfica e padrão sinótico da atmosfera.

SHUKLA (1984) aponta que uma dificuldade de uso desta definição matemática de previsibilidade surge quando do aumento da taxa de crescimento desse

erro, principalmente porque essa taxa depende da estrutura do escoamento inicial em grande escala, e o valor do erro máximo permitido depende fortemente da latitude e da estação do ano. A taxa de crescimento e o equilíbrio também dependem da variável que se estiver considerando.

De acordo com MACHADO (2000), quando um dado fenômeno, além de uma equação diferencial que o descreve, tem ainda que seguir certas condições iniciais, estabelecidas a priori, para um mesmo valor da variável independente, diz-se que há um problema de valor inicial. A princípio, do ponto de vista matemático, o problema da previsão do tempo é deste tipo. Um problema fundamental na Meteorologia é que esse estado inicial não é bem conhecido e faz-se necessário recorrer a informações do passado para definir, de forma ótima, o estado inicial para cada previsão numérica de tempo.

Outro problema fundamental é a não-linearidade do sistema, cuja consequência é a mudança de escala da energia, ou seja, escalas pequenas podem ter influência nas escalas maiores. Para esse problema, as simplificações matemáticas, com a análise de escala das equações, e as parametrizações têm sido a saída.

Com o conhecimento do estado presente da atmosfera, conforme mostra LORENTZ (1984, p. 98), *“junto com as equações que expressam as leis físicas governantes dos movimentos, deve-se ser hábil para apontar o estado futuro da atmosfera”*. Some-se a isso as considerações de que

“tanto a atmosfera como o oceano são grandes massas fluidas, e envolvem toda a Terra. Essas massas obedecem a conjuntos de leis físicas bastante semelhantes. Ambas possuem campos de movimento que tendem a ser amortecidos ou atenuados por processos internos, e ambos os campos de movimentos são acionados, pelo menos indiretamente, por influências externas que variam periodicamente. Em resumo, cada um constitui um sistema dinâmico dissipativo forçado muito complexo”. (LORENZ, 1996, p. 100)

Uma das primeiras discussões dos limites da previsibilidade atmosférica pode ser encontrada em SCHUMANN (1950), que se preocupou com as incertezas das previsões subjetivas com relação ao tempo. Ele notou que recentes opiniões científicas consideravam a atmosfera, a princípio, perfeitamente previsível para períodos muito longos. Entre eles, BJERKNES (1919) quando estabeleceu que

“se as condições iniciais da atmosfera fossem conhecidas com suficiente precisão, e se as equações através das quais os movimentos da atmosfera e as mudanças físicas ocorrem fossem também conhecidas com suficiente precisão, então o estado da

atmosfera poderia ser determinado completamente por algum super-matemático em qualquer tempo subsequente”.<sup>25</sup>

Não havia estudos científicos sérios sobre a previsibilidade atmosférica até o advento da Previsão Numérica de Tempo (PNT), em 1955. Desde então, a previsibilidade tem sido realizada em contraste com as idéias de Bjerknes, na busca de uma performance cada vez melhor. Mesmo utilizando-se um modelo numérico global “perfeito” (um modelo puramente hipotético que represente todos os processos físicos exatamente como eles ocorrem na atmosfera real), existe um limite inerente no tempo para a previsibilidade em questão. Este limite existe, segundo ANTHES (1986), porque a atmosfera não pode ser observada completa e precisamente sobre todas as escalas do movimento (da escala global até a escala molecular).

Se os movimentos atmosféricos e os processos fossem lineares, erros numa escala não afetariam as outras escalas, pelo menos teoricamente, mas as grandes escalas do movimento teriam previsibilidade muito maior do que ocorre na realidade. Todavia, as equações matemáticas governantes da dinâmica do escoamento da atmosfera são não-lineares, e a estrutura observada da atmosfera é caracterizada por gradientes horizontais e verticais do vento, da temperatura e da umidade, que permitem fazer crescer as instabilidades hidrodinâmicas e termodinâmicas. Conforme SHUKLA (1984), estas características do movimento atmosférico são a razão primária para se pensar na existência de um limite superior na previsibilidade determinística do escoamento atmosférico. Por isso, vários algoritmos são desenvolvidos sempre buscando alcançar este limite.

Além disso, as equações e parametrizações físicas usadas para a previsão não são exatas, e introduzem uma fonte de erro nas previsões feitas por um modelo numérico. Mesmo que o modelo seja perfeito, pequenas incertezas no estado inicial podem crescer devido à instabilidade inerente ao escoamento e às interações não-lineares entre movimentos de diferentes escalas de espaço e tempo.

Seguindo o raciocínio de SHUKLA (1984), o limite quantitativo superior para a previsão determinística, mesmo para um modelo exato, é determinado pelas taxas de crescimento e equilíbrio da maioria das instabilidades dominantes. Durante as últimas

---

<sup>25</sup> “if the initial conditions of the atmosphere were known with sufficient accuracy, and if the equations by which the motions of the atmosphere and the physical changes taking place therein were also known with sufficient accuracy, then the state of the atmosphere could be determined completely by some super-mathematician at any subsequent time”. A versão em português é uma tradução livre.



quatro décadas, várias tentativas têm sido feitas para estimar este limite superior para a previsão determinística do estado instantâneo da atmosfera, ou o que se denomina tempo.

Um procedimento muito útil e eficiente rumo ao alcance desse limite é o da classificação dos sistemas de circulação na grande e mesoescala, com a análise de escalas dos fatores envolvidos em cada situação. No CLIMANÁLISE (1986, p. 5) podem ser vistas algumas situações, como as circulações termicamente forçadas do tipo células de Hadley-Walker, as circulações associadas com sistemas frontais e as circulações de brisa marítima, fluvial e vale-montanha.

Ou seja, nem sempre as instabilidades atmosféricas evoluem de modo a ser possível delinear o seu comportamento futuro, porque a cada instante elas se reconfiguram de modo aleatório, com uma configuração (ou estado) perdendo o vínculo com o estado anterior, jogando por terra a possibilidade de delineamento.

O limite teórico de tempo para previsões determinísticas, que são aquelas realizadas a partir de equações matemáticas, considerando o conhecimento e o desenvolvimento tecnológico atual, segundo SHUKLA (1981, p. 8) “*é de uma semana para as regiões tropicais e de até quinze dias para os extra-tropicais*”. Este limite tem sido questionado hoje em dia em função da forte influência da variabilidade intrasazonal com período da ordem de 20 a 60 dias. Entretanto, os modelos atmosféricos – que são tratados no Capítulo 4 – apresentam energia espectral inferior à observada em dados reais nesta escala de tempo e, portanto, permanece em aberto a questão do uso dos modelos hidrodinâmicos na previsão do tempo da escala intrasazonal (FERRAZ e GRIMM, 2000a, 2000b, 2001; JONES et al., 2000; MARTON, 2000).

O limite se deve ao fato de que, em latitudes médias e altas (por exemplo, Europa e América do Norte), os “sistemas dinâmicos”, dominantes da variabilidade atmosférica que geram mau e bom tempo, são: ondas de Rossby (quase estacionárias, que não permitem o fluxo de energia através delas), de escala planetária; ondas transientes, de grande escala; e “sistemas baroclínicos” (com duração de 3 a 5 dias), que possibilitam o transporte de energia na atmosfera.

Nos trópicos, por outro lado, flutuações diárias são devidas a instabilidades de rápido crescimento, com nuvens nascendo, se desenvolvendo até o estágio de maturação, gerando chuva e decaindo, que diminuem, assim, o período previsível deterministicamente. Elementos de nuvens se desenvolvem em nuvens de chuva em

curto tempo, dentro do período de validade da previsão, sem indícios no momento da confecção da previsão.

Uma vez conhecida a complexidade da previsibilidade da atmosfera, fica mais clara a necessidade de utilizar métodos que permitam ao previsor alcançar o limite dessa previsibilidade, seja através de algoritmos e explicações teóricas mais realísticas, seja através do encurtamento do tempo de execução das tarefas com o uso de tecnologia computacional adequada e cada vez mais eficiente. No entanto, nem sempre se consegue programar de forma exata, mesmo computacionalmente, parâmetros ou funções desenvolvidas teoricamente.

No processo de confecção da previsão do tempo, a utilização dos meios computacionais implica em três tipos de limitações: a limitação tecnológica (máquinas), a limitação interpretativa (pessoas) e a limitação representativa (modelos). No primeiro, a cobertura cada vez maior do ambiente terrestre e a busca de uma precisão cada vez maior levam a um desenvolvimento de máquinas capazes de processar grandes volumes de informações em pontos cada vez mais próximos (malha fina ou alta resolução). Mesmo assim, as necessidades científica e operacional são quase sempre maiores do que a possibilidade de desenvolvimento tecnológico.

No segundo tipo, a capacitação de pessoal para o desenvolvimento de novas parametrizações para os processos de sub-grade nos modelos numéricos e, conseqüentemente, o aperfeiçoamento dos modelos, está cada vez mais difícil<sup>26</sup>.

O terceiro tipo está na própria adequação dos modelos numéricos às máquinas disponíveis. Alguns modelos numéricos da atmosfera foram desenvolvidos numa dada concepção, como, por exemplo, de forma integrada, com rotinas cruzadas, enquanto a arquitetura computacional evolui para a organização paralela das tarefas no modelo. Surge, então, a necessidade de reorganização dos cálculos do modelo para a sua adaptação em máquinas mais avançadas, tarefa essa denominada pelos peritos em paralelização de modelos. Com isso, os próprios modelos necessitam ser modificados matematicamente, pois cálculos que antes eram seqüenciais vão precisar ser programados para ser realizados ao mesmo tempo, em processadores separados. Esta tarefa de processos paralelos é, no entanto, positiva, porque diminui efetivamente o tempo de rodada dos modelos, e conseqüentemente, o tempo de previsão.

---

<sup>26</sup> Esta atividade esbarra no pouco interesse atual de estudantes em se dedicar à árdua e monótona tarefa teórica de refinamento matemático dos processos semi-empíricos para fins de inserção em modelos.

A análise de escala permite dividir a Meteorologia em três classes de espaço-tempo, de modo que, em cada uma delas, possam ser agrupados os fenômenos meteorológicos: a grande escala, a mesoescala e a microescala. Em alguns estudos científicos, as duas últimas são agrupadas na chamada escala convectiva, como acontece em BETTS (1974) e SILVA DIAS (1987).

Há dois aspectos da modelagem numérica da atmosfera, ainda dignos de destaque: a questão da representação dos processos sub-grade e o que se convencionou chamar de previsão por conjuntos (*ensemble forecast*), com a sua dificuldade na passagem deste tipo de informação ao usuário.

Com relação à representação dos processos sub-grade, várias parametrizações têm sido desenvolvidas, como podem ser vistas nas análises de HAAS (2002b). Os esquemas de parametrização na sub-grade têm por objetivo principal estimar o valor de uma grandeza atmosférica entre os pontos de grade, em especial, a precipitação convectiva, “*com subsequente redistribuição do calor latente, umidade e de movimento vertical*”, segundo HAAS (2002b, p. 35). Por sua vez, ROCHA (1999) acrescenta que com este procedimento objetiva-se, também, prevenir o crescimento irrealístico dos distúrbios em escalas menores que aquelas resolvidas pela grade.

Por outro lado, COUTINHO (1999) mostra no seu trabalho que a aplicação da previsão de tempo global por *ensemble* ao modelo de circulação geral da atmosfera do CPTEC/INPE poderia trazer benefícios para a previsão de médio prazo para a América do Sul, constituindo-se num avanço significativo para a Meteorologia do Brasil.

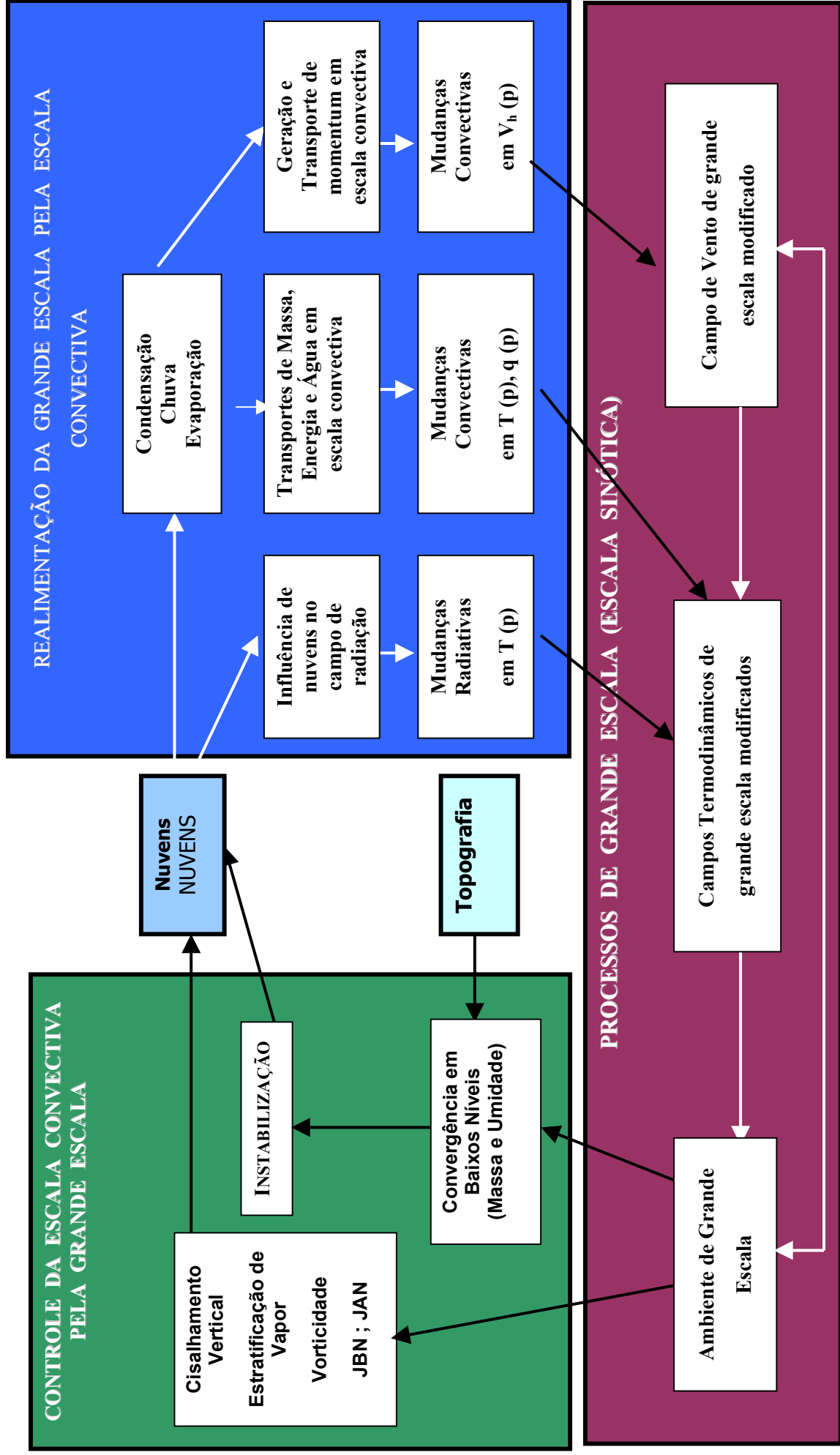
ZHANG e KRISHNAMURTI (1999) desenvolveram um método para a geração de condições iniciais perturbadas no modelo global da *Florida State University* (FSU), nos EUA, numa proposta de aplicação inicial ao estudo de furacões. Este método é denominado *EOF-based perturbation* e foi desenvolvido tomando-se em conta o fato de que durante os primeiros dias de integração do modelo, a perturbação assume um crescimento do tipo linear.

Assim, a previsibilidade fica altamente dependente da forma com que os processos na escala sub-grade são parametrizados, bem como da forma com que as condições iniciais perturbadas são adotadas, refletindo sobremaneira nas previsões de tempo nas escalas global e regional.

### **2.3 PROCEDIMENTOS NUMÉRICOS: AS ESCALAS POSSÍVEIS DE PREVISÃO DO TEMPO E SEUS EFEITOS.**

Os fenômenos atmosféricos, os seus mecanismos e estágios de formação, desenvolvimento, maturação e decaimento, conseqüentemente também podem ser analisados a partir da interação das escalas espaciais e temporais. A visão do conjunto dessas interações é importante para a compreensão e explicação dos fenômenos em si, como também para as suas previsões. A FIGURA 2.2 mostra um diagrama esquemático simplificado dessas interações, onde a escala convectiva, na qual se inserem as nuvens e seus mecanismos, inclui, para fins de simplificação, a mesoescala e a pequena escala. Percebe-se, neste diagrama, o controle exercido pela grande escala sobre a escala convectiva, a partir dos processos presentes na exemplificação.

FIGURA 2.2 – DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DA INTERAÇÃO ENTRE A GRANDE ESCALA E A ESCALA CONVECTIVA



Uma maneira de separar os fenômenos atmosféricos nestas escalas pode ser observada na TABELA 2.1. Nela pode ser visto que, da macroescala para a microescala, a ordem de grandeza no espaço na escala horizontal é de  $10^4$ , e, na vertical e no tempo,  $10^3$ . As previsões de tempo na escala regional têm-se desenvolvido de uma forma ampla e conectada, por continuidade, às das demais escalas, como as de grande escala ou escala sinótica. Estas têm sido realizadas utilizando-se modelos globais nos principais centros de previsão do mundo e seus resultados são usados como dados de entrada de modelos numéricos de escalas menores, como os de mesoescala, ou regional.

TABELA 2.1 – ESCALAS DOS SISTEMAS DE CIRCULAÇÃO NA ATMOSFERA CONFORME AS SUAS ESCALAS

Sistema de Circulação	Escala horizontal (km)	Escala vertical (km)	Escala de tempo (horas)
<b>Fenômenos de Macroescala</b>			
1. Ondas planetárias	$5 \times 10^3$	10	$2 \times 10^2$ a $4 \times 10^2$
2. Perturbações sinóticas	$5 \times 10^2$ a $2 \times 10^3$	10	$10^{-2}$
<b>Fenômenos em mesoescala</b>	$1 - 10^2$	1 - 10	1 - 10
<b>Fenômenos em microescala</b>	Menor que $10^{-1}$	Menor que $10^{-2}$	$10^{-2} - 10^{-1}$

FONTE: AYOADE, 1996

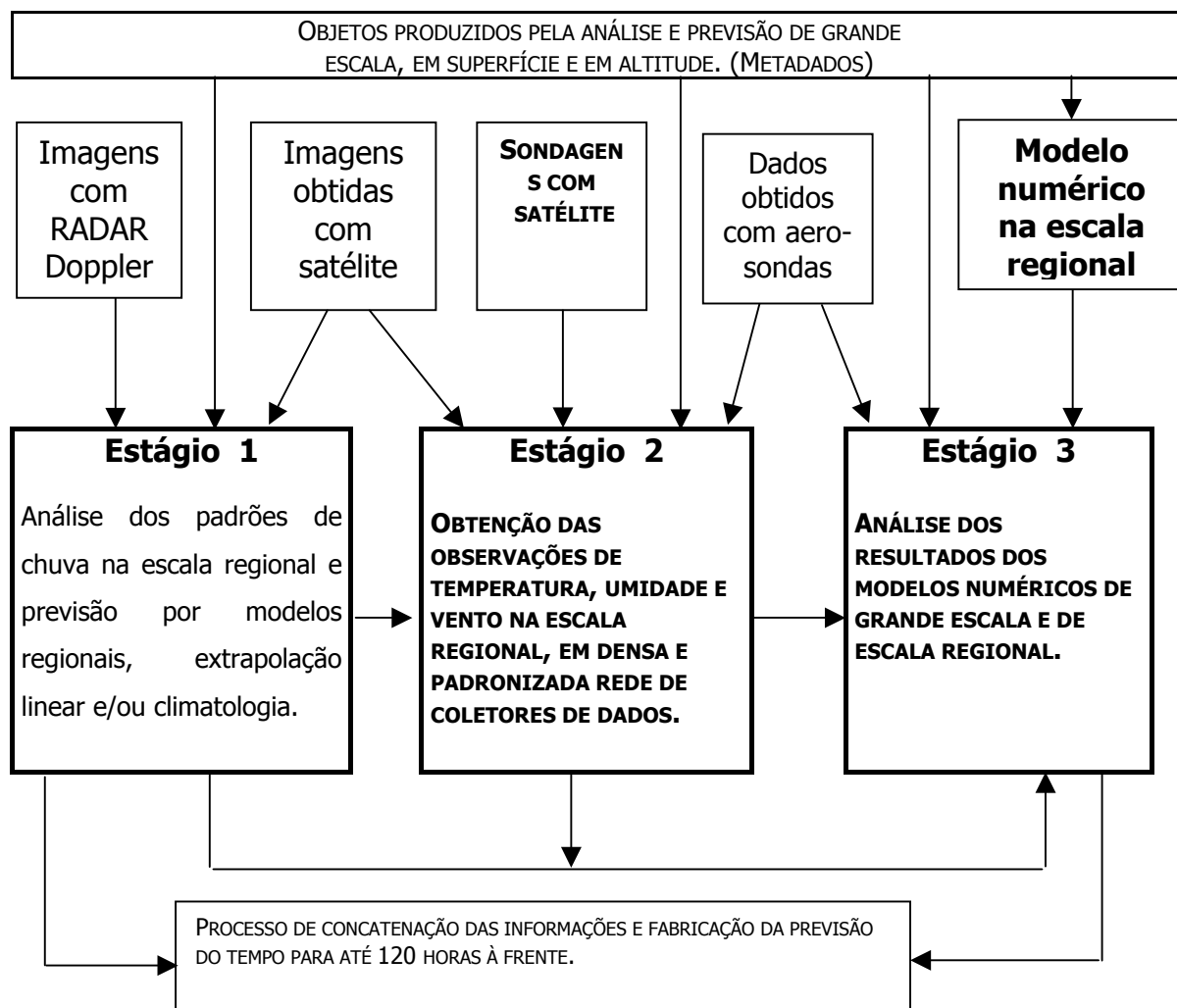
Portanto, no que concerne à previsibilidade, SHUKLA (1984b) apóia a hipótese de que variações leves nas condições de contorno como, por exemplo, na temperatura da superfície do mar, na umidade do solo e na vegetação, são fatores importantes na variabilidade de baixa frequência, pois estão associadas com mudanças de grande escala no tempo e espaço, e vão implicar numa influência na escala regional. Previsões estocásticas são feitas a partir da identificação de mudanças nos padrões de parâmetros como ventos de superfície e pressão ao nível do mar, para citar alguns (PHILANDER, 1990).

A necessidade cada vez maior da precisão nas tomadas de decisão na escala regional tem levado os profissionais a se concentrar nas tarefas de prever o tempo nesta escala. SILVA DIAS (1987) faz uma revisão dos estudos sobre os sistemas de mesoescala relevantes para a previsão do tempo de curto prazo.

THUNIS e BORNSTEIN (1996) propõem uma nomenclatura-padrão para conceitos meteorológicos de mesoescala, integrando conceitos já existentes nas demais escalas espaciais atmosféricas, equações governantes, considerações sobre escoamentos, e movimentos decorrentes destas hipóteses, formando uma hierarquia prática a ser utilizada na classificação de modelos numéricos de mesoescala. Os limites dinâmicos propostos para as escalas de tempo e espaço são consistentes com a importância da força de Coriolis. Na classificação dos escoamentos, proposta por eles, parte-se de um conjunto completo de equações simplificado para a mesoescala.

A FIGURA 2.3 mostra três estágios na previsão do tempo de curto prazo, sendo o primeiro referente aos padrões de precipitação observados por satélite e radar que podem ser analisados e linearmente extrapolados. O segundo estágio se refere à extração de informações detalhadas dos campos em mesoescala de temperatura, umidade e vento em superfície e em altitude, enquanto o terceiro se refere à análise dos resultados dos modelos numéricos de grande escala e de escala regional, remetendo ao início do processamento das informações obtidas anteriormente.

FIGURA 2.3 – DIAGRAMA DA CONFIGURAÇÃO SIMPLIFICADA E ATUALIZADA DE UM SISTEMA PRODUTOR DE PREVISÃO DO TEMPO A CURTO PRAZO.



FONTE: Adaptado de SILVA DIAS, 1987, p. 148.

## 2.4 OS ATRIBUTOS DE UMA BOA PREVISÃO DO TEMPO

Para os propósitos do presente trabalho, classificar-se-á os métodos de previsão do tempo em estocásticos e não-estocásticos. Os métodos estatísticos de previsão do tempo são baseados no princípio da inferência preditiva do estado futuro da atmosfera a partir da estatística dos estados passados da atmosfera. Na prática, deseja-se prever uma variável meteorológica a partir das observações desta mesma variável ou das outras variáveis meteorológicas nos tempos anteriores. Geralmente, a forma matemática das relações entre as variáveis meteorológicas não é conhecida exatamente, e tais relações devem ser estabelecidas empiricamente. Daí surge uma das dificuldades de se ter exatidão nas previsões de tempo.



Nos procedimentos de previsão estocástica, dois conceitos importantes são o de preditor e o de preditando. Enquanto preditor é o nome dado ao parâmetro ou variável na qual se baseia a previsão, como a tendência da temperatura, a tendência da pressão e outros, preditando é o nome que se dá à variável prevista, como a temperatura mínima ou a máxima do dia seguinte, o total de chuva em 24 horas, o percentual de cobertura de nuvens do dia seguinte, etc. Há ainda a possibilidade de preditor e preditando serem a mesma variável, só que em tempos diferentes.

Um exemplo de aplicação de previsão estocástica pode ser encontrado em REPPELLI e NOBRE (1996), cujo interesse era investigar a previsibilidade das anomalias térmicas sobre a Bacia do Atlântico Tropical. O sistema de modelagem foi construído utilizando uma metodologia baseada na Análise de Correlações Canônicas (ACC) com um pré-filtro de Funções Ortogonais Empíricas (EOF) sobre os dados do preditor e do preditando. A finalidade principal foi identificar o melhor parâmetro preditor e a máxima antecedência com a qual poder-se-ia conseguir os melhores resultados de previsão por meio desse sistema, com aquele preditor.

A técnica da ACC, da estatística multivariada, permite encontrar combinações lineares, a partir de dois conjuntos de dados (preditor e preditando), de modo que a correlação entre estas variáveis seja maximizada. A grande vantagem do uso desta técnica está na possibilidade de se encontrar padrões de oscilação entre dois ou mais campos físicos, de modo que um conjunto de equações prognósticas e um modelo preditor são possíveis de serem alcançados. (WILKS, 1995)

REPPELLI e NOBRE (1996) utilizaram campos mensais de temperatura da superfície do mar, pressão ao nível do mar e ventos à superfície nas direções zonal e meridional como campos preditores e a temperatura da superfície do mar (TSM) como preditando.

*“O campo preditor, por exemplo, pode ser constituído por um único parâmetro físico (ventos, pressão e TSM) ou por uma combinação destes, sobre uma ou mais áreas do globo, com qualquer resolução espacial, e ainda para qualquer mês (ou média de alguns meses) para quaisquer faixas de anos disponíveis. O campo preditando, no caso a TSM, também pode ser construído a partir de uma ou mais áreas do globo, com quaisquer resoluções espaciais e períodos.”* (REPPELLI e NOBRE, 1996, p.2)

A TSM como preditor leva o modelo a captar a variabilidade das anomalias de TSM melhor para o hemisfério norte do que para o hemisfério sul, pois os coeficientes de correlação médios para o HN são maiores. Porém, utilizando-se a pressão como

parâmetro preditor, e analisando resultados similares aos obtidos com os campos de vento, o desempenho do modelo, nestes casos, não foi tão bom quando comparado com os resultados obtidos utilizando-se a TSM como parâmetro preditor.

Segundo PANOFSKY e BRIER (1968), três passos devem ser seguidos na formulação de um método estatístico de previsão:

- i. deve ser investigada a relação do preditando com um certo número de preditores e deve ser feita a escolha mais vantajosa dos preditores para o método escolhido;
- ii. devem ser desenvolvidas regras, tabelas, gráficos ou equações de forma conveniente para serem utilizadas nas futuras previsões;
- iii. deve ser testada a adequabilidade das regras, dos gráficos, das tabelas e das equações, num novo conjunto de observações dos preditores, bem como do preditando.

Do ponto de vista da elaboração de uma previsão estocástica do tempo, a seqüência de etapas obedece aos seguintes passos e ferramentas: a) seleção de preditores; b) classificação dos métodos de previsão estocástica; c) regressão linear múltipla; d) regressão gráfica sucessiva; e) estratificação; e) método residual; e f) métodos mistos.<sup>27</sup>

Dentre os métodos não-estatísticos encontram-se os subjetivos e os objetivos. Os primeiros partem dos conceitos físicos, análises de cartas, imagens e da climatologia para a inferência do tempo futuro da atmosfera. Já os objetivos utilizam-se de equações aproximadas da atmosfera, sobre um espaço gradeado, de modo a inferir prognósticos de variáveis separadamente, em distribuições espaciais e temporais, de modo que os números são mais rapidamente produzidos que no anterior, porém não necessariamente refletem por si só uma previsão confiável.

Métodos mistos dessas modalidades têm-se apresentado mais adequados para prever o tempo, levando-se em conta a grande diversidade de características regionais, adotando-se escalas diferentes conforme a situação da atmosfera e a necessidade da informação. Mas não basta elaborar a previsão. É necessário seguir a trilha até o seu usuário final, levando-se em conta a capacidade do sistema predictor de gerar informação confiável. Para isso, é necessário um processo de avaliação das previsões feitas que implemente retroalimentação técnica ao método.

---

<sup>27</sup> Para maiores detalhes, ver SUGAHARA (2001b)

Uma vez elaborada uma previsão do tempo, a sua avaliação passa a ser o aspecto central das discussões dos previsores, que analisam posteriormente a performance do método utilizado e confrontam o boletim com os dados posteriores. Declarações como "*essa foi uma boa previsão do tempo*" ou "*essa foi uma previsão do tempo bastante ruim*" são freqüentemente ouvidas na comunidade meteorológica e na comunidade de usuários potenciais dessas previsões. O significado de tais declarações raramente fica claro. Além de assuntos práticos, como o modo no qual a previsão é (ou deveria ser) avaliada como boa, a própria confiabilidade das percepções individuais dos atributos pode levá-la a ser boa ou ruim, havendo então, em primeiro lugar, uma considerável ambigüidade sobre o que constitui uma previsão boa ou ruim.

Do ponto de vista do previsor, os fatores que levam uma previsão do tempo a ser boa (ou ruim) – ou atributos de uma previsão – estão geralmente relacionados com o grau de semelhança entre a previsão realizada e as condições observadas. Por outro lado, os usuários estão preocupados principalmente com o fato de uma previsão conduzir ou não a resultados benéficos no contexto das suas respectivas tomadas de decisão. Além disso, esses fatores possuem, evidentemente, muitos e diferentes significados dentro de cada uma destas duas comunidades.

Os impactos da ambigüidade e/ou da falta de clareza das previsões não estão bem documentados, mas parecem ser significativos. Por exemplo, é difícil estabelecer objetivos bem definidos para qualquer projeto que vise aumentar a performance de um sistema de previsão do tempo, sem que se tenha uma definição não-ambígua do que constitui uma boa previsão. Além disso, é essencial que os previsores que formulam previsões numa base operacional possuam uma compreensão clara da natureza dos bons atributos da previsão do tempo. Caso contrário, a eficiência do processo de previsão, assumida como sendo vinculada à efetividade da prática da verificação, como se nota em BROOKS e DOSWELL III (1996), pode ser minada, e a utilidade das previsões pode ser afetada adversamente. Por estas e outras razões, a clareza da natureza desses atributos neste contexto parece ser um grande objetivo.

Os três tipos de fatores que levam a uma boa previsão (ou atributos de uma boa previsão) são descritos por MURPHY (1993) como segue: (a) uma previsão é boa, no sentido do tipo 1, quando ela tem consistência, correspondendo ao melhor julgamento do previsor, julgamento este que é derivado da base do seu conhecimento; (b) uma previsão é boa, no sentido do tipo 2, quando ela tem qualidade, correspondendo ao fato de as condições de previsão estarem intimamente relacionadas com as condições

observadas ao tempo de validade da previsão; e (c) uma previsão é boa, no sentido do tipo 3, quando ela tem valor, podendo ser empregada por um ou mais usuários e introduzida nas suas tomadas de decisão, resultando num benefício de ordem econômico-social.

O atributo do tipo 2 e, numa menor extensão, o do tipo 3, são conceitos familiares à maioria dos previsores de tempo, pelo menos nos seus pontos de vista. Porém, muitos deles podem não estar familiarizados com os conceitos de consistência e qualidade, ou mesmo com a natureza das relações que existem entre os três tipos de atributos. De uma maneira sucinta, o terceiro tem sido determinado apenas no âmbito de projetos.

#### *2.4.1 A consistência como um atributo de uma boa previsão do tempo*

Os meteorologistas previsores derivam as suas previsões relativas às condições futuras do tempo a partir de uma base de conhecimento. Esta base de conhecimento consiste em várias fontes ou tipos de informação. Após isso, eles incluem observações e análises de muitos tipos diferentes, como: os resultados de modelos numéricos, estatísticos e conceituais; a experiência prévia e a realimentação de ajustes com base nos desempenhos anteriores. (MURPHY, 1993)

Além disso, o processo de fabricação de uma previsão do tempo culmina na formulação de julgamentos relativos a valores futuros das variáveis do tempo ou a ocorrência/não-ocorrência de eventos de tempo futuros. Estes julgamentos são baseados na “destilação” racional da informação contida na base de conhecimento do próprio previsor. Os julgamentos são internos, a partir da sensação que ele vai adquirindo e registrando. A distinção que se faz entre estas taxas internas e externas do previsor, com relação às condições do tempo, é chamada de julgamento, se for anterior, e de previsão, se for posterior.

Embora os julgamentos do previsor não estejam disponíveis para avaliação, é razoável o postulado pelo qual eles devem satisfazer a certas condições. Não é interessante para um sistema previsor que seu profissional julgue-se capaz de palpitar ou “adivinhar” o tempo futuro, sem dispor de qualquer indício observacional ou teórico prévio que o embase. Ou seja, os julgamentos devem ser consistentes com o estado atual da arte de prever o tempo, como também com a base de conhecimento do previsor nas ocasiões nas quais são formulados. Seria interessante que o previsor estivesse no topo

do estado-da-arte da teoria, dos métodos e das práticas experimentais, para que ele possa elaborar uma boa previsão do tempo, mantendo essa performance de forma uniforme no tempo. Mas, por outro lado, não é aceitável a falta de base.

Tais considerações determinam as especificidades de espaço e tempo dos julgamentos. Além disso, o fato da base de conhecimento do previsor estar incompleta – e defeituosa em outros cumprimentos – implica em que o processo de fabricação da previsão contém um elemento inerente de incerteza. Os julgamentos do previsor deveriam refletir esta incerteza, que geralmente varia de ocasião para ocasião, de evento para evento, e de local para local. O seu estado emocional na ocasião da concatenação das possibilidades e da tomada da decisão final também influi, uma vez que esses aspectos podem tirar-lhe a tranqüilidade nos momentos da elaboração dos seus “*feelings*”.

Uma vez que os julgamentos de um previsor são o resultado de um processo racional, pode parecer razoável desejar que as previsões – que representam a manifestação externa dos seus julgamentos – correspondam aos próprios julgamentos. Porém, usuários de previsões de tempo – individual e coletivamente – podem não desejar tudo da informação contida nos julgamentos. Uma previsão do tempo elaborada pode conter mais informação do que a contratada pelo usuário e confundi-lo.

Com estas considerações em mente, torna-se útil introduzir aqui o conceito de previsão solicitada. Este tipo de previsão contém tudo da informação que os usuários potenciais desejam para agir otimamente no contexto dos seus respectivos problemas de tomada de decisão. Cada usuário tem a sua solicitação baseada nas suas necessidades, de modo que, se ela é atendida plenamente, então toda a informação contida nela, a princípio, lhe é útil<sup>28</sup>.

De alguma forma, a relação apropriada entre uma previsão solicitada e o julgamento de um previsor precisa sempre ser clara e coincidente. Esta relação é expressa na forma de uma máxima básica de previsão; isto é, uma previsão solicitada deveria sempre corresponder ao melhor julgamento de um previsor. Deveria, é claro, pois alguma informação necessitada por um ou mais usuários pode não estar incluída no julgamento do previsor (por exemplo, pode não ser possível para um previsor produzir um tipo particular de informação, dado o estado atual da arte de prever o tempo). Não obstante, a previsão solicitada deveria ser consistente com a informação que está

---

<sup>28</sup> Para mais detalhe acerca desta problemática, ver SILVA (1994).

contida no julgamento do previsor contratado. Caso contrário, tal previsão nem refletiria corretamente o verdadeiro estado de conhecimento do previsor, nem satisfaria completamente as necessidades dos usuários. Esta máxima parece ser bastante razoável, no sentido de que o objetivo global dos sistemas de previsão, presumivelmente, é prover a melhor e mais apropriada informação disponível para usuários potenciais de previsões do tempo. (MURPHY, 1993)

Nota-se que as condições que determinam o que geralmente constitui uma previsão solicitada variam de usuário para usuário. Portanto, uma previsão deste tipo, fornecida a múltiplos usuários, deve satisfazer a união das suas exigências de informação. Para tal previsão, de uma maneira racional, é necessário obter informação detalhada sobre os usuários e sobre os usos das previsões. Infelizmente, tal informação raramente está prontamente disponível ao previsor ou outros na comunidade meteorológica operacional.

O conceito de consistência é derivado da máxima acima mencionada. Uma previsão solicitada é boa no sentido do tipo 1 se a previsão corresponde ao julgamento pertinente, onde o termo consistência é utilizado para descrever esta característica das previsões. A TABELA 2.2 apresenta uma explicação sucinta dos três tipos de atributos.

Uma previsão solicitada pode ser incompatível com o julgamento subjacente de vários modos diferentes. Por exemplo, pode conter especificidade mais de espaço ou de tempo que o julgamento. Ou seja, a previsão pode ser desenvolvida para uma área do tamanho de um estado, quando o solicitante a deseja na escala municipal. Dentre as especificidades existentes, a principal é a inconsistência que surge quando a incerteza inerente aos julgamentos do previsor não é refletida corretamente nas suas previsões. Há situações em que o previsor tem mais de um caminho de raciocínio a seguir, que leva, indubitavelmente, a previsões diferentes. Uma vez que os julgamentos do previsor contenham, necessariamente, um elemento de incerteza, o boletim com as suas previsões tem que refletir esta incerteza claramente, para satisfazer a máxima básica de prever (KATZ e MURPHY, 1987).

Portanto, de uma forma geral, as previsões de tempo, quando expressas em condições probabilísticas, podem oferecer um subsídio importante ao usuário, no seu cálculo de risco e tomada de decisão. Porém, expressar uma previsão simplesmente em condições probabilísticas, por si só, não garante que o nível mais alto de consistência foi alcançado. Além disso, o grau de incerteza expresso na previsão com essa consistência

deve corresponder sempre ao julgamento pertinente e coerente (ZHANG e CASEY, 2000).

TABELA 2.2 – BREVES DEFINIÇÕES DOS TRÊS TIPOS DE ATRIBUTOS DE UMA BOA PREVISÃO DO TEMPO.

<b>Tipo</b>	<b>Nome</b>	<b>Definição</b>
1	Consistência	correspondência entre previsões e julgamentos
2	Qualidade	correspondência entre previsões e observações
3	Valor	benefícios das previsões para os usuários

FONTE: Adaptada de MURPHY, 1993

Uma vez que os julgamentos de um previsor são, por definição, internos ao previsor e indisponíveis para avaliação explícita dos solicitantes, como afirma WINKLER e MURPHY (1968), o grau de correspondência entre julgamentos e previsões não pode ser avaliado diretamente. Porém, podem ser usados vários dispositivos para forjar um nível alto para o atributo do tipo 1, pelo menos deixando clara a sensação de que a incerteza dos julgamentos se encontra refletida com precisão nas previsões.

Por sua vez, COLMAN (2003) discute alguns aspectos relacionados com uma previsão do tempo consistente (aos olhos de um previsor). No seu ponto de vista, para previsões para o público em geral, as avaliações de qualidade têm sido feita via modelo de saída estatística (MOS<sup>29</sup>) ou pela climatologia, onde algumas situações abrangendo alguns intervalos de tolerância – ou seja, descrições mais amplas do estado do tempo, por exemplo – são codificadas em poucas categorias. Isso certamente amarra as condições do tempo em situações pré-definidas, de modo que o próprio público se encarrega de acompanhar a performance das previsões no dia-a-dia. Mais adiante, na discussão da qualidade de uma previsão é feita uma demonstração deste tipo de codificação e análise.

É importante reconhecer que a consistência está, em grande parte, sob o controle do previsor (com exceção de qualquer vínculo que pode ser imposto ao formato e à duração etc., das previsões). Assim, é possível que um previsor encontre um nível muito alto de consistência simplesmente fazendo as suas previsões corresponderem aos seus próprios julgamentos, ou seja, executando uma tarefa de forma tendenciosa. Neste sentido, o atributo do tipo 1 difere dos outros dois tipos de atributos, porque, tanto a

---

<sup>29</sup> MOS é a sigla para o *Model Output Statistics*, e pode ser visto com mais detalhes em SUGAHARA (2001b).

qualidade como o valor, ambos possuem vínculos mais fortes com a evolução real do tempo e a resposta sócio-econômica dos usuários, respectivamente.

#### 2.4.2 A qualidade como um segundo atributo de uma boa previsão do tempo

O atributo qualidade de uma boa previsão do tempo se relaciona ao grau de correspondência entre as previsões e as observações. Portanto, previsões que exibem uma alta qualidade possuem uma estreita correspondência com as observações. Para apreciar completamente a natureza do atributo qualidade e os problemas associados com a sua medida, é necessário descrever brevemente o estado atual de verificação da previsão num setor operacional de previsões do tempo, que é o processo pelo qual a qualidade da previsão é avaliada.

Tradicionalmente, a verificação da previsão consiste no cálculo de medidas da correspondência global entre previsões e observações (MURPHY e DANN, 1985). Exemplos de tais medidas incluem o erro absoluto médio, o erro médio-quadrático, e várias pontuações de habilidade ou destreza. A aproximação orientada na medida tradicional tende a enfatizar um ou dois aspectos globais da qualidade da previsão, como precisão e habilidade, como ocorre em BERNARDET (2001a).

ZHANG e CASEY (2000) apresentam uma verificação de um modelo de previsões sazonais *a posteriori* de chuva para a Austrália, para as estações do inverno e do verão, no período de 1900 a 1995. As contagens totais da habilidade das diferentes aproximações demonstram características similares. De qualquer modo, eles acharam que existem vantagens e desvantagens em cada uma daquelas aproximações. Além disso, eles perceberam que é necessário usar mais de um esquema da avaliação da habilidade de prever e, a utilização desses esquemas, é também de valor prático na avaliação de previsões realizadas com modelo e suas aplicações.

É conveniente e útil para a compreensão da qualidade de uma previsão, numa análise mais atenciosa, a noção probabilística associada com a sua determinação. Recentemente, têm-se desenvolvido formas probabilísticas baseadas na noção de que a distribuição conjunta de previsões (denotada por  $f$ ) e observações (denotada por  $x$ ),









tomada aqui como  $p(f, x)$ <sup>30</sup>, contém tudo da informação, independente do tempo, para avaliar a qualidade de previsão (MURPHY e WINCLER, 1987).

De uma maneira simples, pode-se construir uma distribuição de probabilidades  $p(f, x)$  a partir das informações obtidas diretamente das previsões e das observações realizadas, dos dados coletados historicamente nos setores de confecção das previsões. Os valores possíveis de  $f$  e  $x$  podem ser diferentes de um previsor para outro, mas de uma forma geral, os previsores ou utilizam grandezas diretamente medidas (ou calculadas) ou utilizam quadros mais abrangentes, no tempo e no espaço, como as seguintes possibilidades codificadas: 1 - céu sem nuvens (claro); 2 - céu com poucas nuvens (parcialmente nublado); 3 - céu com mais nuvens do que aberturas (nublado); 4 - céu totalmente encoberto de nuvens (encoberto); 5 - céu com nuvens e chuva (nublado com chuva); 6 - céu todo encoberto de nuvens e chuva (encoberto com chuva); entre outros.

Para fins de ilustração, o QUADRO 2.1 apresenta alguns ícones que são comumente utilizados para a caracterização visual das condições de tempo descritas acima.

QUADRO 2.1 – ÍCONES CODIFICADOS DE SITUAÇÕES DO TEMPO PARA FINS DE PREVISÃO.

	1	2	3	4	5	6
F	 <b>CÉU CLARO</b>	 <b>POUCAS NUVENS</b>	 <b>NUBLADO</b>	 <b>ENCOBERTO</b>	 <b>NUBLADO COM CHUVA</b>	 <b>ENCOBERTO COM CHUVA</b>
X	1/2/3/4/5/6	1/2/3/4/5/6	1/2/3/4/5/6	1/2/3/4/5/6	1/2/3/4/5/6	1/2/3/4/5/6

Assim,  $x$  e  $f$  poderão assumir qualquer destes valores (de 1 a 6), ou seja, podem representar quaisquer dessas seis possibilidades. Para fins de demonstração da técnica probabilística, foi tomada uma pequena amostra da seqüência de situações de cobertura do céu, previstas pelo CLIMERH e ocorridas em Blumenau, observadas na estação meteorológica de Blumenau, localizada no Campus I da FURB<sup>31</sup>. A TABELA

<sup>30</sup> Onde se lê a probabilidade de que se observe uma situação  $x$  tal que foi prevista a situação  $f$  (probabilidade condicional em  $f$ ). Por sua vez, o termo  $p(x, f)$  se lê a probabilidade de prever uma situação  $f$  tal que venha a ocorrer a situação  $x$  (probabilidade condicional em  $x$ ).

<sup>31</sup> A estação meteorológica da FURB foi inaugurada em 1984, e possui uma seqüência de dados com mais de 18 anos e poucas falhas. Desde o início da sua operação, as observações registradas têm sido confrontadas com as previsões de tempo oficiais.

2.3 exibe os valores codificados de acordo com o QUADRO 2.1. Apesar do cálculo das probabilidades de ocorrência de uma dada situação necessitar da representatividade dos dados a partir de grandes amostras, para a fins de demonstração, esta seqüência de quatro meses é bastante útil.

TABELA 2.3 – VALORES CODIFICADOS, REPRESENTANDO UMA PEQUENA AMOSTRA DA SEQÜÊNCIA DE SITUAÇÕES DE TEMPO, PREVISTO (f) E OBSERVADO (x), PARA PREVISÕES REALIZADAS PELO CLIMERH E OBSERVAÇÕES NO MUNICÍPIO DE BLUMENAU, PARA OS MESES DE JANEIRO A ABRIL DE 2003.

<b>Mês</b>	<b>Jan</b>		<b>Fev</b>		<b>Mar</b>		<b>Abr</b>	
<b>Dia</b>	<b>f</b>	<b>X</b>	<b>F</b>	<b>x</b>	<b>f</b>	<b>x</b>	<b>f</b>	<b>x</b>
<b>1</b>	5	5	5	3	5	3	5	3
<b>2</b>	5	3	5	3	5	5	5	3
<b>3</b>	3	5	2	2	6	6	5	5
<b>4</b>	5	5	2	2	6	6	5	5
<b>5</b>	6	5	5	3	2	3	5	5
<b>6</b>	3	3	5	5	5	5	2	2
<b>7</b>	2	2	5	5	5	5	2	5
<b>8</b>	2	2	5	5	5	5	2	2
<b>9</b>	5	3	5	3	5	5	5	5
<b>10</b>	5	3	5	3	5	5	3	3
<b>11</b>	5	3	5	5	5	5	2	2
<b>12</b>	2	2	5	5	5	5	2	2
<b>13</b>	5	5	5	5	2	2	2	2
<b>14</b>	5	5	5	5	2	2	3	3
<b>15</b>	5	3	5	5	5	3	5	3
<b>16</b>	5	5	5	5	2	2	2	2
<b>17</b>	5	3	5	5	3	3	2	2
<b>18</b>	5	3	5	3	3	3	5	3
<b>19</b>	5	3	5	3	3	3	5	5
<b>20</b>	5	5	5	3	5	3	5	5
<b>21</b>	5	3	5	5	5	5	3	3
<b>22</b>	5	3	5	3	2	2	5	5
<b>23</b>	6	3	5	3	2	2	2	2
<b>24</b>	2	2	5	5	5	5	5	3
<b>25</b>	2	2	5	5	5	5	3	3
<b>26</b>	5	5	5	5	5	5	3	3
<b>27</b>	5	6	5	3	5	5	2	2
<b>28</b>	5	5	5	3	5	5	5	3
<b>29</b>	3	3			5	3	5	3
<b>30</b>	5	3			5	3	5	5
<b>31</b>	5	3			5	3		

Do ponto de vista probabilístico, para avaliar a qualidade das previsões torna-se necessária a confecção de uma tabela de contingência, onde  $f$  e  $x$  são dispostos em coluna e linha iniciais, respectivamente, e as probabilidades colocadas no corpo principal, como mostrado a seguir na TABELA 2.4.

TABELA 2.4 – DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADES CONJUNTA,  $p(f, x)$ , A PARTIR DO CÁLCULO DAS PROBABILIDADES CONDICIONAIS E MARGINAIS, DOS VALORES DA AMOSTRA DA SEQUÊNCIA DE SITUAÇÕES DE TEMPO PREVISTAS ( $f$ ) PELO CLIMERH, PARA OS MESES DE JANEIRO A ABRIL DE 2003, TAL QUE FORAM OBSERVADAS ( $x$ ) EM BLUMENAU.

$f \backslash x$	1	2	3	4	5	6	$p(f)$
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	<b>0,9130</b>	0,0435	0	0,0435	0	1
3	0	0	<b>0,9090</b>	0	0,0910	0	1
4	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0
5	0	0	0,4500	0	<b>0,5370</b>	0,0120	1
6	0	0	0,2500	0	0,2500	<b>0,5000</b>	1

De acordo com os dados da TABELA 2.3, o corpo da TABELA 2.4 é calculado e preenchido com os referidos valores de probabilidade, cuja linha diagonal principal expressa as probabilidades condicionais de acerto. A boa qualidade das previsões fica refletida nos valores da diagonal principal próximos da unidade. Para o caso em demonstração, naqueles quatro meses, o sistema de previsão oficial apresentou uma qualidade razoável, na previsão para a cidade de Blumenau, em se tratando do período de verão normal (nem seco, nem chuvoso em demasia). Uma das formas de interpretar os resultados obtidos, caso correspondesse a uma seqüência grande de dados, é o de que o sistema de previsão tem boa performance na previsão da situação 2 (céu com poucas nuvens) e situação 3 (céu nublado). Todavia, uma seqüência de quatro meses não tem força suficiente para garantir, por exemplo, tais resultados da qualidade das previsões para este período sazonal. Haveria necessidade de analisar um período maior que 10 anos.

Além disso, a informação contida na distribuição em comum,  $p(f, x)$ , fica mais acessível quando  $p(f, x)$  é fatorada em distribuições condicionais e marginais, como

mostrado na TABELA 2.4, na sua sétima coluna. Estudo similar no tocante ao método estatístico adotado aqui pode ser encontrado em BROOKS e DOSWELL III (1996).

Por outro lado, a TABELA 2.3 permite também o cálculo da distribuição de probabilidade condicionada invertida, ou seja,  $p(x, f)$ , cujos valores se encontram na TABELA 2.5. Ela identifica  $p(2, 2)$  [situação de céu poucas nuvens] com 100% de acerto e  $p(5, 5)$  [situação de céu nublado com chuva] com 93,7 % de acerto. Porém, para um período de verão, é de se esperar estes resultados, tendo em vista os sistemas de tempo característicos para a região analisada.

TABELA 2.5 – DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADES CONJUNTA,  $p(x, f)$ , A PARTIR DO CÁLCULO DAS PROBABILIDADES CONDICIONAIS E MARGINAIS, DOS VALORES DA AMOSTRA DA SEQUÊNCIA DE SITUAÇÕES DE TEMPO OBSERVADAS (x) EM BLUMENAU, TAL QUE FORAM PREVISTOS (f) PELO CLIMERH, PARA OS MESES DE JANEIRO A ABRIL DE 2003.

<b>x \ f</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>1</b>	0	0	0	0	0	0
<b>2</b>	0	1	0,020	0	0,021	0
<b>3</b>	0	0	<b>0,204</b>	0	0,021	0
<b>4</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0
<b>5</b>	0	0	0,776	0	<b>0,937</b>	0,333
<b>6</b>	0	0	0	0	0,021	<b>0,667</b>
<b>P(x)</b>	0	1	1	0	1	1

O que se pode concluir das TABELAS 2.4 e 2.5 é que, as situações codificadas de 1 a 6 permitem uma limitação de eventos a serem analisados. Isso, sem dúvida, facilita a vida do previsor porque, por um lado, a sua maior preocupação será encaixar as suas observações e as suas previsões em seis quadros possíveis. Por outro lado, num período de verão, a previsão de “tempo bom com possibilidades de chuva isolada à tarde”, codificada pela situação 5, é altamente dependente das características do ciclo diurno, e este nem sempre é o mesmo de local para local. Com isso, onde choveu (de forma isolada), a previsão foi correta, e onde não choveu, ela foi errada. Associe-se a essa inconsistência, a má utilização dos termos “tempo bom” e “chuva” no mesmo texto de previsão. Por parte do usuário que deseja a informação - para, por exemplo, decidir

se troca ou não o telhado da sua casa - fica complicada a sua tomada de decisão a partir da análise do referido boletim de previsão.

No que concerne às situações regionais de segurança da população, como em períodos de estiagem ou de muita chuva, a decisão fica mais complicada ainda, uma vez que tal informação irá refletir-se na vida de um contingente muito grande, como agricultores de subsistência, moradores a jusante de represas, moradores da beira dos rios e córregos, dentre outras situações.

Portanto, a codificação de situações, por mais quadros que ela possa incluir, sempre limitará a explicação do previsor ao usuário, pois, de uma maneira formal, as distribuições estatísticas incluem as distribuições condicionais das observações, dadas as previsões  $[p(x, f)$  – uma distribuição condicional existe para cada valor de  $f$ ], as distribuições condicionais das previsões, dadas as observações  $[p(f, x)$  – uma distribuição condicional existe para cada valor de  $x$ ], a distribuição marginal das previsões  $[p(f)]$ , e a distribuição marginal das observações  $[p(x)]$ . É a totalidade da informação contida nestas distribuições que atribui qualidade à previsão, no seu sentido mais completo. E cabe ao próprio previsor tomar o cuidado de expressar em boletins claros os resultados obtidos a partir destas suas previsões estocásticas. (MURPHY, 1993)

Portanto, a perspectiva dada pela aproximação da distribuição de probabilidade revela que a qualidade da previsão é inerentemente de natureza multifacetada.

Na TABELA 2.6 são feitas definições sucintas de confiabilidade e dos outros aspectos de qualidade aqui considerados.

TABELA 2.6 – BREVES DEFINIÇÕES PERTINENTES A VÁRIOS ASPECTOS DA QUALIDADE DA PREVISÃO

Aspecto	Definição
Bias (tendência)	Correspondência entre má previsão e má observação.
Associação	Força global de relação linear entre pares individuais de previsões e observações.
Exatidão	Correspondência entre pares individuais de previsões e observações.
Destreza (Média)	Precisão de previsões de interesse relativo à precisão de previsões produzidas por padrão de referência.
Habilidade	Correspondência entre a má observação condicional e a previsão condicionada, calculando a média de todas as previsões.
Confiabilidade	Diferença de resolução entre má observação condicional e má observação incondicional, calculando a média de todas as previsões.
Agudez	Variabilidade das previsões descritas pela distribuição de previsões.
Discriminação 1	Correspondência entre má previsão condicional e observação condicionada, calculando a média de todas as observações,
Discriminação 2	Diferença entre má previsão condicional e má previsão incondicional, calculando a média de todas as observações.
Incerteza	Variabilidade de observações descrita pela distribuição de observações.

FONTE: Adaptada de MURPHY,1993

### 2.4.3 O valor como um terceiro atributo de uma boa previsão do tempo

O atributo valor de uma boa previsão do tempo relaciona os benefícios obtidos – ou os prejuízos – pelos indivíduos ou pelas organizações que utilizam as previsões como guia das suas escolhas entre as alternativas possíveis de serem seguidas.

Primeiramente, deve-se entender que as previsões não possuem valores intrínsecos. Elas adquirem valor através da sua habilidade em influenciar as tomadas de decisão pelos seus usuários. Existem vários métodos para estimar o valor de uma previsão. Eles incluem análises descritivas, envolvendo estudos do comportamento da sensibilidade dos usuários pela informação do tempo apresentada e análises perspectivas, baseadas em modelos analíticos de decisão ou econométricos (KATZ e MURPHY, 1993). Além disso, o valor de uma previsão pode ser medido numa

variedade de unidades diferentes. Entre elas está a unidade monetária, que é, de uma forma geral, a principal delas.

A valoração das previsões do tempo tem sido feita a partir da análise das diversas atividades que, potencialmente, necessitam dela, afora os setores que realizam previsões de enchentes, como benefícios no setor da agricultura e do abastecimento (previsão de safras, operações de irrigação, aplicação de adubos e defensivos agrícola, índice de secas, entre outros); benefícios ao meio-ambiente (previsão de chuva ácida, monitoramento do transporte de materiais radioativos aéreos em acidentes nucleares, monitoramento do transporte de aerossóis e gases produzidos por queimadas, previsão de chuva sobre áreas de risco de erosão ou desbarrancamentos, e qualidade da água, efeitos de ilha de calor urbana e alterações climáticas); benefícios ao setor de transportes (operação de aeroportos e portos, navegação marítima, fluvial e aérea, e transporte terrestre); benefícios ao setor elétrico (previsão de carga no sistema de distribuição, operação energética e elétrica, manutenção do sistema, entre outros), benefícios à segurança da população (sistemas de alerta em caso de inundações, Defesa Civil e seguros); benefícios ao setor de saúde (saneamento urbano, controle de doenças e monitoração da proliferação de endemias); benefícios ao setor de obras (construção civil, planejamento arquitetônico, estrutural e urbano, manutenção dos serviços públicos), e benefícios ao lazer e ao turismo. Portanto, a relação de reais usuários das previsões do tempo é extensa, cada atividade com as suas responsabilidades e, dependendo da situação, a desinformação pode gerar riscos à população e aos serviços. (PESSOA *et al.*, 1992).

Um aspecto importante neste contexto é a distinção entre aproximação posterior e aproximação anterior para a definição do valor da informação. A aproximação posterior consiste em determinar o valor real das previsões, após as previsões e observações serem disponibilizadas. Nesta aproximação, as previsões são tomadas com o valor conhecido, no sentido de que é presumido que os usuários baseiam as suas decisões na informação tal como especificada nas previsões. Portanto, a estimativa posterior da previsão avalia um conjunto de previsões que foram feitas no passado.

Por sua vez, a aproximação anterior consiste na determinação do valor esperado das previsões, antes delas e das observações serem disponibilizadas. Esta aproximação é consistente com os métodos de análise-decisão em problemas de tomadas de decisão, como pode ser encontrado em WINKLER e MURPHY (1985). Ela

envolve uma preocupação com a recalibração das previsões, com base nas observações. Isto é, presume-se que o tomador de decisão baseia a sua escolha de um curso de ação ótimo sobre as distribuições condicionais das observações, analisando, por exemplo, uma tabela similar à TABELA 2.4, dadas as possíveis previsões. Portanto, as estimativas de valor da previsão do tipo anterior relacionam o valor (esperado) de um conjunto de previsões que podem ser feitas no futuro.

A partir desta perspectiva, talvez a mais importante consequência prática das diferenças entre estas duas aproximações relacione estas estimativas do valor da informação entre elas mesmas. Na aproximação posterior, o valor da previsão pode ser positivo ou negativo, com previsões de muito alta qualidade, geralmente assumindo o valor positivo, e previsões de muito baixa qualidade, possivelmente assumindo valores negativos. Todavia, na aproximação anterior, o processo de recalibração transforma as previsões de baixa qualidade em previsões de alta qualidade. Como um resultado disso, o valor da previsão na aproximação anterior é sempre não-negativo. (MURPHY, 1985)

Recentemente, a maioria dos estudos do valor das previsões de tempo e/ou clima foram baseados na aproximação anterior, segundo WINKLER e MURPHY (1985) e WINKLER *et al.* (1983). Neste contexto, quatro pontos determinantes do valor têm sido identificados: (a) os cursos de ação disponíveis para o tomador de decisão; (b) a estrutura associada com os custos e os benefícios da previsão do tempo e a tomada de decisão; (c) a qualidade da informação usada como base de tomada de decisão na ausência das previsões disponíveis; e (d) a própria qualidade das previsões. Uma vez que os pontos determinantes (a) e (b) relacionam as previsões em si com as características do problema de tomada de decisão (e/ou o próprio tomador de decisão), o valor da previsão geralmente varia de problema para problema e de usuário para usuário. (HILTON, 1981)

Por exemplo, as estimativas de valor da previsão geralmente diferem entre usuários que, embora, confiem nas mesmas previsões, enfrentam problemas de tomada de decisão com características diferentes (i. e., diferentes conjuntos de ações e/ou diferentes cálculos de custo/benefício).

O fato da qualidade da previsão ser um fator determinante do valor de uma previsão é, até certo ponto, uma grande surpresa, porque na atualidade, a literatura não tem apresentado esta relação de forma clara, pois as instituições previsoras têm cada qual a sua forma de operação e elas mesmo escolhem os parâmetros que irão incorporar os seus sistemas de avaliação. Entretanto, os fatores determinantes (c) e (d), tomados



juntos, evidenciam uma importante, mas às vezes encoberta, característica das estimativas do valor da previsão. Estas estimativas representam os benefícios incrementais liberados pelos usuários quando as suas decisões são feitas com a ajuda das previsões. Entidades agrícolas como cooperativas e empresas que prestam serviço de Extensão Rural se apóiam numa determinada estrutura, interna ou externa (via convênio ou parceria), ou seja, num determinado órgão previsor com o qual mantêm relações de responsabilidade e confiança.

No caso dos usuários, cujas análises de custo/benefício são lineares, no tocante ao benefício (ou custo) monetário, esses benefícios incrementais são medidos como a diferença entre o que os usuários esperam e o que eles recebem, quando decisões são tomadas com e sem as previsões. Esta é uma forma comum de avaliação.

Portanto, um conjunto singular de previsões pode levar a valores estimados bastante diferentes, mesmo no caso de dois usuários individuais com o mesmo problema de tomada de decisão, se esses usuários têm acesso a diferentes tipos de informação na ausência das previsões. De fato, a disponibilidade de informações de diferentes fontes, que não sejam previsões, como dados de temperatura ou de ocorrência de chuva em regiões cujo tempo está reconhecidamente correlacionado e com atraso temporal ao tempo do local em questão, significa que as escalas de valor dos tomadores de decisão para com a previsão possuem pontos diferentes de zero. Seus investimentos na aquisição de previsões de tempo confiável passam a ser uma garantia maior de eliminação de surpresas e riscos.

Recentemente, vários estudos prescritivos de valor das previsões de tempo e/ou clima foram realizados, sendo que alguns deles como KATZ e MURPHY (1997), envolvem problemas protótipos de tomadas de decisão, tais como situações de análise da relação custo/benefício. Outros como BROWN *et al.* (1986), KATZ *et al.* (1982), MJELDE *et al.* (1988) e WILKS e MURPHY (1986) abordam problemas de tomadas de decisão de situações como a geada na fruticultura, o rodízio de culturas, a produção de milho, e também, situações de escolha do plantio.

Apesar disso, estes estudos têm apenas se aproximado do extenso corpo de usuários reais e potenciais de tais previsões de tempo e clima. Para contornar essa situação, estudos prescritivos desse tipo deveriam ser acompanhados, sempre que possível, de análises descritivas, nas quais os procedimentos de processamento da informação e tomada de decisão de usuários individuais da área agrícola, por exemplo, são monitorados e avaliados no próprio campo. Entre outras coisas, análises descritivas

fornecem informações que podem ser usadas para avaliar os modelos e suposições nas quais os estudos prescritivos – e as estimativas anteriores do valor da previsão – são baseados. Mas isso, no dia-a-dia, ainda está longe de se estabelecer como prática.

Sem dúvida, o valor não está sob controle do previsor. Os fatores determinantes do valor da previsão revelam que eles são influenciados por várias características dos problemas de tomada de decisão dos próprios usuários (i. e., cursos de ação, análises de custo/benefício, informação disponível na ausência de previsões), bem como, pela qualidade. Portanto, um previsor pode não fazer mais do que a sua tarefa, que é a de fornecer as melhores previsões, consistentes e possibilitadas pela sua base de conhecimento e seus julgamentos. Tais previsões podem alcançar níveis relativamente altos de valor no caso de alguns usuários, mas, para outros usuários (com características diferentes de problemas de tomada de decisão), tais previsões podem ter pouco ou nenhum valor.

O que se pode ver aqui é que as avaliações desenvolvidas nos sistemas de produção de previsões de tempo no âmbito das instituições se limitam à verificação dos resultados após o confronto com as observações do dia seguinte, com base nos resultados dos modelos numéricos, sendo que algumas delas analisam também a destreza desses modelos. A resistência em desenvolver a avaliação dos três atributos analisados neste capítulo reside, especialmente, no pouco conhecimento e na falta de difusão desses conceitos e procedimentos; isto de certa forma está associado à forma como a Meteorologia foi construída no Brasil. A incerteza, que está presente no processo de tradução da informação do previsor para o usuário, deve ser incorporada quando dos procedimentos de avaliação da performance do SPr. Cada ator, institucional ou não, para firmar suas conclusões, organiza as informações e os termos nos quais a previsão do tempo será redigida, mantém seus contatos para referência e discussões, faz convênios para ações complementares visando à economia de recursos e de duplicidade de esforços, fazendo alianças.

O próximo capítulo apresenta uma análise das alianças e representações dos atores da Meteorologia brasileira, tendo em vista o recente avanço tecnológico da área. Podem-se encontrar, ainda, descrições da estrutura e evolução do sistema nacional de Meteorologia, das instituições e tecnologias empregadas. A base dessas informações é a “rede de atores da Meteorologia do Brasil”, que foi delineada a partir de entrevistas estruturadas.

## **CAPÍTULO 3**

### **UMA RECONSTRUÇÃO CRÍTICA DA METEOROLOGIA NO BRASIL**

Neste terceiro capítulo é feita uma reconstituição histórica das atividades meteorológicas no território brasileiro, desde as suas primeiras iniciativas de observação a nível localizado, passando pelas atividades associadas com o processo de formação e constituição das instituições especificamente criadas para tratar dessas atividades, seus conflitos e a evolução da capacidade de confecção das previsões de tempo.

As atividades meteorológicas no território brasileiro ocorreram desde as suas primeiras iniciativas de observação, em locais isolados, feitas por pessoas interessadas pela questão; as mesmas evoluíram com o processo de formação e constituição de uma rede de medição de variáveis de maior abrangência territorial e a criação de instituições para tratarem dessas atividades. Aspectos relevantes, como os conflitos e a evolução da capacidade de confecção das previsões de tempo, são aqui enfocados, bem como o recente avanço tecnológico da área.

Para compor este capítulo, foram utilizados os principais textos que abordam com detalhes e propriedade a história da Meteorologia brasileira, como SAMPAIO FERRAZ (1950) e entrevistas estruturadas com os principais atores da área. A lista dos entrevistados está no Anexo 1 e as questões norteadoras de cada entrevista se encontram no Anexo 2.

Esta história foi dividida em quatro períodos, sendo que apenas o primeiro foi delineado a partir de textos; devido à falta de trabalhos suficientes para permitir uma análise da fase contemporânea, analisou-se o desenvolvimento da Meteorologia brasileira a partir de entrevistas com várias pessoas que nela trabalham. Cada entrevistado foi indicando os próximos, de modo que 15 atores foram entrevistados.

Além desses, conversas informais com Reinaldo Haas (UFSC), Jairo Panetta (Consultor ao INPE) e Pedro Dias (IAG-USP), serviram também como fonte de informações. A forma de entrevistar foi, na sua maioria, pessoal e gravada. Para contornar a impossibilidade da entrevista pessoal de alguns atores, foi adotada a forma virtual, onde as perguntas foram passadas ao entrevistado, anexadas a uma mensagem eletrônica, e as respostas foram recebidas da mesma forma, de modo que as dúvidas e os esclarecimentos adicionais foram obtidos via telefone.

Este capítulo foi assim dividido em quatro partes, sendo a primeira subdividida em aspectos históricos obtidos a partir de textos, e a segunda de complementos a partir de informações das entrevistas estruturadas. Nas demais seções, são feitas descrições da estrutura e evolução do sistema nacional de Meteorologia e das instituições que lhe são associadas, enfatizando a tecnologia empregada. A base dessas informações foi, como já foi dito, a rede de atores da Meteorologia do Brasil, delineada a partir de entrevistas. A realizada com o Prof. Dr. Luiz Carlos B. Molion, da UFAL, foi escolhida como norteadora do texto, pelo fato dele ter apresentado respostas bastante longas, detalhadas e esclarecedoras.

### **3.1 ASPECTOS HISTÓRICOS DA METEOROLOGIA BRASILEIRA: AS PRIMEIRAS FASES**

A Meteorologia que se pratica atualmente no Brasil é fruto de muito esforço e dedicação de diversos atores passados e presentes. Pode-se dizer, de forma sucinta, que esta atividade se desenvolveu no País em fases distintas, inicialmente de forma individualista e pioneira, e posteriormente por meio de atividades institucionais e competições pessoais, sob a intensa influência de atores estrangeiros.

Uma fase embrionária, que corresponde aos passos iniciais da Meteorologia brasileira (de 1501 a 1700), pode ser caracterizada pela observação instintiva dos índios – levando-os a pressentir a influência da declinação do Sol nas condições de tempo, como os extensos períodos de estiagem, de chuvas e eventos de ventos fortes – e dos primeiros colonizadores.

Desde a época do descobrimento, e já por volta de 1501, observações individuais do tempo eram feitas pelos portugueses que aqui chegaram, utilizando os instrumentos de medidas da época e anotando os dados e fatos interessantes

relacionados com a atmosfera e o céu (SAMPAIO FERRAZ, 1950). Seus objetivos eram bastante práticos, visto que eles precisavam conhecer as condições do tempo nestas terras até então estranhas, para se prevenir e poderem navegar com maior segurança.

A necessidade de conhecimento do estado da atmosfera estava relacionada com as atividades agrícolas, como as possibilidades de plantio e colheita, bem como com o desbravamento de terras a partir do litoral, interior adentro. Daí surgiu a prática de manter observações em determinados locais estratégicos, tanto no interior como no litoral, por conta de travessias cada vez mais freqüentes entre as duas regiões. Com a chegada de portugueses e outros europeus, de uma forma geral, interessados em conhecer a “nova terra”, a sobrevivência por aqui gerou uma necessidade cada vez maior de informações das condições do tempo.

Aos poucos, cada vez mais as pessoas mais cultas, e cientistas mesmo foram tendo oportunidade de iniciar estudos de clima, apesar de serem realizados em pequenas e restritas regiões. A este período, correspondem as primeiras observações meteorológicas de Georg Markgraf [1610-1644] e a primeira dissertação climatológica de Guilherme Piso [1611-1678]. Todavia, do ponto de vista, mais propriamente científico, muitos autores situam o início da Meteorologia brasileira em 1781, a partir dos trabalhos dos astrônomos portugueses Bento Sanchez Dorta e Francisco de Oliveira Barbosa, como é mostrado a seguir.

*“Pelos registros históricos, pode-se dizer que a Meteorologia Brasileira teve origem, cientificamente, a partir de 1781, com o início de campanhas de medidas meteorológicas realizadas no Rio de Janeiro e em São Paulo, pelos astrônomos portugueses Bento Sanchez Dorta e Francisco de Oliveira Barbosa... Sanchez, que se encarregou principalmente das medidas meteorológicas, utilizou os seguintes instrumentos de medida: barômetro, termômetro, udômetro e agulha magnética<sup>32</sup>”.* (MARQUES, 1995, p. 1)

O que se constata é que essas primeiras etapas da vida brasileira tiveram uma Meteorologia produzida pelos esforços individuais e isolados dessas pessoas. Somente por volta de 1808, com a chegada da família real portuguesa ao Brasil e a abertura dos portos é que o intercâmbio entre pessoas de diversas nacionalidades, negociantes, empreendedores e naturalistas fez com que houvesse uma preocupação institucional

---

<sup>32</sup> “A maior parte dos instrumentos foi fabricada na Inglaterra com a participação de um português radicado em Londres desde 1764, chamado João Jacinto Magalhães”. (MARQUES, 1995, p. 2)

para com a Meteorologia. A partir de então, a Marinha passa a ser responsável pelas atividades nesse campo.

Os primeiros nomes de destaque da área meteorológica neste período foram os dos 1<sup>os</sup>-Tenentes da Marinha, Tancredo Burlamaqui e Américo Brasília Silvado, pioneiros a quem se atribui a primeira proposta de que se tem registro para a criação do primeiro serviço meteorológico oficial no Brasil, a Repartição Central Meteorológica, no Ministério da Marinha, em 1888.<sup>33</sup>

Por volta de 1892, Burlamaqui apresentou um plano de distribuição e equipamentos das estações meteorológicas para uma melhor organização do serviço meteorológico. Neste período, destacou-se no Observatório Nacional do Rio de Janeiro o pesquisador Henrique Morize<sup>34</sup>, que tinha interesse pela climatologia brasileira, tendo publicado o **Esboço duma climatologia do Brasil**, “*firmando-lhe a reputação no campo das ciências atmosféricas*”. (SAMPAIO FERRAZ, 1950, p. 250).

Mesmo assim, um balanço pouco otimista da Meteorologia do século XIX é feito por SAMPAIO FERRAZ (1950, p. 243):

*“no Brasil, a evolução [da Meteorologia] é mais lenta e sempre retardada em relação aos ganhos no estrangeiro. No séc. XIX, e muito mais acentuadamente em seus últimos quarenta anos, evidenciara-se, exclusivamente, o interesse climatológico, o mais elementar e acessível, denunciado pela atividade, muita vez efêmera, de numerosos postos meteorológicos modestos, disseminados em pontos dispersos de nosso vasto território”.*

Em 1909, é criada a Diretoria de Meteorologia e Astronomia no Ministério da Agricultura com base no Observatório Nacional, que deu origem ao atual Serviço Nacional de Meteorologia (INMET). De acordo com MARQUES (1995, p. 3),

*“este serviço, criado por iniciativa de Morize, absorve as redes da Marinha e do Telégrafo Nacional. O programa da nova Instituição, em realidade, ainda não estava à altura daquele preconizado pelo plano de Burlamaqui e defendido por Silvado, mas teve o grande mérito de criar as condições para a imediata ampliação da rede climatológica nacional, com a aquisição dos equipamentos modernos”.*

Em 1917, o engenheiro Joaquim de Sampaio Ferraz organizou os primeiros mapas sinóticos e inicia um serviço de previsão de tempo no Brasil, abrangendo apenas o então Distrito Federal<sup>35</sup> e o então estado do Rio de Janeiro<sup>36</sup>. Mas, havia dificuldades

---

<sup>33</sup> Em 1890, Tancredo Burlamaqui já havia apresentado, via Marinha, no Rio de Janeiro, o *Projeto de Reorganização para o atual Serviço de Meteorologia*. Cópia deste projeto pode ser encontrado em SILVADO, A. B. (1912), na Biblioteca do INMET, no Rio de Janeiro.

<sup>34</sup> Para mais detalhes sobre o cientista Henrique Morize e algumas das suas controvérsias, ver Nunes (1998).

<sup>35</sup> O Distrito Federal naquela época situava-se na cidade do Rio de Janeiro, no então estado da Guanabara. Em 1960, o DF foi transferido pelo presidente Juscelino Kubitschek de Oliveira

para o desenvolvimento da ciência meteorológica, enquanto esta área estivesse atrelada, como estava, à Astronomia. A Meteorologia naquela época se limitava à expansão e manutenção da rede de observações climatológicas e à previsão de tempo em escala reduzida. Assim, por proposta sua e apoiada pelo então Ministro da Agricultura, Simões Lopes, em 1921 foi feito o desmembramento do Observatório Nacional, criando-se a Diretoria de Meteorologia. (SAMPAIO FERRAZ, 1945)

Entre 1933 e 1938, registrou-se uma fase difícil na Meteorologia nacional, devido aos fatos políticos importantes da época, como a centralização do poder institucional no então Presidente da República, Getúlio Vargas, por ocasião do chamado “Estado Novo”, e a Segunda Guerra Mundial, quando houve até um desaparecimento temporário da Diretoria de Meteorologia. Somente por volta de 1941 e 1942 é que houve uma retomada nas discussões e tomadas de decisão a respeito de um “sistema nacional de previsão de tempo”. Assim, em 1943 foi criado o Serviço Meteorológico Aeronáutico, no recém-criado Ministério da Aeronáutica.

*“O período de 1938 a 1942 serve de bom exemplo para o quadro que melhor tem caracterizado a nossa Meteorologia até os dias atuais. Em momento algum o serviço meteorológico oficial logrou evoluir organicamente, sofrendo alterações constantes, fruto de circunstâncias de momento e de avaliações superficiais”. (NEIVA, 2000, p. 13)*

A confecção da previsão do tempo passou a ser uma das suas principais tarefas; somente após 1945, deu-se ênfase ao avanço na elaboração do conhecimento científico, à realização de estudos teóricos e aplicados, numa crescente elaboração de explicações dos fenômenos atmosféricos para objetivos finais de uma previsão do tempo cada vez melhor. Na época, já havia um grupo maior de atores que apresentava uma visão de desenvolvimento sólido para a ciência meteorológica brasileira, e um setor operacional mais organizado, com a utilização de uma tecnologia parelha à do centro norte-americano e do centro europeu, de previsão do tempo.

Com efeito, após a Segunda Guerra Mundial, os países aliados experimentaram um surto de “progresso”, tendo o Brasil sido chamado a participar de diversos planos de cooperação internacional no âmbito da ONU, da UNESCO e do governo norte-americano, dentre os quais, as universidades federais, em especial a

---

para o Planalto Central, dentro do estado de Goiás, onde instalou em 21/04/1960, a capital do País, Brasília.

<sup>36</sup> O atual estado do Rio de Janeiro é o resultado da fusão, em 1966, entre o antigo estado da Guanabara, cuja capital era a cidade do Rio de Janeiro, e o antigo estado do Rio de Janeiro, cuja capital era a cidade de Niterói. Com a fusão, o novo estado do Rio de Janeiro passou a ter como capital a cidade do Rio de Janeiro.

UFRJ, tiveram grande apoio para a formação de pessoal. Segundo MARQUES (1995, p. 4),

*“a preocupação com a formação de pessoal em Meteorologia vem desde a década de 60, (...) Inicialmente, vários foram os professores estrangeiros que foram convidados a participação desse plano de formação e treinamento de pessoal. Mais alguns anos e sentia-se que seria necessária a participação dos até então formados naqueles cursos de formação para substituir os professores estrangeiros que participaram do primeiro curso de meteorologistas no Brasil”.*

A preocupação com a pesquisa veio como consequência, ao se constatar que havia muitas questões em aberto na investigação científica no âmbito nacional. Nos países mais avançados, havia uma tecnologia nova à disposição dos profissionais da Meteorologia e percebeu-se que, de alguma forma, esta deveria ser trazida para o Brasil. O pensamento da época era de que a questão operacional se revestia de uma importância muito grande, pois daí adviriam os resultados do avanço tecnológico e das pesquisas científicas, na tentativa de oferecer melhores serviços à sociedade. Por outro lado, algumas pessoas consideravam que a operação meteorológica deveria ser encarregada, prioritariamente, de oferecer mais e melhores dados para serem aplicados na pesquisa científica. Isso requeria formação de pessoal, tarefa à qual se dedicaram alguns cientistas da área, dentre os quais pode-se destacar Jesus Marden dos Santos.

Com efeito, de acordo com MARQUES (2000, p. 33), *“Dr. Jesus Marden dos Santos, na época Diretor Geral do INMET, pesquisador de grande vivência e com sua aguçada perspectiva no futuro, foi um entusiasta [da formação de pessoal para a pesquisa científica] ...”.*

De fato, Marden foi o criador do primeiro curso superior de Meteorologia no Brasil, em 1962, na Universidade Federal do Rio de Janeiro, tendo estabelecido um certo paradigma para a fundação de outros cursos de Meteorologia (em Pelotas, na Paraíba, no Pará, e em Alagoas) e ao mesmo tempo, estimulado as pesquisas científicas. Ele foi também um grande reformador das estruturas operacionais, melhorando consideravelmente a qualidade das previsões de tempo.

Outro ator muito importante para a formação de pessoal técnico e de nível superior na área meteorológica foi Fernando de Mendonça, primeiro diretor do INPE, no final da década de 60. Embora não sendo meteorologista, ele teve a visão de criar as condições para o desenvolvimento de atividades meteorológicas no INPE, formando as bases para o atual estágio de ensino e pesquisa naquela instituição. Isto teve repercussões nacionais e internacionais, pela sua visão de modernidade e de



disseminação de idéias inovadoras, principalmente nos campos da Meteorologia por Satélite e da Previsão Numérica do Tempo.

Após 1964, o mundo experimentou extraordinárias evoluções técnicas em vários campos do conhecimento humano, que afetaram positivamente o desenvolvimento da Meteorologia<sup>37</sup>. Entre elas, destacam-se as telecomunicações, a informática e os equipamentos de observação (satélites, radares, telemetria e sondadores). Esta evolução foi acompanhada no Brasil pelo desenvolvimento de novas técnicas de processamento de dados, modelos numéricos de previsão de tempo e clima, e tratamento de imagens digitalizadas. A expansão sofisticada de ampla faixa de atividades econômicas e sociais levou a uma demanda muito grande por produtos meteorológicos, com detalhes, e detentores de uma confiabilidade cada vez mais crescente. Isso incentivou a expansão dos cursos de formação de meteorologistas, a especialização por meio da pós-graduação e a realização de pesquisas científicas e tecnológicas. Os serviços operacionais precisaram se modernizar para poder acompanhar esse rápido desenvolvimento.

No tocante à pesquisa científica, sempre houve contribuições pessoais, importantes na indução do entendimento da atmosfera nas regiões brasileiras, que marcaram época. Dentre as mais importantes, estão as de Adalberto Serra e Leandro Ratisbona. Estes atores da Meteorologia brasileira desenvolveram estudos dos métodos de análise e de compreensão dos fenômenos atmosféricos, bem como das conseqüências dos fenômenos, como as secas e as enchentes.

*“... mercê de conhecimento mais apurado da circulação atmosférica, lograram os dois autores uma primeira e valiosa aproximação no sentido duma solução etiológica, se assim podemos expressar, do problema dos regimes pluviométricos de nosso país, ou talvez, mais rigorosamente, o condicionamento preparatório e imprescindível do grande problema [do regime de secas e enchentes]”.* SAMPAIO FERRAZ (1950, p. 259)

Adalberto Serra foi de grande importância por seu aprofundamento produtivo, organização e análise dos dados coletados, e por sua explicação de fenômenos importantes que ocorriam no território brasileiro, agregando essas análises ao acervo meteorológico nacional. Registraram-se trabalhos seus sobre a previsão das secas nordestinas, sobre friagens, sobre os “sistemas de tempo” atuantes sobre o Brasil, tendo sido o autor do Atlas de Precipitação Pluviométrica sobre todo o trópico, entre outras realizações. Em 1986, já aposentado, sua preocupação se concentrou no aumento do

---

<sup>37</sup> Para maiores detalhes, ver MARQUES (2000).

efeito estufa, tendo publicado na época um artigo sobre este assunto, que ainda permanece como um problema de grande polêmica mundial. (SERRA, 1987)

O último grande avanço na área meteorológica, no Brasil, na fase científica, foi o acesso pelo InPE às informações dos satélites meteorológicos, colocados em órbita ao redor da Terra pelos norte-americanos, a uma altitude de 36.000 km, proporcionando imagens a cada 30 minutos, cobrindo cerca de 70% do globo terrestre<sup>38</sup>.

No quadro desta evolução, foi-se constituindo um sistema nacional de Meteorologia, que mesmo sem uma existência formal, isto é, institucionalizada, hoje articula uma série de instituições e atores, responsáveis pela prática da Meteorologia no País.

### **3.2 A CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA NACIONAL DE METEOROLOGIA NA VISÃO DOS PRINCIPAIS ATORES: A REDE SOCIOTÉCNICA**

Não é uma tarefa fácil definir o que seria hoje o sistema nacional de Meteorologia. Na verdade, se ele parece existir de fato, ele não existe de direito. O que se constata é uma percepção relativamente generalizada da sua existência. Além disso, é digno de destaque o fato de que na Constituição de 1988, em vigor atualmente no País, não consta o termo meteorologia em lugar algum. No entanto, os principais meteorologistas, tanto os cientistas como os técnicos, divergem quando se trata de definir as atribuições, a abrangência e as colaborações que se estabelecem entre as várias unidades que o constituiriam. A Sociedade Brasileira de Meteorologia, na tentativa de dar uma definição comum do que poderia ser tal sistema, apresentou uma proposta de “Lei Meteorológica”<sup>39</sup>, que foi pouco debatida e portanto não vem sendo levada em conta.

Diante disso, para tentar delinear os limites desse sistema, decidiu-se entrevistar alguns dos atores mais representativos da Meteorologia nacional. As entrevistas realizadas com os mesmos configuram o que mais se aproxima de uma idéia

---

<sup>38</sup> O primeiro satélite com a finalidade de se posicionar de forma geoestacionária e assim enviar imagens do planeta para a superfície, e que tinha especificamente a finalidade de apoiar a área meteorológica, foi lançado pelos EUA em 1967.

<sup>39</sup> A Sociedade Brasileira de Meteorologia, na tentativa de dar uma definição comum do que poderia ser o sistema nacional de Meteorologia, apresentou uma proposta de “Lei Meteorológica”, que pode ser vista no Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia, vol. 16, n.º. 2, abril/maio/junho de 1992, p. 8-12. E mais recentemente, em 2002, houve um processo nesse sentido.

definidora do sistema. Para ser coerente ao referencial metodológico adotado, a melhor maneira que se encontrou para explicá-lo foi dando voz aos atores<sup>40</sup> (LATOURE, 2000).

Carlos A. Nobre imagina que o sistema *"deve promover coordenação entre uma multitude de órgãos meteorológicos no âmbito dos governos federal, estaduais, municipais, iniciativa privada e promover o uso das informações meteorológicas pela sociedade"*.

Todavia, Luiz Carlos Austin assim definiu: *"o sistema nacional de Meteorologia é a congregação de órgãos que dependem da Meteorologia e dos que fazem a Meteorologia. Sua postura deve ser nacionalista, 'olhando o País' e não individualmente. Também [deve ser] voltado para a Segurança Nacional."*

Por sua vez, Valdo Marques entende que

*"o sistema nacional de Meteorologia é um conjunto de instituições dedicadas às diversas atividades meteorológicas (operações, ensino e pesquisa), atuando regionalmente ou nacionalmente, sem regras fixadas em lei ou qualquer outro instrumento jurídico... Este sistema funciona na atualidade, sem uma coordenação nacional, onde os atores realizam seus trabalhos e elaboram seus planejamentos estratégicos ao sabor de suas necessidades próprias. O único ponto de encontro de importância e de conferência do desenvolvimento científico e tecnológico tendente a orientar as ações estratégicas e o direcionamento de pesquisas e a melhoria operacional, são as versões bianuais do Congresso Brasileiro de Meteorologia... A recente criação da Comissão Nacional de Meteorologia, retomando as idéias da antiga comissão com o mesmo nome, talvez seja um passo importante para o estabelecimento de mecanismos de coordenação da Meteorologia brasileira. Entretanto, a posição da Sociedade Brasileira de Meteorologia é no sentido de se criar uma Agência Brasileira de Meteorologia"*.

Fernando Pimenta Alves também concorda com a idéia de haver *"um órgão central responsável pela obtenção e divulgação dos dados básicos para a operação e serviços meteorológicos especializados às várias atividades humanas e às universidades para o desenvolvimento da pesquisa meteorológica."*

Jesus Marden dos Santos também pensa assim, apesar do *"processo de amostragem do Sistema estar em pleno desenvolvimento e com muitos problemas políticos, financeiros e pessoais a serem resolvidos."*

Todavia, Eugenio Neiva acha discutível a organização de um sistema *"que abrangesse os órgãos governamentais prestadores de serviço – tanto no nível federal como no estadual e municipal –, as instituições de ensino e pesquisa, as redes de coleta de dados, as redes de disseminação de informações, etc."*.

---

<sup>40</sup> Ver Anexo 1, para conhecer os seus dados profissionais.

Para Luiz Carlos B. Molion, o sistema existe, mas não tem uma organização. Perdeu muita força, está desorganizado<sup>41</sup>. *"Cada empresa agropecuária tem uma rede de coleta de dados, as companhias elétricas têm uma rede, o INMET tem a dele. Então, essa falta de coordenação leva à duplicação de esforços, e claro está que ainda existe uma certa briga, de poder de decisão, de poder, de quem é quem"*.

Por sua vez, Divino Moura vê o sistema como *"um ente um pouco abstrato, mas muito utilizado. Seria o conjunto das instituições e ações necessárias para a condução da Meteorologia em todos os seus aspectos"*. Para ele, este conjunto seria formado pelo *Serviço Meteorológico* (INMET), que é o responsável para prover o País com os dados, as previsões, os alertas, elementos básicos para o bem estar da sociedade brasileira. Possui uma missão ampla e definida em estatuto. Tem responsabilidade legal, em vista dos riscos que os usuários das informações e previsões podem incorrer no seu uso, sendo de sua responsabilidade, a rede básica de coleta de dados para a previsão. Ainda segundo ele, além da parte operacional, no sistema deve haver a participação de representantes da *Pesquisa*, daqueles que trabalham com a evolução da Meteorologia como ciência, que é uma atividade que

*"requer um continuado esforço para o melhor entendimento dos fenômenos, sua possível previsão, evolução de métodos e modelos de previsão, a visão completa do ambiente, das mudanças globais, da evolução natural e antropológica do clima e assim por diante... O setor de pesquisa é importante para manter o vigor e a participação de pesquisadores brasileiros em fóruns internacionais e representação em comissões e grupos de trabalho em organismos e instituições internacionais (programas tipo CLIVAR, GEWEX, LBA, IPCC, GOOS, ....)"*.

Para ele, o sistema deveria se preocupar também com a formação de pessoal, *"para garantir o nível, continuidade e quantidade de pessoal em todas as atividades necessárias no País"*. E com respeito à coleta de dados, esta deveria ocorrer de forma diversificada, via *"meios não-convencionais por satélites, radares, bóias automáticas nos oceanos, além daquelas por meio in situ (normalmente feitas pelo serviço nacional e ... serviços regionais)"*.

Divino Moura vê ainda a necessidade do sistema em se preocupar com a

---

<sup>41</sup> Com relação à eventual criação de uma agência centralizadora, Molion considera que *"na hora que se cria uma agência dessas, quem gerenciar essa agência não pode fazê-la pender mais para um lado do que para o outro. Até pode! Sempre existe essa possibilidade. Mas a gente espera que com o passar do tempo, as pessoas comecem a se conscientizar de que elas não devem receber os seus interesses pessoais e sim que ela está a serviço de algo maior. Pode lavar um certo tempo para acontecer. Não vou dizer que não aconteça, que nesse País tudo acontece! Acontece muito! Acontece muito! Mas isso não é só privilégio nosso não. Existem grandes manobras nos Estados Unidos, na França, na Inglaterra, quem é quem, quem vai assumir o quê; dá briga entre os próprios institutos de pesquisa ..."*.

*"modernidade em termos de sistemas de super e hiper computação, necessários para a integração dos componentes do sistema completo (oceano-atmosfera-processos de superfície, ...) e também, para a modelagem de todo o sistema, incluindo os aspectos oriundos das ciências sociais, econômicas, além do sistema físico. - Modernidade em termos de sistema de observação".*

Para Hilton Silveira Pinto, o sistema

*"deveria ser um sistema descentralizado que se ocuparia da Meteorologia do País mas de forma a atender regionalmente a demanda de informações. Cada região teria suas características próprias de previsões meteorológicas e climáticas e não apenas a divisão através de DISMEs como atualmente. O CPTEC/INPE e o INMET deveriam ser transformados em uma instituição única, onde as atividades de Agrometeorologia seriam desempenhadas pelo INMET."*

Essa pouca solidificação de um sistema parece ser reflexo das decisões políticas e iniciativas tomadas em períodos de curta duração, 10 a 20 anos no máximo, ora modificando, ora recriando ministérios e instituições, com dependência direta da esfera federal. Historicamente, o engajamento dos atores ao sistema ocorre muito lentamente ou, por vezes, não ocorre. Os altos e baixos na balança comercial do País e a contingência dos recursos financeiros, entre muitos outros fatores socio-econômicos, não têm permitido que se cumpram os planejamentos de médio e longo prazo. Isso tem induzido, de forma indesejável, ao paralelismo de atividades, em órgãos diferentes do mesmo governo, por oportunismo no desequilíbrio de forças e intensidades nos ramos da rede.

É bem verdade que iniciativas legislativas e também do Executivo têm sido propostas para a área da Meteorologia, como é o caso da especificação simples numa rubrica do orçamento da União, do item Meteorologia. Isso indica que os gastos com pessoal, materiais, equipamentos, investimentos, e todos os outros, podem ser enumerados ali e dar, no final do ano, a noção de quanto se gasta nesta área no País. Mas, segundo Ariel Pares, *"isso ainda não tem-se mostrado suficiente para o planejamento e a gestão orçamentária da Meteorologia no Brasil"*. Quando se procura estimar, a verba utilizada para a chamada "modernização" da Meteorologia brasileira, grande parte dela fica diluída em rubricas internas como "equipamentos de informática", "materiais de consumo", "material de escritório", e outras mais, não permitindo a explicitação clara dos reais valores que se tem investido nas últimas duas décadas.<sup>42</sup>

---

<sup>42</sup> Com referência aos gastos em Meteorologia especificamente na década de 90, Ariel Pares afirma que *"algo em torno de 120 milhões de dólares é o que se apresenta no Ministério do*

A partir das entrevistas, porém, chegou-se a um conjunto de atores que de uma forma clara se organizam numa rede sociotécnica, a qual pode ser considerada como o sistema nacional de Meteorologia não institucionalizado. Esta rede está sintetizada no QUADRO 3.1. Para elaborá-lo, seguiu-se a orientação teórico-metodológica proposta por Latour e adotada no presente trabalho (LATOURE, 2000), a fim de evitar cair no determinismo tecnológico. Seguindo esta orientação, como já foi dito na Introdução, uma rede sociotécnica é composta por atores humanos e não-humanos. No caso, os atores humanos são os cientistas e técnicos mais relevantes da comunidade meteorológica brasileira, apontados por membros dessa mesma comunidade nas entrevistas; os não humanos são os artefatos técnicos, sem os quais a Meteorologia não existiria, mas que sozinhos são incapazes de garantir a eficiência de um sistema. A esse modelo, agregou-se aqui os atores institucionais, espécies de nós da rede maior ou subredes, que também funcionam com base na associação de humanos e não-humanos. Dentre estes, destacam-se o INPE e o INMET, cujas atuações serão analisadas na seqüência.

O número de entrevistas realizado foi suficiente para mostrar a existência desta rede, mesmo sabendo-se que dificilmente é possível chegar-se a uma rede fechada, porque atores entram e saem continuamente dela, de acordo com os seus interesses e as suas decisões pessoais e profissionais. Na rede, alguns atores se deslocam provisória ou definitivamente para o seu exterior, exercendo uma mínima interação com os demais atores, enquanto novos atores ingressam nela a partir de alianças fortes, como projetos de grande porte e vulto, por exemplo.

---

*Planejamento e Gestão, mas, devido aos valores embutidos, [acredita que] a Meteorologia brasileira possa ter um número maior que este".*

QUADRO 3.1 – REDE SOCIOTÉCNICA PARCIAL DA METEOROLOGIA BRASILEIRA

<b>Atores</b>		
<b>Humanos</b>		
Fernando Pimenta Alves	Pedro L.S. Dias	Roberto Calheiros
Luis Carlos Austin	Maria A. F. S. Dias	Nelson J. Ferreira
Augusto César Vaz de Athayde	Exedito Ronald Gomes Rebello	Marlene Elias
Valdo da Silva Marques	Solismar Damé Prestes	Luis Augusto Toledo
Carlos Afonso Nobre	Francisco de Assis Diniz	Paulo Artaxo
Iomar Morada	Galileo Adeli Buriol	José de Lima Filho
Lucimar Luciano de Oliveira	Eduardo Delgado Assad	Hilton da Silveira Pinto
Jesus Marden dos Santos	Paulo Nobre	Romísio G. B. André
Heliosa Moreira Torres Nunes	Flavio Miguel Schneider	Hugo Braga
Teodoro Rodrigues Teixeira	Arno Bernardo Heldwein	Hamilton Justino Vieira
Robert Freitas Caracciolo	Altino Aldo Ortoloni	Francisco Viana
Eugenio J. F. Neiva	José Gomes	Mario Benicasa
Carlos Magno do Nascimento	Ana Catarina F. Perrela	Sergio Balbuena
Paulo C. E. Etchichury	Eneas Salati	Catia Valente
Eduardo Alvim Leite	Moacir Berlato	Chou Sin Chan
Luiz Carlos Baldicero Molion	Leonardo Deane de Abreu Sá	José Paulo Bonatti
Antonio Divino Moura	Arthur Mattos	André Amaral
Prakky Satyamurty	Oswaldo Massambani	Ariel C. G. Pares
V.B. Rao	Yoshihiro Yamazaki	Homero Bergaschi
Marco Antonio Maringolo Lemes	Angelo Paes de Camargo	Nilson Augusto Villa Nova
Aziz Ab Saber	Julio Buchman	Villas Boas Ramos Leitão
Carlos Augusto Monteiro	Valdir Innocentini	Mario de Miranda
Wilbert Steinberg	José Marques	Antonio Tubelis
Orivaldo Brunini	Darci Casarin	Mario Tachini
Francisco de Assis de Souza Filho	Reinaldo Haas	Ademar Cordero
Sérgio Burgonovo	Beate Frank	Adilson Pinheiro
Dirceu L. Severo	Mário C. Oliveira	...
<b>Institucionais</b>	<b>Não-Humanos</b>	
SBMET	ESTAÇÃO METEOROLÓGICA CONVENCIONAL	
INMET	ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA	
INPE	ESTAÇÃO TELEMÉTRICA	
CPTEC	PCD	
DHN-MARINHA	RADIOSSONDA	
INFRAERO – AERONÁUTICA	RADAR	
DEPV – AERONÁUTICA	SATÉLITE	
DISMES	MICROCOMPUTADOR	
NÚCLEOS ESTADUAIS	SUPERCOMPUTADOR	
SOMAR METEOROLOGIA	ESTAÇÃO DE TRABALHO	
CLIMATEMPO METEOROLOGIA	CLUSTER DE PROCESSADORES	
UNIVERSIDADES	AEROSSONDA	
IPMET/UNESP	GPS	
EMBRAPA-CERRADOS	INTERNET	
ANA	SOFTWARES	
ANEEL	TERMÔMETRO	
CELESC	PLUVIÔMETRO	
DEOH	ANEMÔMETRO	
...	...	

A interação entre os diversos atores ocorre, pois, com variada intensidade, de acordo com suas subáreas de atuação, com o peso do ator institucional a que pertencem,

com os projetos de pesquisa desenvolvidos (fatores aglutinadores de atividades), a localidade em que vivem, e ainda, por fatores emocionais.

### 3.3 A CRIAÇÃO DO INPE

O Instituto de Pesquisas Espaciais (InPE<sup>43</sup>) foi criado em 1968 com o intuito de dotar o País de tecnologia de telecomunicações por satélite. O seu primeiro diretor foi o Dr. Fernando Mendonça, que não concebia o Instituto atuar na área da Meteorologia sem pessoas com formação em Ciências Atmosféricas e capacitadas no manuseio de ferramentas como satélites e computadores, para a análise e previsão do tempo e do clima.<sup>44</sup>

Desde então, o InPE exerceu um papel importante na rede porque introduzia tecnologias novas. Naquele mesmo ano, o Instituto já dispunha de uma estação para recepção de imagens. Chegou a implantar 20 dessas estações, espalhadas pelo País. Em 1970, aconteceu o primeiro lançamento bem sucedido de um satélite que levava a bordo uma câmara (chamada APT – *Automatic Picture Transmission*) para coletar e transmitir informações especificamente meteorológicas: imagens na faixa do infravermelho e do visível. Com a possibilidade de captar essas informações, o InPE começou a colocar esses “modernismos” todos à disposição da comunidade meteorológica, demarcando definitivamente o seu espaço na sociedade científica nacional. Na realidade, as meteorologias começaram a se transformar em função dessas tecnologias.

Assim, como afirma Molion,

*“o Mendonça, numa das suas visitas ao exterior, contactou e praticamente trouxe, da Índia, alguns meteorologistas, dois dos quais ainda se encontram lá, o Dr. V. B. Rao, e o Dr. Prakky Satyamurty (atual presidente da Sociedade Brasileira de Meteorologia – SBMET). O segundo só tinha o mestrado feito e veio a se doutorar mais tarde no*

---

<sup>43</sup> A partir de 1987, o Instituto de Pesquisas Espaciais (InPE) passou a ser denominado Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

<sup>44</sup> “Seguindo a aprovação da Estrutura regimental do MCT, em 20.12.95, através do Decreto N.º 1763, o INPE teve seu próprio regimento aprovado em 25.11.96, através da Portaria N.º 435. Conforme disposto no Art. 1.º dessa Portaria, o INPE é um órgão específico singular do Ministério da Ciência e Tecnologia. Sua principal finalidade é ‘promover e executar estudos, pesquisas científicas, desenvolvimento tecnológico e capacitação de recursos humanos, nos campos da Ciência Espacial e da Atmosfera, das Aplicações Espaciais, da Meteorologia e da Engenharia e Tecnologia Espacial, bem como em domínios correlatos, consoante política definida pelo Ministério’ (art. 3.º). De uma maneira mais abrangente, o INPE tem como missão, contribuir para que a sociedade brasileira possa usufruir os benefícios propiciados pela tecnologia espacial.” (INPE, 2001, p. 3)



*próprio InPE. Já o primeiro tinha o doutorado, uma certa experiência, mas não muita, porque ele havia praticamente recém-doutorado. Havia ainda o Dr. Yeliseth Vishwanadhan, que faleceu recentemente no INPE, e o Dr. Kioshi Sakurara, que era muito bom na parte de Matemática e, na atualidade, ainda se encontra na Instituição”<sup>45</sup>.*

Mendonça, não satisfeito, resolveu iniciar um processo indutivo de formação de pessoal no exterior, basicamente nos Estados Unidos, enviando para lá, em 1970, uma primeira turma composta por Antônio Divino Moura, Luiz Carlos Baldicero Molion, Marco Antonio Maringolo Lemes e Tarcísio Lodgi. Durante o período em que eles estavam na Califórnia, estudando a língua inglesa, combinaram que ao término daquele curso, cada um estudaria numa universidade diferente. Lodgi foi para a UCLA, mas depois desistiu e foi estudar Economia. Mas Divino Moura, Molion e Maringolo voltaram com a formação em Meteorologia: os dois primeiros como doutores, e o terceiro, como mestre.

Enquanto Divino Moura foi para o MIT, Molion foi para Winsconsin, “*em cujo edifício, metade era de gente que trabalhava com satélite e a outra metade com o restante da Meteorologia*”. Molion admite ter sofrido muita influência disso. Para um país com as dimensões do Brasil, havia uma previsão pessoal da equipe de que o satélite meteorológico seria uma ferramenta muito importante e uma *tecnologia de futuro*.

Fausto Carlos de Almeida fora para os EUA um ano antes, mas não tinha compromisso nenhum com a Instituição. Ele terminou o doutorado na mesma época que os outros: Divino Moura terminou em 1974, Molion em 1975, assim como Fausto, que não voltou naquela oportunidade; preferiu ficar lá trabalhando e só retornou mais tarde.

Quando a primeira turma voltou dos EUA, por volta de 1975, a idéia era organizar a Meteorologia brasileira no nível mais alto possível, onde o desenvolvimento de pesquisa estivesse ligado à pós-graduação. Procuraria também trazer, além de conhecimentos sólidos sobre satélites, uma metodologia que já estava começando a existir nos EUA, que era a Previsão Numérica de Tempo (PNT). O marco social que contribuiu sobremaneira para toda esta iniciativa foi a catastrófica e surpreendente geada de 1975 no Sul do País, queimando todos os cafezais do Paraná e São Paulo, gerando um prejuízo expressivo na economia brasileira. Havia, pois, um rumo a se tomar: gerar competência, através da formação de pessoal, para pesquisa e operação.

---

<sup>45</sup> Nesse sentido, Valdo Marques lembra que, naquela época, havia também “*o Professor Dixit – Ele tinha apenas o Mestrado, mas tinha status de Doutor devido à sua experiência. Ele era um excelente professor de Meteorologia Dinâmica, que faleceu em serviço, no INPE, nos anos 80*”.

Isso certamente levaria, na ponta, à realização de previsões de tempo com maior confiabilidade, utilizando metodologias, técnicas e tecnologias mais atualizadas.<sup>46</sup>

A idéia daquela turma, que era bastante jovem, foi de começar a organizar um curso, com o apoio dos demais integrantes da Instituição, dentre eles os de nacionalidade indiana. Um curso de mestrado que tivesse regras bem definidas, que não fosse um curso avulso, apenas de treinamento, como os que estavam sendo dados em várias partes do Brasil naquela época. Assim, a equipe organizou o primeiro curso de pós-graduação em Meteorologia do País.

Além disso, eles ajudaram a lançar a idéia em muitas outras universidades. Na UFRJ, já existia um curso de graduação na área e, durante muito tempo, houve uma certa falha na comunicação entre ambos os grupos. Mas, naquele mesmo ano de 1975, Molion foi para Belém do Pará, onde deu um curso para 25 pessoas arregimentadas das áreas de Agronomia, Engenharia, Matemática, entre outras. Havia um grande esforço de envolver todo aquele pessoal com a Meteorologia. O curso foi de novembro de 1975 a fevereiro de 1976, culminando com a proposta do curso de graduação em Meteorologia do Pará. No ano anterior, já estava em processo de formação o curso de graduação de Campina Grande (PB), no qual a equipe do InPE pôde contribuir. Seus primeiros docentes titulados foram alunos do InPE, como Mário Adelmo Varejão Silva, José Oribe Aragão, e vários outros. Segundo Molion, houve uma lógica no rápido crescimento do curso de Campina Grande (PB); ele *“foi muito facilitado porque, na época, o Lynaldo Cavalcante era o presidente do CNPq, paraibano também, que puxou muita brasa para a sardinha deles lá.”*

De acordo com Pedro Dias,

*“O programa de graduação em Meteorologia na USP teve início com a iniciativa do Prof. Paulo Marques dos Santos que, como [responsável] funcionário da estação meteorológica do IAG, percebeu a necessidade de um programa com a forte base teórica oferecida pela USP pudessem contribuir para a formação dos quadros docentes e de pesquisadores nas instituições brasileiras. Em meados dos anos 70, o Prof. Giorgio Giacaglia, então diretor do IAG, deu início a um programa de*

---

<sup>46</sup> Observe que, na década de 50, mesmo se o País desenvolvia uma Meteorologia mais tradicional, algumas pessoas tinham reconhecido mérito, tendo chegado até a despontar no cenário mundial, como por exemplo, Adalberto Serra e Sampaio Ferraz. Segundo Molion, *“Sampaio Ferraz publicava de igual para igual com Sir Gilbert Walker, que era chefe do serviço meteorológico indiano, na época que a Índia ainda era de domínio inglês. Quer dizer, ele era muito competente. Rattisbona também tem um artigo muito interessante sobre o clima do Brasil”*. Indivíduos fora da Meteorologia também deram suas contribuições, entre eles, Aziz Ab’ Saber e Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro (MONTEIRO, 1991).

*contratação de especialistas em Meteorologia no exterior para iniciar o programa de graduação e pós-graduação em Meteorologia. O Prof. Giacaglia logo percebeu que seria fundamental a contratação de novos docentes brasileiros e que seria fundamental que estes docentes tivessem uma formação no exterior, de forma a criar uma escola independente do INPE. Foram contratados os Profs Pedro Leite da Silva Dias e Maria Assunção Faus da Silva Dias em 1975. Em 1977 foi contratado o Prof. Oswaldo Massambani. A seqüência de contratações seguiu por vários anos e sempre tendo em vista a formação no exterior em diferentes escolas”.*

Naquela mesma época, a turma foi consultada pela USP com relação às universidades norte-americanas de ponta na área da Meteorologia, pois havia interesse do Instituto Astronômico e Geofísico (IAG) em induzir bons ex-alunos ao doutoramento na área, para a formação de seus quadros. Matemáticos como Pedro Leite da Silva Dias e Maria Assunção Faus da Silva Dias aceitaram o desafio e entraram para a área de Meteorologia. Foi-lhes sugerido que ingressassem na *Colorado State University (CSU)*, em *Fort Collins* – EUA, porque, segundo Molion, pelo que Divino Moura, Lemes e ele perceberam, nas sub-áreas da Meteorologia em que se haviam formado, existia uma lacuna que aqueles dois matemáticos poderiam preencher.<sup>47</sup>

Segundo Molion, *“eles foram para lá porque ambos eram muito bons em Matemática e Física, tendo então, toda a base para enfrentar a especialidade da CSU em Fort Collins, que na época era conhecida pela sua Meteorologia Tropical”.*

Neste aspecto, apesar de não mudar o rumo da história, há algumas controvérsias, principalmente devido a diferentes visões de ator para ator, pois, ainda segundo Pedro Dias,

*“... Não nos foi sugerido. Pelo contrário. Nós queríamos ir para a Colorado State University porque lá se fazia Meteorologia Tropical de ponta na época. Foi um dos grupos mais ativo durante o GATE. O Divino e outros do INPE sugeriam outras instituições. Na realidade, o único a sugerir alguma coisa mais concreta foi o Divino que vinha do MIT e sugeriu esta instituição. Mas nós estávamos firmes na questão tropical, e a vinda do Dr. William Gray para o Brasil em 1975 (uma visita ao CTA), foi suficiente para termos certeza do que iríamos fazer”.*

A partir disso, a equipe passou a contribuir, das mais diversas formas, para uma maior expansão dos conhecimentos meteorológicos e arregimentar alunos para o InPE. Por exemplo, em 1976, foi feita uma apresentação na Academia Brasileira de Ciências, apontando quais eram os problemas críticos do Brasil em termos de clima: a seca do Nordeste, a Amazônia e seu possível desmatamento (como é que isso iria afetar o clima?), o problema da variabilidade climática do Sudeste, que era uma região bastante

---

<sup>47</sup> Pedro Dias e Maria Assunção terminaram o doutoramento em 1979 e voltaram para o IAG/USP.

produtiva (como atacar esses distúrbios de cheias alternadas com secas?), e o Centro-Oeste, uma grande fronteira agrícola (como entender melhor o clima do Centro-Oeste e ver como é que ele poderia se inserir nesse contexto?) Assim, a apresentação mostrava quais eram as preocupações e potencialidades da Meteorologia para atacar esses problemas brasileiros.<sup>48</sup>

Seguiu-se daí, a criação dos outros cursos de graduação em Meteorologia no País, na Universidade Federal de Pelotas, em Pelotas (RS), na Universidade de São Paulo<sup>49</sup>, São Paulo (SP), e bem mais tarde, o da Universidade Federal de Alagoas, em Maceió (AL). Há que se destacar ainda a criação de dois outros cursos técnicos: o da Escola Técnica do Vale do Paraíba (São José dos Campos/SP), e o da Escola Técnica Federal de Santa Catarina (Florianópolis/SC), criado em 2000.

No INPE, procurava-se criar uma estrutura adequada à Meteorologia operacional do País. Num dos seus organogramas, reservara-se uma “caixinha” para a Previsão Numérica de Tempo; outra, para Meteorologia por Satélite. Estavam previstas também a “caixinha” da Instrumentação Meteorológica, a da Formação de Recursos Humanos e a do Radar<sup>50</sup>. Na FIGURA 3.1 é apresentado o organograma citado acima. Esta era a visão da equipe do InPE, que levou muito tempo para se concretizar. O atual

---

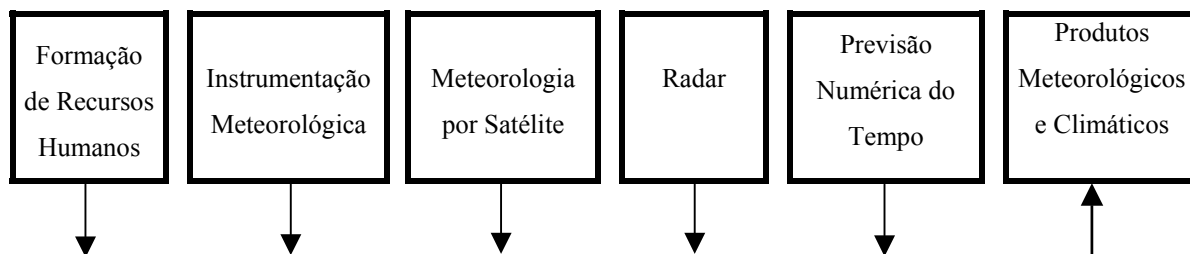
<sup>48</sup> Mesmo assim, embora naquela época já se soubesse o que era o El Niño, porque havia um pesquisador chileno conhecido, que se preocupava com tal fenômeno, na comunidade meteorológica brasileira ninguém falava dele, antes do grande evento de 1982-83. Pesquisando-se a literatura dos trabalhos anteriores a 1982-83, podem-se encontrar, no máximo umas dez referências relacionadas com o assunto. Alguns pesquisadores estrangeiros, como Caviedes, por exemplo, já sabiam há tempos que o El Niño interferia nas chuvas. Mas, desde 1983 até a atualidade, já existem alguns disponíveis na literatura internacional, milhares de artigos que falam de El Niño, muitos deles decorrentes de trabalhos de pesquisa de iniciação científica, dissertações de mestrado e teses de doutorado, desenvolvidos no Brasil.

<sup>49</sup> “A idéia da criação e implantação de um departamento para congregar as atividades de meteorologia do IAG-USP, e posteriormente um curso de graduação de meteorologia, foi consequência da existência da estação meteorológica. Esta estação foi instalada em 22 de novembro de 1932, no Parque do Estado (hoje Parque Estadual das Fontes do Ipiranga), onde na época se realizavam obras do novo Observatório Astronômico de São Paulo. A finalidade daquela estação era substituir a estação central do Serviço Meteorológico do Estado de São Paulo, que funcionava no velho Observatório de São Paulo, localizado na Avenida Paulista n.º 69, que deveria ser desativada após concluir um período de observações simultâneas, o que de fato ocorreu entre 1933 e 1936. Em decorrência das diversas modificações ocorridas com o Serviço Meteorológico de São Paulo, acompanhando as mudanças do próprio INMET, a estação meteorológica do IAG desligou-se da rede de estações que se utilizava para a confecção da previsão de tempo, permanecendo como estação isolada, direcionada para a coleta de dados climatológicos locais para fins de pesquisa” (IAG-USP, 2001).

<sup>50</sup> Em princípio, ele já existia, pois o Dr. Roberto Calheiros já estava com o Radar da UNESP de Bauru em funcionamento, e esperava integrar-se ao grupo.

INPE/CPTEC é a concretização de uma parte disso (embora a outra ainda não tenha se realizado, no caso, o Centro de Satélites), segundo Molion.

FIGURA 3.1 – DIAGRAMA PROPOSTO PARA A ESTRUTURA DA METEOROLOGIA OPERACIONAL BRASILEIRA, MONTADO PELO INPE EM 1976.



Dentre os estrangeiros que contribuíram enormemente para formar um bom quadro de pesquisadores em Meteorologia e Climatologia Sinótica no InPE, pode-se destacar o norte-americano Dr. Vernon Edgard Kousky, que veio inicialmente para o IAG-USP, onde ficou até 1977. Seu trabalho cotidiano em observação do tempo com os equipamentos disponíveis no início da década de 80, aliado à sua dedicação na formação e treinamento de pessoal em análise e interpretação de imagens obtidas de satélites, permitiu o desenvolvimento tecnológico de uma Unidade de Análise de Imagens (UAI) de satélite. Este equipamento, apesar de ser relativamente bem aceito, por ser de alto custo para a época foi difundido apenas entre poucas instituições da comunidade meteorológica. A interpretação de imagens de satélite, com as técnicas e tecnologias de processamento de dados apropriadas (apesar de limitadas), propiciou trabalhos muito profícuos sobre a evolução e propagação de brisas no Nordeste, sobre a classificação e quantificação dos tipos de regimes de chuva no Nordeste, sobre geadas no Sul, entre outras possibilidades.

Por sua vez, Jerome Namias foi outro norte-americano que contribuiu muito, com os seus trabalhos sobre mecanismos de teleconexão (NAMIAS, 1972), em que propunha a relação de fenômenos de grande escala em locais afastados, como a precipitação sobre o Nordeste. Na atualidade, os estudos brasileiros com esse enfoque, de natureza teórica, podem ser vistos apenas nos artigos de Alice M. Grimm, Pedro L. da Silva Dias e Tércio Ambrizzi.

Tendo em vista a melhoria obtida nas suas atividades operacionais, o processamento de dados e o advento do computador foram bem-vindos à área meteorológica. Com efeito, talvez o maior usuário dos computadores, e mais recentemente, dos supercomputadores, seja a Meteorologia, que recorre a eles para a previsão do tempo e a previsão do clima.

Com respeito à modernização, houve uma fase preparatória, de previsões numéricas, que possibilitou o salto que se observa agora. Nem todos os países têm, hoje, o que o Brasil possui em termos de tecnologia e conhecimento aplicado à Meteorologia. Está certo que ainda não se dispõe de um satélite particular, geoestacionário, mas já se tem uma massa crítica bastante boa de recursos humanos e também, condições, por exemplo, de se ter acesso a um supercomputador, de operá-lo e de produzir previsões de tempo e de clima com alto nível de confiabilidade.

Obviamente, como sempre ocorre nos processos inovadores, houve uma resistência natural quanto à implantação das técnicas numéricas no processo de previsão do tempo. LATOUR (1994, p. 14), com propriedade, diz que enquanto ocorre o período de assimilação das novas técnicas e/ou novos artefatos, a sociedade convive com ambas as possibilidades, num processo híbrido.

Assim, se no ano de 1976, aqueles recém-doutores que haviam chegado do exterior fizeram um plano de modernização da Meteorologia nacional, somente 20 anos depois, após muita discussão na comunidade meteorológica, é que foi surgir o CPTEC/INPE, e o satélite brasileiro ainda não estava pronto. Então, na medida em que as pessoas começaram a adotar as novas tecnologias, aumentou também a percepção da sua importância e benefícios, iniciando um processo de mudança.

A descrição da Meteorologia brasileira como se compo de duas vertentes, uma científica e outra operacional, tem se mostrado, porém, dicotômica e prejudicial ao seu desenvolvimento, haja vista os diferentes produtos advindos de previsores de instituições diferentes, tanto as privadas como as públicas, apesar de partir, a princípio, de dados similares ou mesmo iguais.

A parcela científica tem apresentado uma preocupação maior com os trâmites científicos, onde a formação de pessoal (ensino e pesquisa) está associada à obtenção de resultados que podem ser traduzidos em conhecimento novo, para aplicação a médio ou longo prazo, ou na forma de retroalimentação à própria pesquisa e ao ensino. Exemplo disso são os congressos brasileiros de Meteorologia, desde o primeiro, com uma infinidade de estudos, de sub-áreas diferentes, como atestam os anais daqueles eventos (SBMET-C, 2000).

Na vertente operacional, com o chamado Serviço Nacional de Meteorologia, as preocupações maiores são os resultados de curto prazo, do tipo utilitarista, a partir do uso de um conjunto de artefatos mecânicos e eletrônicos, de modo a contribuir para a melhoria dos métodos de produção de previsões de tempo. Seu compromisso é com a

produção de informações confiáveis para a tomada de decisões em situações de risco iminente, pela responsabilidade de repasse de avisos e alertas.

Estas duas vertentes, que têm sido vistas como setores separados da atividade meteorológica brasileira, na visão sociotécnica mostram-se claramente como participantes importantes da rede, onde as associações e alianças entre os atores da academia e da área operacional são muito fracas entre as partes, mas muito forte dentro de cada uma delas. Instituições governamentais como INPE, INMET, INFRAERO, DHN, entre algumas outras, detêm poder, e conseqüentemente, têm sido fortes ao longo desses últimos 30 anos. Seu relacionamento técnico tem sido bastante profissional, por terem nos seus dados coletados unilateralmente o capital de troca, como afirmam os meteorologistas Gilvan Sampaio, do INPE/CPTEC e Francisco de Assis Diniz, do INMET.

Os atores da área meteorológica, como constituintes de uma rede, sabem, em nível do sentido prático, onde ficam as suas posições na rede sociotécnica, e que estas posições estão relacionadas com a intensidade das suas ligações. BOURDIEU (1994) afirma que essa intensidade “*é função do capital intelectual*” reunido pelos atores das instituições científicas. O campo de disputa é o próprio espaço de negociações, as posições de poder, chefias, diretorias, coordenações de projetos, que são estrategicamente ocupadas.

O poder de troca de cada ator também está intimamente relacionado com a sua titulação, o local de formação, o número de publicações, num contexto que por definição é competitivo. A maior parte desses atores se encontra engajada nas instituições acadêmicas e de pesquisa, sendo as áreas operacionais compostas de servidores estatutários estáveis (servidores públicos) e de pouca mobilidade institucional. Daí a esmagadora soberania, em termos de capital intelectual, dos atores da área da pesquisa, cujos comentários e pareceres são tomados como esteios para as propostas de políticas em ciência e tecnologia, em especial, na área meteorológica. Um bom exemplo é o domínio do INPE/CPTEC sobre a informação da atividade de monitoramento do fenômeno El Niño, com repasse de relatórios situacionais e de recomendações ao governo.<sup>51</sup>

De acordo com as declarações da maioria dos atores consultados, observa-se que a rede sociotécnica meteorológica tem se mostrado desarticulada, com as suas

---

<sup>51</sup> Ver exemplos em FAPESP (1997) e em ORNELAS (1997).

“malhas” inconsistentes e seus “nós” frouxamente atados. Isto significa que, para vários problemas – por exemplo, o da criação de uma rede nacional de estações meteorológicas para o País – as soluções de grande interesse coletivo são decididas por um representativo mas pequeno grupo de atores, que num dado instante parece estar coeso por interesses comuns (INMET-95, 1995).<sup>52</sup>

Em pouco tempo, – em geral a cada dois anos – tais soluções tornam-se desprestigiadas e passam a ser rearticuladas de uma outra maneira, com ou sem modificação no grupo de atores. Esse processo tem sido dinâmico. O fórum dessas disputas tem sido o Congresso Brasileiro de Meteorologia, nas suas várias edições, onde são apresentados os trabalhos científicos da área, na sua maioria, assim como propostas de mudança nas práticas e nas forças de ação política, pontos estruturais da rede.

Com altos e baixos, o sistema nacional de Meteorologia perdeu em muito a força que tinha e está desorganizado. Daí uma recente proposta de se fazer um órgão que reúna todos os esforços. Cada empresa agropecuária tem uma rede de coleta de dados, as companhias elétricas também, e o INMET tem a dele. De repente, independentemente das demais instituições, ele resolve que vai adquirir um supercomputador para fazer previsão. Essa falta de coordenação leva à duplicação de esforços, além da briga pelo poder de decisão. Para Molion, *“se fosse um grupo particular versus um grupo do Governo, até que poderia se entender que houvesse certas rixas, mas mesmo dentro do próprio Governo, que a princípio está lutando pela mesma coisa, é meio estranho dizer que diversas brigas existem; e elas estão aí. Desde o início. Desde 1911 elas estão aí. De um não aceitar o outro”*.

### 3.3.1 O Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do INPE

A criação do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do INPE, em 1994, representou um salto de qualidade na Meteorologia brasileira e a sua principal e única tarefa foi a de reunir os diversos produtos numéricos, para suprir os outros órgãos responsáveis pela confecção das previsões de tempo e clima, como INMET, DHN (Marinha), DEPV (Aeronáutica), entre outros. Os fluxos das suas informações são delineados na FIGURA 3.2. Nas escalas regional e nacional, a sua cronologia de criação e o desenvolvimento de atividades encontram-se no QUADRO 3.2. Mesmo o Departamento de Meteorologia do INPE tendo assumido um papel mais

---

<sup>52</sup> Para o caso da criação do Centro de Satélites, ver INPE/CPTEC (1999).



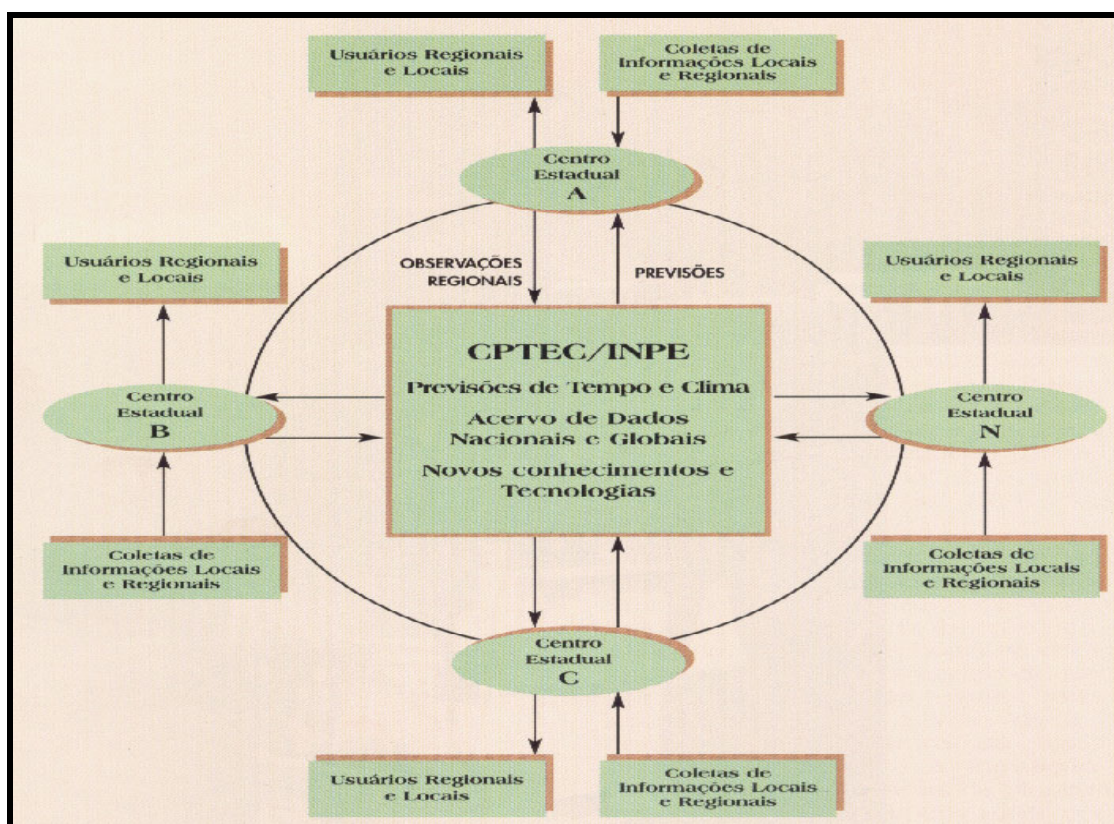
acadêmico, de ensino e pesquisa, ele, inicialmente, aceitou abarcar o CPTEC, cuja incumbência desde o início era de ordem prático-operacional.

QUADRO 3.2 – UMA CRONOLOGIA DA CRIAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO CPTEC/INPE.

ANO	ATIVIDADE
1986	Reunião entre o INMET, INPE, IAG-USP, UFRJ, IPMET, CESP, e outros, no mês de agosto, em Brasília, para analisar a proposta de criação de um “centro de excelência em produtos numéricos para subsidiar os órgãos operacionais de previsão de tempo do País”. A idéia de criação foi amplamente aceita, mas a sua localização não ficou definida, por resistências e rejeições dos locais propostos, que foram as cidades de Brasília, São Paulo e Rio de Janeiro. Foi proposta uma nova reunião no IAG-USP para retomar o assunto.
1987	Análise de propostas e dispersão estratégica do assunto INPE/CPTEC.
1988	Congresso Brasileiro de Meteorologia no Rio de Janeiro. Elaboração do Projeto do CPTEC através de comissão nomeada pelo então ministro Renato Archer, da Ciência e Tecnologia.
1989	Análise de propostas e dispersão estratégica do assunto INPE/CPTEC.
1990	Congresso Brasileiro de Meteorologia em Salvador, BA. Discussão do assunto INPE/CPTEC.
1991	Análise das estratégias políticas para a criação oficial e localização do INPE/CPTEC.
1992	Congresso Brasileiro de Meteorologia em São Paulo. Discussão final do assunto INPE/CPTEC.
1993	Organização dos contatos políticos com exaustivas etapas de convencimento.
1994	Inauguração do INPE/CPTEC em novembro, com o objetivo de atingir níveis de competência comparáveis aos dos países avançados na área de Meteorologia operacional. Desde então têm sido fornecidas, com crescente confiabilidade, previsões de tempo de curto, médio e longo prazos, assim como previsões climáticas sazonais, utilizando métodos objetivos científicos. Dentre os equipamentos computacionais de alta performance, dispõe-se de um supercomputador SX-3. Sua localização é Cachoeira Paulista (SP), sede do INPE naquela cidade, a aproximadamente meio caminho do Rio de Janeiro e São Paulo.
1995	Implementação das rotinas de trabalho no INPE/CPTEC.
1996	Organização de calendário e propostas de execução de pesquisas.
1997	Aquisição de um supercomputador SX-4 com oito processadores, dois Gigabytes de memória ram e oitenta Gigabytes de memória em disco rígido, implicando numa velocidade cinco vezes superior à do SX-3, em operação desde 1994
1998	Desenvolvimento de tarefas de programação e testes dos modelos matemáticos.
1999	Aprimoramento dos modelos matemáticos de previsão de tempo e clima.
2000	Proposta de criação de uma Agência Nacional de Meteorologia para se incumbir de delimitar as atividades de cada instituição da área meteorológica

FONTE: Adaptado de INPE (1997)

FIGURA 3.2 – DIAGRAMA CONCEITUAL DOS FLUXOS DE INFORMAÇÕES ENTRE O CPTEC E OS CENTROS ESTADUAIS DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. (FONTE: RELATÓRIO DE ATIVIDADES DO INPE – 1998-2000)



Com respeito à seqüência operacional do CPTEC/INPE, na Previsão Numérica de Tempo (PNT), as tarefas operacionais envolvem: a rodada do modelo global (com o esquema de convecção de Kuo - KUO) para os horários 00Z e 12Z até 6 dias; 06Z e 18Z até 12 horas, usando análises e mapas da TSM (Temperatura da Superfície do Mar) do NCEP e duas rodadas do modelo ETA (40km), nos horários 00Z e 12Z até 72 horas, usando análises e previsões do modelo operacional global. Do ponto de vista experimental, os testes envolvem quatro rodadas do modelo global para os horários 00Z e 12Z até 6 dias; 06Z e 18Z até 12 horas<sup>53</sup> e as rodadas de assimilação com o modelo ETA, além do uso de previsões do modelo operacional global e análise do RPSAS, rodado na instituição (CPTEC-WMO, 2002).

No que concerne à Previsão Numérica Climática (Sazonal) (PNC-S), todos os meses são feitas rodadas de previsão por conjunto do modelo global com 25 membros até 7 meses, 2 meses de simulação e 5 meses de previsão. As condições iniciais

<sup>53</sup> Usando TSM do NCEP e o Sistema de Análise com Interpolação Ótima (OISA) bi-variado (umidade uni-variada) do JMA (*Japan Meteorological Agency*) rodado no CPTEC.

atmosféricas utilizadas são as análises 12Z do NCEP para os dias de 3 a 27 do terceiro mês anterior ao começo da integração. Os campos iniciais de TSM para dezembro, janeiro, fevereiro e março; rodadas do modelo estatístico de previsão de TSM rodado no CPTEC (SIMOC) para área do oceano Atlântico; modelo acoplado do NCEP para o oceano Pacífico Tropical e anomalias persistidas para o restante dos meses do ano – abril a novembro; modelo acoplado do NCEP para o oceano Pacífico Tropical e anomalias persistidas para o restante do ano<sup>54</sup> (CPTEC-WMO, 2002).

A execução de validação das previsões e geração de produtos inclui a determinação da performance dos modelos global e regional (erros sistemáticos e skill), a verificação sinótica das análises e das previsões de tempo, discussões diárias do tempo, boletins e análises diárias do tempo via Internet, além do monitoramento de fenômenos de baixa frequência como El Niño, La Niña, Oscilação Sul e Dipolo de TSM do oceano Atlântico, culminando com um encontro mensal para discussão e previsão de Clima. As informações produzidas e analisadas nestas etapas de discussão são concatenadas e incorporam a revista (CLIMANALISE) e o boletim (InfoClima) de dados climáticos mensais. Os produtos especiais gerados incluem: monitoramento diário de queima de biomassa (queimadas) para o Brasil e o cálculo do risco de incêndios em florestas (Projeto Pro-Arco), o monitoramento diário do clima e disponibilidade de água para o Nordeste do Brasil, incluindo o cálculo da umidade do solo (Projeto Pro-Clima), com destaque especial no inverno para detecção de nevoeiros e previsão de geadas para as regiões Sul e Sudeste do Brasil. (CPTEC-In, 2002)

Dentre as atividades planejadas para os próximos anos pelo CPTEC/INPE, apresentadas no QUADRO 3.3, destacam-se a seqüência operacional e os planos futuros. A incrementação dos modelos operacionais e experimentais parece ser a mais promissora traçada, apesar da necessidade de pessoal para operação ser pouco citada, considerando que dentro da PNT e da PNC, muito precisa ainda ser feito. As atividades apresentadas demonstram o firme propósito da instituição em atuar sobremaneira na produção de prognósticos numéricos para fins de previsão de tempo e clima, com a utilização de supercomputadores.<sup>55</sup>

---

<sup>54</sup> O SIMOC não tem bom *skill* para os meses de abril a novembro.

<sup>55</sup> No QUADRO 3.3 são descritas várias atividades, funções e preocupações, para exemplificar os tipos de tarefas a serem seguidas. Tal volume de atividades demonstra a perspectiva de utilização de um grande número de atores operadores e modelistas, na expectativa de desenvolvimento de produtos específicos e, em especial, de previsões de tempo cada vez mais confiáveis. Dentre as atividades de pesquisa e desenvolvimento, na busca de

Do ponto de vista tecnológico, a aposta em supercomputação nas tarefas de PNT e PNC aponta para investimentos cada vez mais elevados, produtos cada vez mais complexos e conseqüentemente, a necessidade de usuários cada vez mais preparados, ou a formação de peritos intermediários com tarefas de tradução aos usuários.

As atividades planejadas pelo CPTEC pressupõem que o sistema nacional de Meteorologia se mantenha da forma em que se encontra, com os mesmos atores institucionais atualmente em atividade no País. Todavia, à medida que a idéia da criação de uma Agência de Meteorologia e Clima cresça no seio da comunidade meteorológica brasileira, tais planejamentos deverão ser posteriormente adaptados.

---

confiabilidade e qualidade para as suas operações e produtos, o CPTEC/INPE apresenta uma grande diversidade de ações.

QUADRO 3.3 – ATIVIDADES DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO CPTEC/INPE PARA OS PRÓXIMOS ANOS.

<p>1 - <u>ATIVIDADES DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Participação no programa de pós-graduação do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)</li><li>• Colaboração com universidades e outras instituições de pesquisa tanto nacionais quanto estrangeiras</li><li>• Coordenação e participação no LBA (<i>Large Scale Biosphere - Atmosphere Experiment in Amazonia</i>)</li><li>• Análise do impacto do problema do ano 2000 em todos os códigos operacionais e de pesquisa</li><li>• E outros.</li></ul> <p>2 - <u>SEQUÊNCIA OPERACIONAL DO CPTEC</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Previsão Numérica de Tempo (PNT)<ul style="list-style-type: none"><li>○ Operacional:</li><li>○ Experimental:</li></ul></li><li>• Previsão Numérica Climática (Sazonal) (PNC)</li><li>• Validação e Disseminação:</li><li>• Produtos Especiais</li></ul> <p>3 - <u>PLANOS FUTUROS</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>2002</b><ul style="list-style-type: none"><li>○ Início da Implementação do Centro Nacional de Meteorologia e Oceanografia por Satélite.</li><li>○ Rodar os modelos numéricos de Tempo e Clima</li><li>○ E outros</li></ul></li><li>• <b>2003</b><ul style="list-style-type: none"><li>○ Rodar operacionalmente um modelo ETA com resolução de 15km, versão NCEP da época com as modificações do CPTEC até 72 horas.</li><li>○ Iniciar o desenvolvimento de um modelo global de altíssima resolução (grade linear) com propósito de pesquisa.</li><li>○ Conclusão da ampliação do prédio do CPTEC (2.000 m<sup>2</sup> de escritórios e salas de reuniões).</li></ul></li><li>• <b>2004</b><ul style="list-style-type: none"><li>○ Iniciar o desenvolvimento de modelos não hidrostáticos baseados nos modelos operacionais da época (Modelos Global e Regional ETA).</li><li>○ Rodar operacionalmente previsão climática regionalizada através do modelo ETA com um conjunto de 17 membros.</li><li>○ Pesquisas usando o modelo global de altíssima resolução (grade linear) com propósito de avaliação do novo modelo.</li><li>○ Iniciar o processo de seleção e aquisição de um novo sistema de supercomputação (mínimo de 5 Teraflop efetivo).</li><li>○ Inauguração do Centro Nacional de Meteorologia e Oceanografia por Satélite.</li></ul></li></ul>
--

FONTE: Adaptado do *site* oficial: ([http://www.cptec.inpe.br/ocptec/template\\_cptec.shtml](http://www.cptec.inpe.br/ocptec/template_cptec.shtml).)

### 3.4 O INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET

Fundado em 1911, o INMET é identificado como o Serviço Nacional de Meteorologia do Brasil. Segundo MOURA (1986, p. 11),

*“o serviço de Meteorologia de um país é considerado como elo indispensável entre a sociedade, o setor produtivo e o setor de ciência e tecnologia, cabendo-lhe identificar as necessidades do país em termos de informações meteorológicas, adequando e operacionalizando metodologias de aplicações existentes, acompanhando e incentivando, no setor de C & T, as inovações de impacto direto na Meteorologia”.*

Como o mais antigo órgão operacional de Meteorologia do País, o INMET passou por diversas reestruturações, reflexos das suas vinculações ora a um ministério, (Marinha), ora a outro (Agricultura), ou mais contemporaneamente, ao mesmo ministério (Agricultura), mas com enfoques diferentes – irrigação ou abastecimento. Tais mudanças tiveram participação negativa na divisão orçamentária do Instituto, como aponta com propriedade um ex-diretor daquele órgão<sup>56</sup>:

*“Está fortemente estabelecido no Brasil, em relação ao Instituto Nacional de Meteorologia, um círculo vicioso envolvendo a interação negativa de três fatores: a) baixa qualidade e/ou especificidade setorial dos produtos do INMET; b) baixa credibilidade destes produtos e informações; c) baixo volume de recursos humanos, orçamentários e financeiros alocados no órgão”.* (INMET, 1988, p. 3)

As mudanças estruturais parecem ter sido bastante prejudiciais à evolução da Meteorologia brasileira, evidenciando uma conjuntura tal que, segundo Emilson França, os produtos e informações do INMET eram pouco úteis à produção de bens e serviços, pois o órgão se encontrava *“à margem do processo de desenvolvimento econômico e social do País”*. A perspectiva de rompimento do círculo vicioso baseava-se na *“produção de informações de alta qualidade e com especificidade setorial e nível tecnológico suficientes para produzir benefícios econômicos e sociais”*.

Em muitos setores do INMET ainda predominava *“uma forte tendência monodisciplinar e destituída do pragmatismo e do enfoque sistêmico, imprescindíveis à participação mais ativa do órgão na solução dos problemas econômicos e sociais”*. Para França, este anacronismo deveria ser substituído *“por uma mentalidade multidisciplinar, pragmática, caracteristicamente sistêmica e, portanto, capaz de viabilizar uma intensa e ativa participação do INMET na produção de bens e serviços do País”* (INMET, op. cit.).

---

<sup>56</sup> Eng. Dr. Emilson França Queiroz em documento intitulado *“Ação Governamental de Modernização do Instituto Nacional de Meteorologia: Proposta para o Período de 1990-94”*, 1ª aproximação de trabalho, de circulação restrita. Emilson de Queiroz França foi diretor geral do INMET no período de 1990-94

O INMET é responsável pela meteorologia no Brasil, representando o País junto à Organização Meteorológica Mundial (OMM), entidade das Nações Unidas para Meteorologia e Hidrologia. Com mais de 400 estações meteorológicas de superfície distribuídas pelo País em 10 distritos regionais, o INMET coleta diariamente dados como temperatura, chuvas e velocidade dos ventos, para que os meteorologistas encarregados da previsão do tempo trabalhem com segurança. O Instituto conta com avançada tecnologia de recepção de imagens de satélites. Sofisticados supercomputadores compõem o Centro de Computação Meteorológica de Alto Desempenho (CCMAD), que opera o Modelo Brasileiro de Alta Resolução (MBAR), modelo de previsão numérica do tempo com a mais alta resolução para a América Latina. (INMET-03, 2003)

O INMET tem como preocupação principal a geração de informação para o setor agrícola brasileiro e a produção das previsões do tempo oficiais do País. Em suma, o INMET tem sido, historicamente, o principal órgão ocupado com as atividades operacionais de obtenção/medidas dos dados, manutenção da rede observacional, confecção e disseminação da previsão do tempo.

No final do ano 2000, após a realização de um exaustivo trabalho de planejamento estratégico interno, o INMET obteve o certificado de qualidade dos seus produtos e operações na sede em Brasília e nos DISMEs, pela “Det Norske Veritas (DNV) Certification, Inc. Trata-se da mesma empresa norueguesa de certificação, que em 2001 operou a certificação ISO 9000 da NASA<sup>57</sup>.

De acordo com o documento final do planejamento estratégico de janeiro de 1999,

*“a atuação do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET é ditada no campo interno pelas diretrizes gerais traçadas pelas autoridades governamentais, dentro do programa básico de desenvolvimento nacional e, no campo internacional, pelas recomendações da Organização Meteorológica Mundial (OMM), agência especializada da Organização das Nações Unidas, que congrega 179 países e seis territórios, da qual o Brasil é membro e é representado em caráter permanente pelo Diretor do INMET”.* MA-INMET/PLANEJAMENTO INMET 2000 (1999, p. 12)

No tocante às suas atribuições, a preocupação com o resgate da qualidade a partir da incorporação de novas tecnologias fica clara, como é expresso no mesmo documento, onde se afirma o objetivo de

---

<sup>57</sup> Para maiores detalhes desta operação na NASA, que começou em 13 de janeiro de 1999 e foi concluída em 20 de dezembro de 2002, acessar <http://hq.nasa/hqiso9000/news.htm>.

*“... dar especial atenção às atualizações tecnológicas, estabelecendo, operando e mantendo uma rede de Estações Meteorológicas de Superfície numa grade mínima de 150 km, bem como uma rede de Estações de Radiossondagens Atmosféricas com grade mínima de 1000 km, preservando e mantendo os acervos de dados meteorológicos e climatológicos do País, preferencialmente em meios magnéticos para fácil e rápido acesso. Além disso, instalar e operar as redes de telecomunicações Meteorológicas do País visando uma estreita cooperação entre os Órgãos Operacionais de Meteorologia e Hidrologia dos Ministérios da Marinha, da Aeronáutica e das Minas e Energia, inclusive aquelas integradas a rede internacional que compõem a Vigilância Meteorológica Mundial (VMM), com os objetivos determinados pela OMM e com padrões tecnológicos compatíveis aos adotados nos Centros Mundiais de Meteorologia”.* MA-INMET/PLANEJAMENTO INMET 2000 (1999, p. 12)

### **3.5 A REGIONALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES METEOROLÓGICAS**

O controle remoto das atividades que precisam ser implementadas em várias localidades do vasto território brasileiro, no que concerne às decisões tomadas na sede, nem sempre é acompanhado a contento. A distância entre a sede e as localidades dificulta a própria visão dos aspectos regionais pelos tomadores de decisão na sede. Na área da Meteorologia não poderia ser diferente. Quando o serviço nacional meteorológico se concentrava no Rio de Janeiro, as atividades nos demais estados brasileiros eram desconectadas umas das outras e às da sede.

Para contornar este problema, o INMET adotou a regionalização dos seus serviços, criando os Distritos Meteorológicos, em número de 10 (dez), de acordo com as características físicas e área de abrangência dos municípios brasileiros. Quando o CPTEC-INPE foi criado, no seu plano de implementação das atividades de produção de prognósticos numéricos no Brasil, também já constava a idéia de criação de centros regionais, mais precisamente, centros estaduais de Meteorologia, cuja proposta de organização foi aprovada no âmbito do Ministério da Ciência e Tecnologia. Estas duas formas de regionalização das atividades meteorológicas são descritas e analisadas a seguir.

#### **3.5.1 O papel dos DISMEs: uma regionalização independente**

A criação dos distritos do INMET, distribuídos no território nacional, foi uma maneira encontrada por aquele órgão de estar mais próximo de cada região brasileira, tanto para a realização das medidas das grandezas meteorológicas em estações meteorológicas ali localizadas, como para a coleta desses dados e o posterior repasse das previsões, avisos e alertas aos agricultores e ao público em geral. A regionalização



das previsões de tempo tem se mostrado, ao longo de todos esses anos de existência do Instituto, como uma forma correta de encurtar distâncias entre o Sistema Produtor (SPr) das previsões e o Sistema Usuário (SU). Todavia, diversos problemas de sucateamento e estagnação atingiram este órgão no período que vai de 1964 a 1985, o que resultou num desprestígio crescente dos seus profissionais por causa da sua pequena atualização teórica, treinamento e capacitação tecnológica.

Apesar da descentralização do Instituto, as atividades administrativas, atuando sob o “controle remoto” da sede em Brasília, somente se mostram coadunadas e harmoniosamente organizadas se houver comunicação de ida e de volta, e as decisões políticas nos distritos estiverem em total acordo com a direção geral. Nos períodos de estagnação, as respostas, altamente dependentes de decisões ministeriais, eram, na maioria das vezes, negativas e desmotivadoras aos operadores, observadores e previsores. O QUADRO 3.4 mostra a localização dos dez distritos regionais de Meteorologia do INMET, ligados remotamente à sede em Brasília.

Athayde, em entrevista pessoal, afirma que cada distrito administra uma parte da rede nacional de estações meteorológicas, dedicando-se à reunião dos dados dessas estações e remetendo-os à sede de Brasília. A manutenção das estações, quando possível, é realizada por técnicos do próprio distrito, porém, caso haja impossibilidade disso, os equipamentos são remetidos para a sede central. Com a configuração regional adotada pela comunidade meteorológica, sob a organização do Ministério da Ciência e Tecnologia, os Núcleos Estaduais de Meteorologia e Recursos Hídricos têm vínculos estreitos com os distritos do INMET, uma vez que estes são a principal fonte de dados para o pleno funcionamento dos sistemas estaduais.

Todavia, a regionalização das atividades meteorológicas realizadas pelos DISMES parece privilegiar o Estado onde ele se localiza. Exemplo claro disso é o 8º. DISME, sediado em Porto Alegre (RS) que, apesar de ser responsável pelo monitoramento meteorológico dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, dedica-se quase que exclusivamente ao RS. É bem verdade que existe uma sólida ligação entre aquele DISME e o Centro Estadual de SC, que reduz em muito o problema do lado catarinense.

Isto ocorre devido aos convênios de parceria assinados entre o INMET e a EPAGRI, para a manutenção e responsabilidade pelas suas estações meteorológicas localizadas no território catarinense. O 8º. DISME centraliza as suas atividades nas microrregiões do Rio Grande do Sul, porque a EPAGRI coordena a maioria das

atividades meteorológicas no Estado, e também detém, por força de regimento, a Coordenação Técnica do CLIMERH, dentro do PMTCRH, que é tratado com mais detalhes a seguir.

QUADRO 3.4 – SEDES DOS DISTRITOS DE METEOROLOGIA DO INMET E AS SUAS RESPECTIVAS ÁREAS DE ABRANGÊNCIA E CHEFIAS, EM 2002.

<b>1º DISME – MANAUS / AM - (AM, RR, AC)</b>
Rua Recife, 1041 – Andrianópolis - C.E.P.: 69057-001 - Manaus-AM
Chefe: Renato Cruz Senna
<b>2º DISME – BELÉM / PA - (AP, MA, PA)</b>
Av. Almirante Barroso, 5384 - C.E.P.: 66610-000 – Belém-PA
Chefe: Raimunda Barroso de Almeida
<b>3º DISME – RECIFE / PE - (AL, CE, PB, PE, PI, RN)</b>
Rua São João, 504 - São José - C.E.P.: 20050-150 – Recife-PE
Chefe: Raimundo Jaido dos Anjos
<b>4º DISME – SALVADOR / BA - (BA, SE)</b>
Rua Tenente Pires Ferreira, 183 - Barra - C.E.P.: 40130-160 - Salvador-BA
Chefe: Eduardo Gonçalves de Moraes
<b>5º DISME – BELO HORIZONTE / MG - (MG)</b>
Av. do Contorno, 8159 – Santo Agostinho - C.E.P.: 30120-010 - Belo Horizonte-MG
Chefe: Luiz Clemente Ladeia
<b>6º DISME – RIO DE JANEIRO / RJ - (RJ, ES)</b>
Av. Barão de Teffé, 27 - Centro - C.E.P.: 20081-250 – Rio de Janeiro-RJ
Chefe: Luis Carlos Austin
<b>7º DISME – SÃO PAULO / SP - (SP, MS)</b>
Av. Indianópolis, 189 – Moema - C.E.P.: 04063-000 – São Paulo-SP
Chefe: Iceia A. V. Grammesbacher
<b>8º DISME – PORTO ALEGRE / RS - (PR, RS, SC)</b>
Av. Cristiano Fisher, 1297 - C.E.P.: 91410-001 - Porto Alegre-RS
Chefe: Solismar Damé Prestes
<b>9º DISME – CUIABÁ / MT - (MT, RO)</b>
Alameda Annibal Molina, s/n - C.E.P.: 78115-140 – Várzea Grande-MT
Chefe: Marina da Conceição Padilha
<b>10º DISME – GOIÂNIA / GO - (DF, GO, TO)</b>
Praça Cívica, 100 - 3º andar - C.E.P.: 74003-010 – Goiânia-GO
Chefe: Ercília Aparecida Lima

FONTE: INMET (2002)

### 3.5.2 A concepção dos Centros Estaduais (CEs) de Meteorologia e Recursos Hídricos: o aparelhamento e a formação de novos atores para a tarefa de previsão do tempo na escala regional

Uma outra concepção de regionalização na área meteorológica brasileira é o Programa de Monitoramento de Tempo, Clima e Recursos Hídricos – PMTCRH. Este Programa, inicialmente coordenado pelo Dr. José de Anchieta Moura Fé, é um resultado do esforço conjunto do Governo Federal, através do Ministério da Ciência e Tecnologia, dos Governos Estaduais e dos países da América do Sul, na proposta de funcionamento

de Centros Estaduais (CEs) para a realização de previsões do tempo numa escala regional, em cada Estado. Para que este Programa funcione a contento, a sua coordenação delineou duas vertentes (ou Subprojetos): a do aparelhamento uniforme dos CEs e a da formação de atores para atuação no âmbito regional. Este Programa conta com o suporte técnico-científico-operacional do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Cabe ao CPTEC/INPE processar dados climatológicos do Brasil e do Mundo para monitoramento do tempo e do clima do País e disponibilizá-los à comunidade operacional e científica. (INPE, 2003)<sup>58</sup>

Assim, o PMTCRH iniciou, em 1993 com a compra de equipamentos de informática e softwares e sua distribuição aos Centros Estaduais de AL, BA, CE, PB, PE, PI, RN e SE, com a finalidade de operar a rede local de comunicação, interligando os Centros Estaduais entre si. Participante do grupo de consultores do Programa, o prof. Dr. Hilton Silveira Pinto, em entrevista pessoal, afirma que a necessidade de modernização da meteorologia passa pela regionalização – ou estadualização – das atividades meteorológicas, porque

*“... A Meteorologia brasileira está defasada com relação à rede de observações de superfície e de altitude, gerando, por conseguinte, informações insuficientes e não confiáveis. Com isso, a base sinóptica para previsões evidentemente não é boa, fazendo com que haja uma série de erros. Não existe uma cooperação entre instituições de forma que cada Estado, por exemplo, coletasse os dados e retransmitisse para a central (Sistema Nacional), economizando tempo e recursos financeiros...”*

Ao longo dos anos seguintes, os CEs foram sendo organizados com o apoio do MCT, mas com muitas dificuldades em cada Estado que foi implantado.

Os objetivos do PMTCRH, sob a estreita orientação do CPTEC/INPE<sup>59</sup>, foram propostos dentro da atividade coberta pela ação do PPA: *“Implantação de Núcleos Estaduais de Monitoramento de Tempo, Clima e Hidrologia – (código: 19.572.0462.3476)”* (INPE, 2001, p. 16).

Isso proporcionou uma reafirmação das propostas do Programa no âmbito do MCT e seu ordenamento nas atividades do próprio CPTEC/INPE. Com efeito, Andréa C. Bicalho, que desde o ano 2000 ocupa a Coordenação Geral do Programa, em entrevista pessoal, afirma que *“a regionalização das atividades meteorológicas, apesar*

---

<sup>58</sup> Para mais detalhes, acessar: <http://www.cptec.inpe.br/~pmtcrh/nova/oficial/html/subprogramas.html> (acesso em: 22/04/2003)

<sup>59</sup> Para maiores detalhes, acessar: <http://www.cptec.inpe.br/~pmtcrh/nova/oficial/html/index.html>

*das dificuldades inerentes aos aspectos administrativos particulares de cada Estado, tornou-se uma realidade”.*

Além disso, em BICALHO (2001, p. 15) pode ser notado que, no seu entender, a ação do MCT não foi uma atividade política esporádica, e que esperava a partir de então, uma postura mais ativa dos Estados, pois:

*“O MCT tradicionalmente deu suporte, sobretudo concedendo bolsas, às ações dos Estados na área de meteorologia e hidrologia, através do Programa de Monitoramento de Tempo, Clima e Recursos Hídricos - PMTCRH, que visava viabilizar o avanço científico e tecnológico desse segmento. Em sua maioria, essas bolsas viabilizaram a incorporação temporária de profissionais (meteorologistas, hidrólogos e especialistas em informática) nos Centros Estaduais de Meteorologia e Recursos Hídricos. Esse apoio inicial foi dado com o compromisso de que os Governos Estaduais, ao fim do período de vigência das bolsas, absorvessem os profissionais em seus quadros de pessoal, para dar continuidade aos trabalhos até então desenvolvidos na parceria estabelecida nos convênios”.*

Em 1995, o PMTCRH investiu na aquisição de equipamentos científicos, dando ênfase ao monitoramento hidrológico, e a partir de 1996, concluiu-se a aquisição de Plataformas Automáticas de Coleta de Dados (PCDs) para atender aos dois Subprogramas, atingindo um total de 99 PCDs, sendo 67 Meteorológicas e 32 Hidrológicas, além de um lote completo de sobressalentes, inclusive sensores hidrológicos e meteorológicos, com vistas a ampliar a rede de coleta de dados hidrometeorológicos (Nordeste/Sudeste/Centro-Oeste) (PMTCRH, 2003).

A TABELA 3.2 apresenta os valores orçamentários executados pelo MCT no âmbito do PMTCRH. Nota-se que o ano 2000 foi atípico na alocação de recursos orçamentários ao Programa, mas é importante lembrar que, na década de 90, os recursos orçamentários alocados ao PMTCRH foram relativamente altos e constantes, proporcionando uma certa estabilidade ao Programa de modo a permitindo a estruturação física e operacional (obras e equipamentos) dos CEs e o treinamento para a formação de pessoal, ou seja, peritos em meteorologia e em recursos hídricos.

TABELA 3.2 – VALORES DA EXECUÇÃO ORÇAMENTÁRIA DO MCT NO PMTCRH – 2003

ANO	VALOR (R\$)
1991	641.126.707,78 (*)
1992	9.155.665.543,47 (*)
1993	128.082.050,47 (*)
1994	2.133.498,72
1995	4.154.432,69
1996	2.572.690,45
1997	4.376.857,23
1998	2.949.114,17
1999	946.708,58
2000	2.434.440,00
2001	1.721.900,00
2002	15.046,00
2003	1000.000,00 (**)

FONTE: - CABRAL (1999) e SIAFI (Sistema Integrado de Administração Financeira).

NOTA: (\*) – valores em cruzeiros (CR\$);

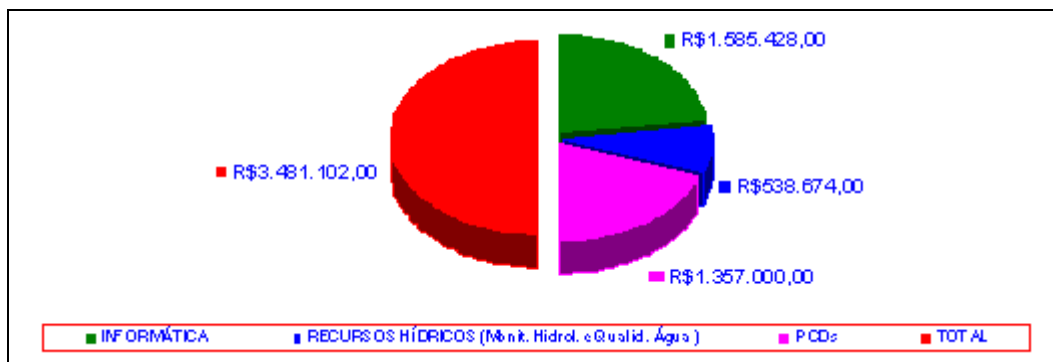
(\*\*) – valor previsto.

A uniformização dos equipamentos computacionais dos CEs, como demonstra o QUADRO 3.5, é uma iniciativa que visa fazer com que o fluxo de informações que chegam e saem de cada CE possa ter o mesmo padrão, tornando eficaz o controle remoto exercido pelo CPTEC/INPE, órgão designado pelo MCT para esta finalidade, mesmo que a exerça numa associação mais fraca que a ligação do INMET com os seus DISMEs. O CPTEC/INPE não é a sede ou o órgão central de todos os CEs, pois o Programa dá a cada um deles a possibilidade de autonomia estadual. O CPTEC/INPE tem sim, uma responsabilidade mais de delineamento e escolha do aparato tecnológico e de procedimentos, numa troca diária de produtos meteorológicos e climáticos nas escalas maiores que a regional. O papel de coletar e organizar as informações regionais e a fabricação e disseminação de produtos na escala regional como previsões de tempo e laudos, são incumbências do CE, pois é no Estado que se localiza a maior demanda da atividade meteorológica, assim como é das suas diversas microrregiões que vem a maior cobrança.

Na medida do possível e atrelados ao orçamento nacional, os investimentos diretos nos CEs para treinamento e infra-estrutura têm sido adquiridos via orçamento do próprio MCT, por causa da lenta participação dos estados na consolidação dos Centros Estaduais de Meteorologia e Recursos Hídricos. Para se ter uma idéia do montante de

recursos envolvidos nessas operações, a FIGURA 3.3 apresenta um diagrama discriminado dos valores utilizados no ano de 2001.

FIGURA 3.3 – DIAGRAMA EM FORMA DE PIZZA DOS INVESTIMENTOS DO PMTCRH EM EQUIPAMENTOS - 2001



Fonte: MCT/SECAV/CGPP/DPO (PMTCRH, 2003)

Ainda de acordo com BICALHO (2001, p 15),

*“No PPA 2000-2003 – Avança Brasil, o PMTCRH passou a ser uma Ação integrante do Programa Climatologia, Meteorologia e Hidrologia - PCMH. A Ação “Implantação e Modernização de Centros Estaduais de Monitoramento de Tempo, Clima e Recursos Hídricos”- PMTCRH, entra agora em nova fase, com um duplo pilar de sustentação: a pesquisa e o desenvolvimento de sistemas regionais e nacionais, implicando uma estreita colaboração científica e tecnológica entre órgãos federais e os Centros Estaduais. A formulação de modelos que atendam necessidades nacionais e o avanço do conhecimento em meteorologia e hidrologia continuarão sendo apoiados pelo MCT. Por outro lado, o desenvolvimento de aplicações locais e o custeio dos serviços básicos de meteorologia (a manutenção das estações meteorológicas automáticas (PCDs) e outros equipamentos científicos), funcionários que mantenham o sistema operando em período integral (24 horas por dia), prestação de serviços à população e ao setor produtivo local, serão atribuições dos Estados.”*

QUADRO 3.5 – DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS ENVIADOS AOS CENTROS ESTADUAIS, NO ÂMBITO DO PMTCRH

#	EQUIPAMENTOS
1	SERVIDOR MICROTEC WINDOWS 2000 SERVER
1	SERVIDOR DELL RODAR MODELO ETA LINUX
1	SISTEMA OPERACIONAL LINUX MICRO OPTIPLEX DELL WINDOWS XP

FORNTE: PMTCRH (2003)

NOTAS: 1) Os equipamentos acima são para instalação pelos Centros Estaduais, de Aplicativos usados no próprio Centro. Estas máquinas estão sendo enviadas com instalações feitas no CPTEC/INPE.

- 2) Dicas de conservação: a) Política de realizar Backup – trabalho com dados necessita realizar backup em fita e CD; b) Estrutura física - computadores, periféricos e rede elétrica em boas condições para um bom andamento do serviço e para que se dê um suporte remoto ou local de boa qualidade; c) Configuração das máquinas: MICROTEC - PENTIUM III com 2 (dois) PROCESSADORES e 2 WINCHESTER de 35 GB.

O treinamento de pessoal para a formação de peritos em previsão de tempo e em gerenciamento de recursos hídricos para atuar nos CEs teve seus óbices. Um deles foi a impossibilidade efetiva de contratação de pessoal pelos governos estaduais, apesar dos convênios assinados na ocasião do lançamento do Programa. Uma alternativa encontrada pelos coordenadores foi a troca entre os bolsistas RHAE que estavam no CE com tempo se esgotando por peritos mais experientes – pesquisadores e técnicos – nas áreas de Meteorologia, Recursos Hídricos, Sensoriamento Remoto, Informática e Geo-ambiental. Alguns desses profissionais vinham verdadeiramente encorpar os CE, pois, já atuavam no setor operacional do CPTEC/INPE, em Cachoeira Paulista (SP) e se propuseram incrementar qualitativamente o Centro, como foi o caso do CE de Santa Catarina, como explicou Reinaldo Haas da UFSC.

Portanto, a proposta de contratação de pessoal pelos próprios estados, para desenvolver os CEs, na prática, sucumbiu. Todavia, a versatilidade e flexibilidade das associações entre Coodenação Geral e Coordenadores Técnicos estaduais, permitiu àqueles novos atores, uma aquisição gradual do conhecimento regional para os planejamentos e as tomadas de decisão adequadas, com a devida antecedência, como no caso da iminência de estiagens prolongadas, avisos de enchentes, de formação de geadas, de queda de granizo, etc. Some-se a isso, a disponibilização das atuais técnicas de previsão nas aplicações práticas para o meio ambiente e para o setor produtivo agrícola e de serviços (PMTCRH, 2003).

A esse respeito, Andreia Bicalho explica, com propriedade, que o

*“... MCT tradicionalmente deu suporte, sobretudo concedendo bolsas, às ações dos Estados na área de meteorologia e hidrologia, através do Programa de Monitoramento de Tempo, Clima e Recursos Hídricos - PMTCRH, que visava viabilizar o avanço científico e tecnológico desse segmento. Em sua maioria, essas bolsas viabilizaram a incorporação temporária de profissionais (meteorologistas, hidrólogos e especialistas em informática) nos Centros Estaduais de Meteorologia e Recursos Hídricos. Esse apoio inicial foi dado com o compromisso de que os Governos Estaduais, ao fim do período de vigência das bolsas, absorvessem os profissionais em seus quadros de pessoal, para dar continuidade aos trabalhos até então desenvolvidos na parceria estabelecida nos convênios.” (BICALHO, 2001, p. 15)*

A FIGURA 3.2 apresenta em números, o quanto o PMTCRH estimulou, inicialmente, a fixação de técnicos de alto nível nos estados brasileiros – por meio de bolsas concedidas pelo Programa RHAE – com o compromisso firmado pelos Governos Estaduais de absorver tais recursos humanos ao final do período de bolsa. Esses

recursos humanos foram essenciais para o estabelecimento e início das atividades de vários CEs em operação.

TABELA 3.2 – DESCRIÇÃO DO INVESTIMENTO EM RECURSOS HUMANOS SOB A FORMA DE BOLSAS, NO ÂMBITO DO PMTCRH.

BOLSAS							
AEP	AEV	EV	DTI	ITI	ASP	SPE	TOTAL
19	0	16	43	16	0	13	107
10	12	4	13	16	5	7	67
43	20	5	51	18	5	5	147
174	99	10	68	18	13	8	390
201	42	0	34	16	5	0	298
447	185	23	209	84	33	28	1009

FONTE: MCT/DMI e CNPq/DPE

LEGENDA: AEP -

Ainda, segundo BICALHO (2001, p. 15),

*“o desenvolvimento de aplicações locais e o custeio dos serviços básicos de meteorologia (a manutenção das estações meteorológicas automáticas (PCDs) e outros equipamentos científicos), funcionários que mantenham o sistema operando em período integral (24 horas por dia), prestação de serviços à população e ao setor produtivo local, serão atribuições dos Estados.”*

Por sua vez, foi criado um Subprograma de Cooperação Internacional, no âmbito do PMTCRH, no sentido de viabilizar estágios específicos aos peritos em instituições conceituadas no Brasil e no Exterior, sobre metodologias e técnicas operacionais avançadas nas suas áreas fins como, por exemplo, o treinamento em técnicas operacionais internas do setor de previsão do tempo do CPTEC/INPE – no Brasil – e o treinamento no setor de produção de previsões diárias do tempo para a América do Sul no IRI/USA<sup>60</sup> – no Exterior. Além disso, aos peritos dos CEs é proporcionada a participação em reuniões científicas, para o intercâmbio de conhecimento e experiências. Eventos catastróficos de ocorrência freqüente numa dada região, seja no Brasil ou no Exterior, delineiam procedimentos de alerta às comunidades – nos setores de monitoramento e previsão – e de emergência – nos setores de Defesa Civil – que são de suma importância na composição das etapas de treinamento dos operadores dos CEs (PMTCRH, 2003).

<sup>60</sup> O International Research Institut for Climate Prediction (IRI) – Instituto Internacional de Pesquisas em Previsão Climática – tem sede na Universidade de Columbia, Nova Iorque, e com o apoio da NOAA/OGP (Agencia americana para Atmosfera e Oceanos - Escritório de Mudanças Globais), desenvolve-se com um orçamento anual atual de cerca de 10 milhões de dólares americanos, segundo Divino Moura em entrevista pessoal. Para maiores detalhes, acessar <http://iri.columbia.edu/iri/location/index.html>.



Em suma, o programa de estadualização das atividades meteorológicas e de recursos hídricos tem o mérito de congregar estas atividades numa mesma instituição, o CE, apesar da inércia cada vez maior dos sistemas de previsão estaduais, decorrente da morosidade nas tomadas de decisão administrativas de interesse dos CEs, diluindo a confiabilidade das informações meteorológicas e climáticas. As previsões do tempo feitas nos CEs ainda estão à mercê dos atores que se encontram realizando as tarefas de previsão, porém, a cada ano, conforme afirma Hamilton Vieira, Coordenador Técnico do CE de Santa Catarina, a maioria desses peritos, após um período de trabalho operacional, tomam a decisão de continuar a sua formação acadêmica formal – mestrado ou doutorando – ficando a equipe, a cada ano, desfalcada. A reposição dos atores anteriores por novos requer reentrosamento, novos treinamentos de operação e um novo processo de gradual aquisição de conhecimentos climatológicos das microrregiões daquele Estado. Isso significa que as previsões do tempo tendem a passar por oscilações na sua qualidade, como afirma Hamilton Vieira do CLIMERH.

Em 1996, a criação do CLIMERH, reconhecido como o CE de Santa Catarina, teve todo o apoio do Programa e com a proposta de parceria com o Governo Estadual, proporcionou a sua estruturação, como pode ser visto em CLIMERH (1996).

Na próxima seção, o CE de Santa Catarina é analisado com o objetivo de identificar os pontos positivos e negativos sobre as suas atividades de previsão do tempo, decorrentes dos problemas estaduais.

### 3.5.3 CLIMERH - O CE de Santa Catarina

Santa Catarina é um dos estados brasileiros mais afetados pelas adversidades climáticas. O granizo atinge especialmente o oeste, afetado pelos sistemas meteorológicos que se organizam no norte da Argentina e Paraguai, a neve é o cartão postal da região serrana. Fenômenos climáticos, como o ENSO (El Niño e La Niña), têm grande influência sobre o Estado, causando estiagens e enchentes que já fazem parte da história do Vale do Itajaí, como afirma OLIVEIRA *et. al.*(1999). Em vista disso, é crescente o interesse por informações cada vez mais confiáveis e atualizadas na área de Meteorologia. As perdas geradas em função das mudanças de tempo podem ser evitadas, ou pelo menos minimizadas, através do uso adequado da informação meteorológica.

O Centro Estadual de Santa Catarina, denominado em protocolo como Centro Integrado de Meteorologia e Recursos Hídricos – CLIMERH – é composto de um Conselho Deliberativo formado por representantes de cada entidade instituidora e de entidades conveniadas, por um representante do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e por uma Unidade de Coordenação Técnico-Administrativa localizada, estruturada e exercida pela EPAGRI, sob orientação do Conselho, desde 1992.

As instituições que diretamente compõem este CE – ou seja, que constituem a rede sociotécnica local – são: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura (SDA), Secretaria do Desenvolvimento Econômico e Mercosul (SDE), Secretaria do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente (SDM), Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. (EPAGRI), Fundação de Amparo ao Meio Ambiente (FATMA), Companhia Catarinense de Água e Saneamento (CASAN), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade para o Desenvolvimento do Estado de Santa Catarina (UDESC), Fundação Universidade Regional de Blumenau (FURB), Centrais Elétricas do Sul do Brasil S.A. (ELETROSUL), Centrais Elétricas do Estado de Santa Catarina (CELESC), Federação das Associações Comerciais do Estado de Santa Catarina (FACISC), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Associação dos Fruticultores de Fraiburgo (AFF) (CLIMERH, 1996).

O CE, como foi mencionado anteriormente, conta ainda com a participação técnica e financeira efetiva do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), por intermédio do PMTCRH, e CPTEC/INPE). Ele tem o apoio do quadro funcional da EPAGRI, que é vinculada à Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura.

*“A Epagri é uma sociedade de economia mista de capital fechado, personalidade jurídica de direito privado, sob a forma de sociedade por ações. Vinculada à Secretaria de Estado da Agricultura e Política Rural, - a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. - Epagri - adotou um moderno sistema de planejamento e gestão que permitiu melhorias sensíveis em seus projetos técnicos e institucionais..., [cuja] missão [é o] ... conhecimento, tecnologia e extensão para o desenvolvimento sustentável do meio rural em benefício da sociedade. [Assim, os] objetivos-fins da Epagri são: [a] Promover a melhoria da qualidade de vida do meio rural e pesqueiro. [b] Buscar a competitividade da agricultura catarinense frente a mercados globalizados, adequando os produtos às exigências dos consumidores. [c] Promover a preservação, recuperação, conservação e utilização sustentável dos recursos naturais”. ... [Sua] sede administrativa está localizada em Florianópolis e 14 gerências*

*regionais estrategicamente distribuídas no Estado, que administram 293 escritórios municipais de forma direta. Nove estações experimentais, localizadas em Urussanga, Itajaí, Ituporanga, Canoinhas, Lages, São Joaquim, Campos Novos, Videira e Caçador.”* (EPAGRI, 2003)

No período de novembro de 1997 a dezembro de 2002, o CLIMERH desenvolveu diversas atividades de caráter operacional (monitoramento e previsão de tempo e clima), de forma continuada, além de atividades relacionadas ao desenvolvimento de produtos e pesquisa meteorológica, de forma descontínua, como afirma Hugo Braga da EPAGRI.

A atividade de prestação de serviço e geração de produtos foi intensificada neste período, com a abertura de carteiras de acesso (por *usercode*) a informações meteorológicas por parte de algumas empresas usuárias. Segundo Reinaldo Haas, percebe-se que alguns destes usuários, apesar de pertencerem ao rol de fundadores do Núcleo, por não participarem da sua manutenção diretamente, não são tomados como tal e sim como simples usuários sob contrato de prestação de serviço, como outro qualquer.

O CE dedica-se à previsão e monitoramento do tempo e clima para Santa Catarina, atendendo aos mais diversos setores e tendo como prioridade a interação com a sociedade. Os meteorologistas analisam diariamente imagens de satélites, parâmetros meteorológicos de todo o mundo e resultados de vários modelos numéricos de previsão de tempo. O uso de modelos numéricos de previsão de tempo e clima, que simulam a circulação geral e regional da atmosfera, permite a elaboração de previsões com maior precisão, qualidade e antecedência, como explica Hamilton Vieira, do CLIMERH.

As previsões diárias de tempo são feitas para os próximos cinco dias, informando condições adversas como tempestades e vendavais, que colocam em risco a vida da população. As previsões mensais de clima são elaboradas com antecedência de até três meses, a partir de informações e prognósticos numéricos advindos de centros meteorológicos nacionais e internacionais. Nesta tarefa, o CE conta com o apoio do CPTEC e do INMET.

Hoje, a necessidade do conhecimento do clima em cada região compreende desde a definição de áreas de plantio de determinada cultura, passando pelas obras de engenharia, como exemplo a construção de barragens que em projetos necessitam basicamente do conhecimento do clima, e culminando no acompanhamento de mudanças climáticas causadas pela ação do homem.

Por sua vez, o Setor de Hidrologia do Centro Integrado de Meteorologia e Recursos Hídricos de Santa Catarina - CLIMERH visa auxiliar o planejamento e a

administração dos recursos hídricos em todo o Estado de Santa Catarina. Os estudos desenvolvidos no CLIMERH dão suporte ao conhecimento das potencialidades, disponibilidades, demandas e usos dos recursos hídricos, através da coleta de informações que subsidiará a tomada de decisões político-administrativas que contemplem a situação atual de cada região do Estado. Como já foi mencionado anteriormente, as atividades desenvolvidas nesta área são parte integrante do Plano Estadual de Recursos Hídricos e do Programa de Monitoramento de Tempo, Clima e Recursos Hídricos (PMTCRH) do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) (CLIMERH, 1995).

A partir dos argumentos colocados a respeito dos meandros funcionais do CE catarinense, fica clara a pequena participação dos vários componentes (fundadores) do Conselho Deliberativo nas atividades operacionais do CLIMERH. Porém, algumas delas ainda mantêm uma forte aliança com o CE, como é o caso da Eletrosul, a Celesc, a UFSC e a FURB. Algumas delas, realmente, nem se manifestam, principalmente porque não encontraram até hoje uma explicação plausível de estar naquele rol.

Assim, as dificuldades que a EPAGRI tem enfrentado, desde 1992, para arcar com as despesas da própria empresa, juntamente com as do CE, ficam evidentes e de alguma forma, compromete a continuidade do Centro, podendo influenciar na qualidade das previsões de tempo e demais produtos meteorológicos elaborados. Uma vez que a prestação de serviço é uma das formas encontradas pelo CE para aliviar seus custos, fica a preocupação com a de um órgão de o Estado competir no mercado com empresas privadas, que são enfocadas na próxima seção.

### **3.6 O PAPEL DA INICIATIVA PRIVADA NAS PREVISÕES DO TEMPO NO BRASIL**

O principal produto da Meteorologia é sem dúvida a previsão do tempo. Cada usuário deseja (ou precisa) de uma previsão de tempo, levando-se a concluir que os previsores diante de uma linha de produção de previsões de tempo a cada dia que surge, a cada semana e a cada mês. As previsões do tempo e previsões do clima têm atributos que lhes conferem confiabilidade e valores, como já foi exposto no capítulo anterior. Estes valores, quando expressos na forma da relação custo/benefício, são associados diretamente a valores monetários. Isso leva o par previsor/usuário a se associarem em vários negócios que podem ser rentáveis, envolvendo o uso da informação meteorológica.

Assim, diversas empresas especializadas em gerar previsões de tempo sob encomenda têm sido criadas, demonstrando, no mínimo, que o mercado necessita deste tipo de produto. No Brasil, há algumas empresas privadas que já vêm desenvolvendo este tipo de serviço já há algum tempo, como por exemplo, a Climatempo Meteorologia (Climatempo) e a SOMAR Meteorologia (SOMAR).

A Climatempo surgiu em 1988, quando dois jovens meteorologistas, Carlos Magno do Nascimento<sup>61</sup> e Ana Lúcia Frony de Macêdo, começaram um empreendimento inédito no Brasil: uma empresa privada, de consultoria, para fornecer previsão de tempo para os meios de comunicação. Seus primeiros clientes foram a rádio “Eldorado” (AM/FM) e o jornal “O Estado de S. Paulo”, ambos da cidade de São Paulo. O sucesso da empresa levou à ampliação da carteira de clientes, e do tipo de serviços prestados: agricultura, pecuária, *traders* e corretoras, engenharia civil, mineração, produção de vídeos, esportes náuticos, atividades de lazer, confecção e moda, análises climáticas, previsão de clima, laudos e certidões para fins legais.

O trabalho da equipe de meteorologistas da Climatempo mudou o conceito que o grande público tinha da previsão do tempo. Agora, o serviço é reconhecido pelos seus índices de acerto, de grande qualidade e sua enorme utilidade pelos diversos setores produtivos. Com a Internet à disposição cada vez maior das pessoas, a Climatempo cresceu e expandiu suas fronteiras, consolidando sua qualidade e adquirindo o reconhecimento do público em geral. Segundo Magno, “*a Climatempo abre as portas do futuro e integra-se a globalização, permitindo à comunidade acesso gratuito a informações especializadas de Meteorologia para o Brasil e América Latina, geradas pela melhor equipe de previsores que contam com um know-how de 13 anos*”.

Do ponto de vista tecnológico, o CLIMAWAP é um dos mais atuais serviços que a Climatempo oferece, permitindo que os seus usuários tenham acesso às informações de previsão para 1000 cidades e aeroportos através de seus telefones celulares. Isso demonstra a constante versatilidade e preocupação com o aprimoramento da empresa e com a forma com que a informação meteorológica pode chegar com confiabilidade ao cliente. Nesse sentido, o aprimoramento dos seus serviços vai no sentido do investimento em novas tecnologias. A mais recente, Climatempo banda larga, permite o acesso à previsão em vídeo através da Internet.

---

<sup>61</sup> O seu perfil profissional pode ser visto no **Anexo 1**.

Para Magno e a Climatempo, o compromisso da empresa com o público, “*será sempre o mesmo: qualidade e a confiança nas informações de tempo*”. Isso se reflete na formação da sua equipe, que conta com nove meteorologistas e outros tantos não-meteorologistas, para que ela possa atender a toda a sua diversificada clientela. Segundo Magno, estas empresas são verdadeiros “*agentes catalisadores da sociedade para o consumo de informação meteorológica, mudando a cultura do grande público com relação à ciência e gerar recursos para o setor*”.

Mas nem sempre as empresas privadas da área meteorológica têm essa estratégia e visão de mercado. Para Paulo César Espinoza Etchichury<sup>62</sup>, meteorologista da área de operação com passagem pelo INMET, INPE e atualmente, sócio-diretor da Empresa SOMAR Meteorologia, “*um dos melhores clientes é sem dúvida, a agricultura, pela sua ocorrência em praticamente todo o território nacional*”.

A SOMAR foi a primeira empresa privada no Brasil a prestar serviços de previsão de tempo e clima para a América do Sul, utilizando técnicas de modelos matemáticos, especializados em fenômenos de escala regional. O seu compromisso maior é fornecer informações meteorológicas, de uma maneira regular, atualizada, precisa e com credibilidade. Para isso, ela coloca à disposição do público em geral a prestação de serviços nas áreas de monitoramento especializado do estado do tempo; precipitação, temperatura e vento (para até cinco dias); monitoramento das condições meteorológicas e climáticas especializadas destinadas para agricultura, gerenciamento de bacias hidrográficas, atividade pesqueira, indústria, comércio, transportes e turismo; previsão de fenômenos adversos: geadas, neve, nevoeiros; estudos estatísticos climatológicos para determinadas regiões; previsão do estado do mar, altura das ondas, período e energia da onda; emissão de laudos técnicos, perícias e fornecimento de dados meteorológicos refinados; estudos de impactos ambientais; consultorias especializadas para empresas públicas ou privadas; desenvolvimento e comercialização de softwares aplicativos para a Meteorologia; e promoção de treinamentos, seminários, cursos e workshops nas áreas afins (SOMAR, 2001).<sup>63</sup>

Para Etchichury, o papel das empresas privadas nesta área “*ainda é incipiente mas vai melhorar, na medida que também evoluem a pesquisa e a tecnologia nessa área*”. Além disso, com relação à fatia que essas empresas ocupam ou possam vir a

---

<sup>62</sup> O seu perfil profissional se encontra no **Anexo 1**.

<sup>63</sup> SOMAR (2001). Site informativo e de serviços da SOMAR Meteorologia na Internet: <http://www.somarmeteorologia.com.br>. Acesso em: 20/03/2001.

ocupar no mercado brasileiro, Etchichury adianta que, para ele, *“as empresas privadas de forma alguma podem substituir ou fazer o papel dos órgãos públicos, até mesmo por que a Meteorologia na maior parte do mundo é considerada uma atividade essencialmente pública”*.

Adotando o raciocínio de Etchichury, o sistema nacional de Meteorologia, sendo um sistema forte, com instituições sólidas, que tenham clareza e competência nas suas atividades, induzirá limites às áreas de ação das empresas privadas e somente com muita versatilidade e criatividade elas poderão sobreviver, uma vez que, para ele, *“a empresa privada complementa o sistema, dando uma maior capilaridade, executando aquelas atividades de interesse específico de um determinado setor, quer seja público ou privado”*.

Um outro aspecto comercial é o da competição dessas empresas no mercado. A empresa privada estabelece essa competição, que é muito salutar, gerando postos de trabalho e agregando valor aos próprios produtos meteorológicos. Segundo Etchichury, essa agilidade que a empresa privada precisa ter é que lhe permitirá *“responder às diferentes demandas da sociedade”*.

Segundo Pedro Dias, vale a pena mencionar que a SOMAR foi a única empresa na área que desenvolveu uma parceria formal com o setor acadêmico: *“... a iniciativa ocorreu em 1995 quando a FUSP, por solicitação do IAG/USP, contratou a SOMAR para a execução de serviços operacionais de previsão de tempo. Seguiram-se vários outros contratos, ora a USP solicitando à SOMAR algum serviço, ora a SOMAR solicitando à USP alguma consultoria ou produto para previsão de tempo especializada”*.

Em Santa Catarina, a Climaterra Meteorologia é um exemplo de empresa privada na área da Meteorologia que atua na interface do Centro Estadual e os usuários. Sua atuação de competição no mercado de prestação de serviços meteorológicos e climatológicos é eficiente, tendo como aliadas na sua divulgação, as rádios, TVs e jornais da região sul do Estado, em especial, pelo fato da sua sede ser na cidade de São Joaquim<sup>64</sup>, mas atua em todo o Estado, Litoral e Interior. Segundo Ronaldo Coutinho, sócio proprietário da empresa, *“o forte da Climaterra é a sua proximidade com o público, alcançada de forma natural com as inserções nos jornais escritos e falados, a*

---

<sup>64</sup> A previsão de queda de neve na Serra Catarinense é de interesse regional, principalmente na área do Turismo.

*linguagem utilizada [ou seja, na forma de falar da gente catarinense] e a explicação [peritamente] clara e convincente dos fenômenos meteorológicos que acontecem no dia-a-dia*”. A soma desses aspectos é que levam a empresa ter um conceito perante a mídia e o público, no mesmo patamar, ou até mais alto, que o do Centro Estadual.

Portanto, as empresas privadas da área meteorológica, quer queiram quer não, competem sim, com as instituições públicas, e vice-versa, de modo que ainda não existe uma clareza nos espaços que cada uma delas deveriam ou poderiam ocupar no que concerne a prestação de serviços meteorológicos. Isso deve ser, talvez, devido ao fato do serviço público ainda não ter feito um produto diferenciado.

### **3.7 A PRODUÇÃO E OS USOS DA INFORMAÇÃO METEOROLÓGICA: OS USUÁRIOS**

A informação meteorológica, como qualquer outra informação técnica, tem o seu valor utilitário e assim é vista e avaliada por quem a utiliza. As análises das relações de custo/benefício norteiam esta visão utilitarista, uma vez que se trata de uma atividade que envolve uma significativa soma de dinheiro nos investimentos e nas perdas decorrentes da informação mal-compreendida ou mesmo, errada.

A elaboração de previsões regionais de tempo, desde as previsões para fins específicos, até a disseminação de avisos meteorológicos especiais pré-catástrofes, torna-se cada vez mais imprescindível na atualidade. O Eng. Mário Tachini, coordenador do CEOPS da bacia do Itajaí, quando consultado a respeito da participação das universidades na operação de estruturas técnicas públicas como barragens, obras de melhoramento fluvial, operação de estações meteorológicas e telemétricas, é claro no seu ponto de vista:

*“as empresas públicas municipais, estaduais e federais deveriam ordenar as suas participações no que lhes competem, deixando espaço para os demais componentes da sociedade atuarem como parceiros e convenientes. No que tange às universidades, a elaboração de projetos de pesquisa e até, a participação na execução de alguns deles, torna-se interessante para ambas as partes, mas a ocupação completa em tarefas públicas é inaceitável, mesmo que estas sejam a previsão do tempo ou a de enchentes”.*

Sendo os usuários, parcelas ou a totalidade da população, a sua consulta, sempre que possível, norteia a produção de informações e bens. No caso das informações meteorológicas não seria diferente. Consultas via questionário e entrevistas têm sido cada vez mais comuns, na área meteorológica e na área dos usuários. Elas



começam sob a forma de pesquisa local e aos poucos vão se alastrando por áreas cada vez maiores, sobretudo se a Internet é utilizada.

Estes balizamentos são necessários para o ordenamento de idéias, verificação da aceitação de produtos ou mesmo, para o levantamento da clientela. Produtos meteorológicos e climáticos têm clientes específicos. Cada vez mais pessoas estão cientes de que as informações meteorológicas reduzem gastos; ajudam para um melhor aproveitamento dos recursos naturais; são imprescindíveis tanto no planejamento, quando na execução dos programas de desenvolvimento.

O clima e o estado do tempo são fundamentais para serem levados em consideração em qualquer programa de desenvolvimento econômico. É o clima que, ao longo dos anos, determina a vegetação natural, a abundância e a falta de água, as possibilidades de uma agricultura mais forte e as condições de habitabilidade pelo homem. São as condições do tempo que determinam a administração mais econômica da demanda de energia, o período mais propício para as atividades agrícolas, o conforto e a segurança no trabalho e nos diferentes meios de transportes.

Em eventos catastróficos, a componente mais comum é a meteorológica. Em casos específicos de enchentes em bacias hidrográficas, a chuva é a grandeza potencial geradora da adversidade. Os seus mecanismos físicos de formação e desenvolvimento, dependentes da pressão e da temperatura, bem como aqueles que lhe dão organização de conjunto, são aqueles que irão proporcionar as condições de ultrapassar os limites de tolerância e capacidade volumétrica da região sobre a qual essas chuvas ocorrem. Enchentes lentas ou rápidas decorrem de uma capacidade limitada da bacia hidrográfica, que responde insatisfatoriamente ao escoamento das águas percoladas daquelas encaixadas nas calhas dos rios.

Estimativas de quantidade e intensidade das chuvas nos momentos de chegada dos “sistemas atmosféricos” (estágios pré-frontais) e nas possibilidades de estagnação do mecanismo de chuva sobre a região passam a ser muito importantes para as comunidades na área afetada. Isso implica na necessidade de existência de medidas não-estruturais, como SACHes, na região.

Para uma melhor compreensão das atividades meteorológicas exercidas no Brasil, torna-se importante, pois, buscar uma compreensão da organização que representa a área e seus profissionais, através da análise da rede sociotécnica, de atores humanos, delineada neste capítulo. Mas a rede tem uma participação decisiva dos aparatos tecnológicos que necessitam ser analisados.

Uma previsão do tempo confiável depende ainda da tecnologia empregada na Meteorologia, ou seja, os atores não-humanos que integram a rede sociotécnica, ponto que será abordado no próximo capítulo.

## CAPÍTULO 4

### O PAPEL DA TECNOLOGIA NA METEOROLOGIA: INSTRUMENTOS, MÁQUINAS E MODELOS

A proposta e a execução de projetos técnico-científicos nas mais variadas áreas como agricultura, medicina, energia, telecomunicações, sistemas produtivos, transportes e infra-estruturas rodoviárias constituem hoje processos definidores da sociedade. A rapidez com que as novas propostas nesse sentido vão sendo feitas “*não tem precedentes na história, também nunca tantos e tão diversos atores/intervenientes (públicos/privados, indivíduos/coletivos, peritos/leigos) se envolveram desde a definição até à utilização dessas inovações*” (BENTO, 2002, p. 109).

Na Meteorologia isso não é diferente. Antes, o que já foi um dia alta tecnologia, como barômetros e termômetros – os quais eram minuciosamente fabricados em laboratórios da Alemanha, Suíça e Inglaterra – atualmente não passam de instrumentos obsoletos pelo tempo, em comparação aos atuais sensores dos equipamentos digitais e computadorizados de alta precisão que compõem, por exemplo, as estações meteorológicas automáticas. Assim, os instrumentos meteorológicos atuais prescindem cada vez mais da presença humana na tarefa de observação, porém, não determinam sozinhos a qualidade das informações. Os atores humanos passam a ter um papel ainda mais importante que é o da avaliação e crítica dos dados medidos, da checagem técnica dos equipamentos eletrônicos e da verificação da coerência e vieses da coleção de dados que uma dada estação produz. Além disso, a presença humana se torna imprescindível na elaboração e compreensão de teorias que tentam explicar de forma minuciosa, o papel da atmosfera no sistema oceano-atmosfera-terra. Portanto, as estações meteorológicas convencionais [acesso direto] aos poucos vão dando lugar às automáticas do tipo telemétricas [acesso direto] ou via Plataformas de Coleta de Dados (PCDs), satélite e Internet [acesso indireto] (ATLAS, 1997).

A análise da evolução científica e tecnológica da Meteorologia do Brasil, e em outras partes do mundo, nos permite estender o horizonte desta área do conhecimento, tanto no campo da observação meteorológica, como no da informática e das telecomunicações, que têm influência direta nas suas pesquisas e operações. As técnicas de sensoriamento remoto estão em constante evolução de modo que se pode afirmar que, havendo recursos financeiros suficientes, não haverá dificuldades em implantar sistemas peritos que nos permitam observar detalhadamente a atmosfera e os oceanos ao nível das exigências atuais e de um futuro próximo (MARQUES, 2001).

O sensoriamento remoto da atmosfera é uma realidade e, de uma maneira sucinta, um subsistema atualizado de coleta de dados. A partir da década de 90, pode ser descrito com a seguinte composição: radar meteorológico do tipo *Doppler*, equipamento de recepção de imagens de satélite, rede de estações automáticas de superfície com PCDs ou *modem*, rede de detecção de descargas elétricas, estação de radiossondagem e perfiladores verticais (OLIVEIRA, 1997).

Com relação às transmissões de dados entre atores humanos e não-humanos, a interface entre as máquinas tem apresentado protocolos cada vez mais inteligentes e versáteis, pois

*“... a comunicação de computador a computador e o acesso às bases de dados disponíveis em redes internacionais, como a Internet, ( ... ) não são mais novidade para a maioria dos meteorologistas. Os que estão em instituições universitárias de ensino e de pesquisa já corriqueiramente trocam correspondência no País e com o exterior, beneficiando-se do correio eletrônico (e-mail) dessas redes”.* (DAMÁZIO, 1995, p. 9)

Do ponto de vista brasileiro, o avanço tecnológico vem ganhando importância para as instituições do sistema nacional de Meteorologia, ao longo dos últimos anos, em dois aspectos: o primeiro tem a ver com a qualidade, precisão e versatilidade cada vez maior dos sensores e instrumentos de medida, devido, entre outros aspectos, à sua evolutiva miniaturização eletrônica, bem como das redes físicas de coleta de dados; a segunda, tem a ver com a evolução das máquinas computacionais, em especial à versatilidade das estações de trabalho para o manuseio de dados e resultados científicos e numéricos, utilização de *softwares* gráficos e principalmente, aos computadores cada vez mais rápidos, que atuam de forma vetorial, com processadores paralelos – os supercomputadores.

Para municiar estas máquinas com dados

*“existe um sistema mundial de observação, que é coordenado pela Organização Meteorológica Mundial, chamado Sistema Global de Telecomunicação (GTS). Este sistema é distribuído ao redor do globo e as medições (de responsabilidade de cada país) são feitas em horários pré-definidos. Os dados são todos reunidos em centros regionais, onde estes levantamentos são feitos, sendo o centro mundial mais próximo o de Washington (outros centros mundiais estão localizados em Moscou e Melbourne). Os centros mundiais coletam os dados regionais, depois eles trocam informações entre si e devolvem os dados para os centros. Então, todo mundo tem acesso ao globo todo, com essas informações, são preparados os dados que vão entrar nos modelos”.* (BONATTI, 2002, p. 3)

O referencial teórico adotado neste trabalho permite fazer uma leitura das assimetrias na tecnologia, e encarar, nos mesmos termos, seus aspectos sociais e técnicos, ou seus aspectos humanos e não-humanos. É por este motivo que, neste trabalho, mesmo separado em itens, o social e o técnico formam um todo contínuo e integrado. O que é técnico é social e vice-versa, donde o uso da expressão “análise sociotécnica”.

Neste capítulo, a tecnologia utilizada pela área meteorológica é descrita e o seu papel é analisado com relação à sua importância no contexto do desenvolvimento da Meteorologia nacional.

#### **4.1 A EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA À DISPOSIÇÃO DA METEOROLOGIA BRASILEIRA**

A Meteorologia que é desenvolvida no Brasil tem grande influência dos seus diversos parceiros nos países mais desenvolvidos, cujas instituições são: o NCEP dos EUA, localizado em Washington; o Centro Europeu (ECMWF), localizado em Reading, na Inglaterra; e o DWD da Alemanha, que é o seu órgão oficial. Outros serviços nacionais de Meteorologia também têm relação técnica-científica com as instituições brasileiras, mas, as suas participações ocorrem em situações específicas ou projetos limitados. A “preferência” por uma ou outra associação, na sua maior parte, é decorrente da participação nas mesmas de profissionais brasileiros – estudantes e pesquisadores – por ocasião da sua formação acadêmica como treinamentos, estágios e, principalmente, cursos de pós-graduação, como afirma Molion.

Em geral, as instalações e infra-estruturas existentes nos países onde os profissionais brasileiros desenvolvem seus trabalhos científicos e estagiam, lhes proporcionam um primeiro contato com tecnologias mais avançadas da área

meteorológica; na sua volta ao País, buscam desenvolver projetos e propostas a fim de introduzir esses avanços, de “resgatar o tempo perdido”.<sup>65</sup>

À medida que a Microeletrônica se desenvolve, os instrumentos de medição das grandezas meteorológicas ganham maior confiabilidade. Ou seja, os sensores destes instrumentos são a cada dia melhorados no sentido da sua durabilidade, pois eles são concebidos para funcionar por um longo período sem a necessidade de manutenção corretiva. Assim, a fabricação em série de componentes eletrônicos e a utilização da informação via satélite diminuem a relação custo/benefício da atividade, permitindo uma expansão das redes físicas de observação automática por todo o planeta, em áreas desabitadas e principalmente nos oceanos (CALHEIROS, 1992).

#### 4.1.1 A Rede de Estações Meteorológicas: convencional versus automática

Uma estação meteorológica convencional é um conjunto de instrumentos, estabelecido num local que obedece a requisitos e padrões mundiais, para que seus dados possam ser referenciados e comparados, sobre uma mesma base de observação. As medições das grandezas atmosféricas dependem intrinsecamente do princípio de funcionamento dos instrumentos instalados; todavia, sempre haverá instrumentos como termômetro, barômetro, higrômetro, psicrômetro, anemômetro e pluviômetro, dentre alguns outros, para a medida da radiação solar, por exemplo. As regras de operação das estações meteorológicas e climatológicas são definidas pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), que tem sede em Genebra, Suíça. Tendo em vista o interesse aqui pelas previsões de chuva, o pluviômetro é um instrumento essencial e a partir de agora será descrito com uma maior atenção (TUBELLIS e NASCIMENTO, 1984; VAREJÃO-SILVA, 2000).

A leitura da medida da precipitação pluviométrica (ou “altura” de chuva) é realizada por um dos instrumentos meteorológicos mais antigos do mundo. Tem-se notícia que os chineses, hindus e outros povos já mediam a altura das precipitações muito antes da era cristã, e, no entanto, a representatividade da leitura de um pluviômetro ainda é motivo de discussões. A Organização Meteorológica Mundial (OMM) publicou, na sua série “*Instruments and Observing Methods*”, um artigo que

---

<sup>65</sup> Isto pode ser constatado nos questionamentos de MOURA (1986), vistos no capítulo anterior, sobre a evolução histórica do INPE.

resultou das 136 respostas de um questionário sobre a medida de chuva, enviado aos 160 países que fazem parte da OMM. Mais de 50 tipos de pluviômetros então eram usados no mundo inteiro, num total de 150.000 pluviômetros. (SERRUK e KLEMM, 1989)

Os pluviômetros diferem consideravelmente em modelo, formato, tamanho e material empregado na sua fabricação. A área de captação varia de 7 (Israel) a 1000 cm<sup>2</sup>, sendo que na maioria a área é de 100-200 cm<sup>2</sup>. Os materiais mais usados são o ferro galvanizado e o cobre, mas o plástico é também usado. A altura de instalação varia de 0.2 a 2.0 m. Somente sete países usam permanentemente anteparo de vento de diferentes formatos. O modo pelo qual é medida a precipitação varia, mas a grande maioria dos pluviômetros não possui torneira, nem tampouco são construídos em aço inoxidável, como é o caso dos usados no Brasil (VAREJÃO-SILVA, 2000).

O pluviômetro mais utilizado é o Hellmann (de origem alemã), vindo depois o chinês PG e, em seguida, o inglês Snowdon Mk2. Estes três tipos representam cerca da metade de todos os pluviômetros usados no mundo, e estão bastante concentrados, demonstrando, assim, uma distribuição irregular. Considerando essa variedade de tipos e o fato de que não existe uma norma bem definida quanto ao seu grau de exposição, a compatibilidade dos dados se torna muito difícil, devido ainda às constantes mudanças de local para seu uso (OMM, 1988).

O desenho do pluviômetro, suas características, as condições meteorológicas reinantes e o local de instalação são itens que condicionam a consistência da medida ou os seus possíveis erros. Por exemplo, quando se desenvolvem experimentos de campo em Agrometeorologia e Micrometeorologia, as precisões necessárias nas medidas da precipitação levam o pesquisador a utilizar o chamado pluviômetro padrão, que GRIMM (2001, p. 43) <sup>66</sup> apresenta como aquele que

*“tem um diâmetro em torno de 20 cm no topo. Quando a água é recolhida, um funil a conduz a uma pequena abertura num tubo cilíndrico de medida que tem a sua área da seção reta de somente um décimo da área do coletor. Conseqüentemente, a espessura da chuva precipitada é aumentada 10 vezes, o que permite medidas com precisão de até 0,025 cm, enquanto a abertura estreita minimiza a evaporação. Quando a quantidade de chuva é menor que 0,025 cm, é considerada um traço de precipitação.”*

Todavia, para fins hidrológicos ou de previsão do tempo, a precisão pode ficar em uma casa decimal de milímetros como 2,4 mm, 35,8 mm, etc. Assim, os

---

<sup>66</sup> A Dra. Alice M. Grimm tem seu site na Internet em: <http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/index.html>

pluviômetros são, na sua maioria, do tipo *Ville de Paris*, que é o mais difundido no Brasil, principalmente nas redes de estações convencionais do INMET e os instalados na rede pluviométrica da Agência Nacional da Água (TUBELLIS e NASCIMENTO, 1984).

A compatibilidade dos dados de precipitação exige a manutenção rotineira dos pluviômetros. Somente um dado de qualidade consegue representar um fenômeno meteorológico. A exatidão da medida da precipitação em uma área depende da precisão dos dados e da densidade de medidores, principalmente quando ocorre um aguaceiro, onde a grande variabilidade precisa ser levada em conta na utilização destes valores em rotinas de análise e previsão de tempo (VAREJÃO-SILVA, 2000).

Uma estação meteorológica convencional é constituída por instrumentos que dependem basicamente do observador para fazer as suas leituras, que são anotadas em cadernetas de campo, cujos dados podem ser armazenados em banco físico ou virtual previamente organizado. A frequência de observações e de repasse dos dados colhidos, e a utilização de instrumentos específicos adicionais definem o tipo de estação meteorológica. Por exemplo, se a intenção da coleta dos dados é o estudo do clima, a estação é dita climatológica e a sua rotina é de duas a três coletas diárias (manhã, tarde e noite). Caso seja para a utilização na atividade de previsão do tempo, é dita estação sinótica, com uma frequência de coleta convencionalmente definida de três em três horas, com o repasse imediato aos centros previsores. Por sua vez, em situações adversas do tempo, a rotina de uma estação pode ser intensificada, com coletas de mais curto prazo que o normal, com a necessidade de plantões e vigílias do observador (OLIVEIRA, VIANELLO e FERREIRA, 2002).

O mesmo raciocínio sobre as precisões vale para os demais instrumentos como o barômetro, o termômetro e o anemômetro, componentes de uma estação convencional. A FIGURA 4.1 mostra algumas tomadas de uma estação convencional.



FIGURA 4.1 – ESTAÇÃO METEOROLÓGICA CONVENCIONAL, QUE FOI INSTALADA EM 1992 NO CAMPUS - I DA FURB, AINDA EM ATIVIDADE.



FOTOS: MARIO C. OLIVEIRA

Todavia, a construção dos instrumentos de medida das variáveis atmosféricas sofreu uma significativa evolução com a adoção de técnicas baseadas na eletrônica. Cada vez mais, se constroem instrumentos capazes de melhorar a qualidade dos dados, com medidas cada vez mais precisas, principalmente devido à evolução da ciência dos materiais. Desde o período pós-guerra até os dias atuais, a evolução tecnológica tem permitido uma performance cada vez mais eficaz, com o advento da miniaturização da eletrônica e da informatização de processos e atividades. Isso tem trazido um leque cada

vez maior de possibilidades de formas de medida e arranjos de instrumentos automatizados (OLIVEIRA, VIANELLO e FERREIRA, 2002).

A formação de redes físicas amplamente espalhadas pelo território é um reflexo da necessidade do controle. Em especial, as redes de estações meteorológicas são instaladas com a finalidade principal de, ao se fazer uma observação ampla ao nível da superfície, representar uma área circular em torno dela da ordem de 50 km, de acordo com OMM (1988).

Além disso, a rede básica deve atender às necessidades do País de forma integrada, suprimindo os requisitos mínimos para operação de um sistema eficaz de previsão numérica e atendendo aos requisitos mínimos para o monitoramento do clima e de possíveis alterações e outras aplicações. Assim, seus dados passam a ser a representação de uma área, sendo a rede a representação de uma área mais abrangente. Esta área maior é utilizada como uma limitação da cobertura representativa dos dados. Estes dados são fundamentais para compor os modelos numéricos, rodados por um computador, que tem como princípio básico realizar cálculos rápidos e armazenar grandes quantidades de dados (SILVA DIAS, 1990).

Como nas áreas de cobertura das medidas requeridas nem sempre se pode contar com observador, a adoção de estações meteorológica que realizam as medidas e transmitem (ou armazenam) seus dados automaticamente passou a ser a solução para este problema. E, apesar da automação e telemetria desenvolvidas a partir de satélites, estações de superfície ainda são de crítica importância para o conjunto de processos de previsão, nas suas várias escalas (ATLAS, 1997).

A confiabilidade dos equipamentos automáticos tem limites e eles requerem aferição e manutenção periódica. Do ponto de vista do custo operacional, elas são mais caras, porém quando estão em pleno funcionamento, simplificam em muito as tarefas de coleta e armazenamento dos dados, podendo ser obtidos em tempo real, telemetricamente, a partir de linha telefônica e *modem*. Assim, uma rede de estações automáticas, quando rigidamente mantida e cuidada, insere maior agilidade e versatilidade às rotinas operacionais de previsões do tempo (LEITE, 2001).

Nestes casos, observadores passam a compor sistemas alternativos ou redundantes do sistema automático principal. De qualquer forma, segundo Athayde, quando os equipamentos são danificados por algum motivo e observadores não são

disponíveis, os centros operacionais ficam sem os dados e a confiabilidade das previsões do tempo cai.

A FIGURA 4.2 apresenta uma estação meteorológica automática, da marca MTX, de origem italiana, instalada por técnicos da Metheortec Tecnologia e Representações Ltda. em 24/03/1993, no Campus I da FURB. Nota-se que o espaço ocupado por uma estação deste tipo é menor que o de uma estação convencional.

FIGURA 4.2 – ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA ITALIANA MTX, INSTALADA EM MARÇO DE 1993 NO CAMPUS - I DA FURB.



FOTOS: MARIO C. OLIVEIRA

#### 4.1.2 O satélite meteorológico e a Meteorologia brasileira

A visão obtida pelas redes físicas, cada vez mais expandidas, a formação de enormes bancos de dados, ambos disponibilizados cada vez mais pelos avanços das telecomunicações, e o advento das radiossondagens, são recursos que foram ampliados significativamente com a possibilidade de se colocar satélites geostacionários em torno

da Terra. Isso se deveu ao PhD. Verner Edward Suomi<sup>67</sup>, da Universidade de Winsconsin-Madison, que é considerado o “Pai do Satélite Meteorológico”. Na década de 60, ele conseguiu resolver o problema de como colocar um satélite geoestacionário em órbita, como explica Molion.

A visão do planeta a partir do espaço quebra uma barreira e inverte a forma de trabalhar a Meteorologia. A atmosfera, que antes era olhada de baixo para cima, passa a ser vista e analisada também de cima para baixo. A componente vertical das equações matemáticas aplicadas aos movimentos atmosféricos passa a ser considerada e, portanto, encontra-se uma explicação mais plausível e completa desses movimentos. Com isso, as atividades operacionais incorporam subsídios teóricos capazes de proporcionar aos previsores, maior consistência nas suas análises, conclusões e tomadas de decisão, aumentando a confiabilidade das previsões do tempo elaboradas por eles (HOLTON, 1992).

Ato contínuo, surgiu a necessidade cada vez maior do armazenamento de grandes volumes de informações para inicialização de modelos de simulação da atmosfera, e o que antes era apenas intuitivo, passou a ser um pouco mais palpável, por ser resultado de cálculos feitos com a adoção de equações matemáticas nas três dimensões espaciais, e dependentes do tempo. Assim, a atividade de previsão numérica do tempo ganha força e esta forma de atuar não mais é abandonada até os dias atuais. O satélite tem a sua finalidade associada com as tarefas de vigilância meteorológica e de diagnóstico do estado do tempo, a partir de análises na faixa do visível e do infravermelho (SILVA DIAS, 1990).

Para o tratamento e interpretação de imagens advindas de satélites foram desenvolvidas pelo INPE as Unidades de Análise de Imagens (UAIs). Elas deram um impulso significativo nas atividades diagnósticas e prognósticas do tempo, por apresentar possibilidades de tradução visual das suas informações, onde escalas de tonalidades de “cores falsas” possibilitavam a análise dos contrastes e identificação de estruturas atmosféricas previamente catalogadas e padronizadas. O desafio maior na utilização dos dados desses aparelhos está na identificação antecipada do estado de maturação dos “sistemas atmosféricos” de intensidade moderada a forte, de formas por

---

<sup>67</sup> Aspectos históricos sobre a concepção do primeiro satélite geoestacionário podem ser encontrados em: <http://earthobservatory.nasa.gov/cgi-bin/texis/webinator/printall?Library/Giants/Suomi/index.html>.

vezes explosivas, a partir de condições pouco evidentes nestes dados ou diagramas. Informações adicionais como condições de instabilidade atmosférica, obtidas de forma distinta, podem auxiliar nos prognósticos e ajudar a diminuir a margem de erro.

Na atualidade, tanto os satélites como o radar, que é descrito mais adiante, se tornaram imprescindíveis para a vigilância meteorológica (FABRY, 1996). Ambos os aparelhos são muito caros e funcionam detectando ondas eletromagnéticas, porém as suas faixas de operação são muito diferentes. Enquanto o satélite capta ondas eletromagnéticas nas faixas do visível e do infravermelho, o radar emite e capta-as na faixa das microondas (PEREIRA F<sup>o</sup>, 1998).

#### 4.1.3 O Radar Meteorológico: um início difícil no Brasil

O radar – *Radio Detection And Range* – meteorológico, mais do que uma sigla, é um aparelho desenvolvido durante a Segunda Guerra Mundial e nos anos posteriores. Na verdade, em 1922 já havia comunicação via rádio HF – Young e Taylor<sup>68</sup> – e em 1934 os radares já eram utilizados para analisar a interferência de navios e aviões no espaço terrestre e aéreo, nos EUA e na Europa. Este aparelho teve o seu maior desenvolvimento nos EUA, Inglaterra, França, Itália, Alemanha, Holanda, Rússia e Japão. A invenção da válvula Magnetron por Randall e Boot<sup>69</sup>, com frequência de microondas, permitiu a adoção de antenas pequenas para recepção dos sinais de retorno e com isso, uma maior utilidade. Desde então, as suas maiores aplicações foram militares, para a detecção de aeronaves. (PEREIRA F<sup>o</sup>, 1998)

O início das pesquisas meteorológicas com este aparelho foi nos anos pós-guerra e o desenvolvimento da eletrônica possibilitou a transição *hardware* → *software*. Isto significa que os radares começaram a utilizar interfaces cada vez mais eletrônicas e computacionais, a ponto dos sinais antes vistos como pontinhos intermitentes numa tela, num período de 20 anos, ser transformado em uma distribuição espacial e temporal de sinais, possibilitando o acompanhamento de alvos. Daí o surgimento dos radares Doppler, que proporcionam a determinação não apenas do local do alvo, mas também, a sua velocidade com relação a um dado referencial. Além disso, a “dopplerização” dos radares permitiu, identificar, com a análise de polarização dos feixes enviados e

---

<sup>68</sup> James Young e Henry Taylor, em 1922, foram os pioneiros na comunicação via ondas de alta frequência (VHF, UHF, MHF, GHF, etc.).

<sup>69</sup> James Randall e Steve Boot eram irlandeses e foram os inventores da válvula Magnetron, que compõe de forma imprescindível um radar convencional.

recebidos, numa varredura, o tipo, o formato e o tamanho dos alvos. Mas a sua maior vantagem com relação aos radares convencionais está na possibilidade de correção das medidas para os alvos que estão em movimento, como é o caso de acompanhamento de chuvas acompanhadas de ventos e quedas de granizo (PESSOA, 2001).

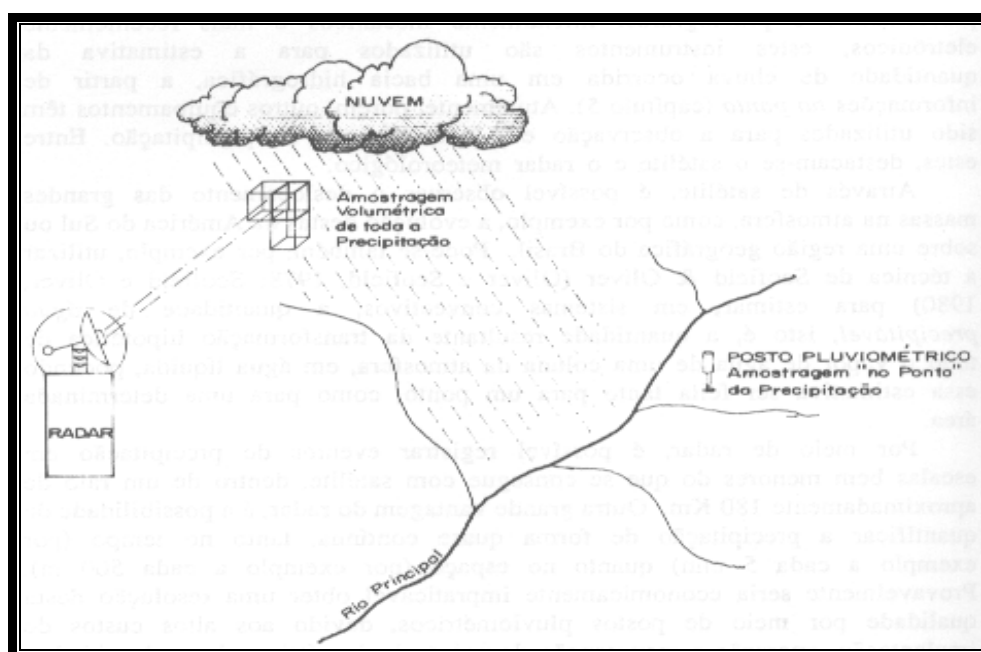
O radar é utilizado na Hidrometeorologia para mostrar as estruturas das nuvens com respeito à sua distribuição de gotas e gelo, por tamanho, aspectos importantes na estimativa da chuva provável.

*“Por meio de radar, é possível registrar eventos de precipitação em escalas bem menores do que se consegue com satélite, dentro de um raio de aproximadamente 180 km. Outra vantagem do radar é a possibilidade de quantificar a precipitação de forma quase contínua, tanto no tempo (Por exemplo a cada 5 minutos) quanto no espaço (por exemplo a cada 500 m). Provavelmente seria economicamente impraticável obter uma resolução desta qualidade por meio de postos pluviométricos, devido aos altos custos de implantação, operação e manutenção de redes pluviométricas dessa densidade”.* PESSOA (2001, p. 877)

Logicamente que há limitações, como pode ser visto em FABRY (2001).

A FIGURA 4.4 ilustra as naturezas das medições da chuva com pluviômetro e com radar. A amostragem da chuva feita pelo radar é do tipo volumétrica, enquanto a feita pelo pluviômetro, num dado posto localizado na superfície, diz respeito apenas àquele ponto de medição.

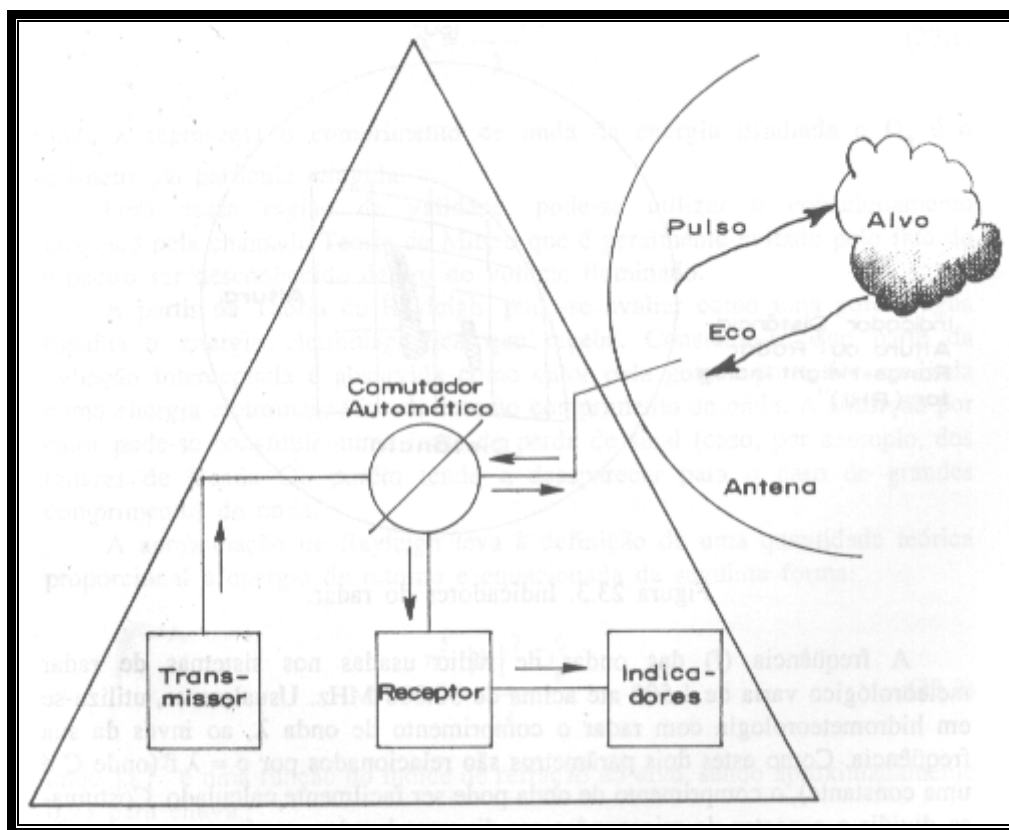
FIGURA 4.4 – DIAGRAMA ILUSTRADO DAS DIFERENTES NATUREZAS DE MEDIÇÕES DE PRECIPITAÇÃO COM PLUVIÔMETRO E COM RADAR



FONTE: PESSOA, 2002

A FIGURA 4.5 ilustra de forma diagramada a tarefa de operação de um radar, que consiste de quatro componentes básicos<sup>70</sup>, que são: transmissor (gera o sinal de alta frequência), antena (envia e recebe os sinais), receptor (detecta e amplifica o sinal de retorno), e o sistema de exibição (mostra numa tela os alvos detectados).

FIGURA 4.5 – DIAGRAMA BÁSICO DE FUNCIONAMENTO E OPERACIONALIDADE DE UM RADAR METEOROLÓGICO



FONTE: PESSOA, 2001.

Por conveniência, as frequências utilizadas nos radares são comumente separadas em bandas, como mostra a TABELA 4.1 mais adiante. Pode-se notar que para comprimentos de onda menores (equivalente a alvos menores), a frequência deve ser mais alta que alvos maiores.

Por exemplo, o radar meteorológico de São Paulo opera na frequência de 2,7 GHz. Portanto, trata-se de um radar do tipo Banda-S. Os radares meteorológicos mais comumente utilizados no monitoramento atmosférico são os do tipo Banda-C (Europa e Japão) e os do tipo Banda-S (EUA). Os demais tipos são utilizados mais em pesquisa de microfísica de nuvens. (PEREIRA F<sup>o</sup> e NAKAYAMA, 2001).

<sup>70</sup> Para maiores detalhes básicos de funcionamento, tipos e aplicações dos radares, ver PEREIRA F<sup>o</sup> (1998).

TABELA 4.1 – CLASSIFICAÇÃO DOS RADARES, DE ACORDO COM AS SUAS BANDAS DE FREQUÊNCIA E EM RELAÇÃO AOS TAMANHOS DOS COMPRIMENTOS DAS MICROONDAS DE EMISSÃO E RECEPÇÃO, CORRESPONDENTES AOS TAMANHOS DOS ALVOS.

BANDA	FREQUÊNCIA		COMPRIMENTO DE ONDA	
HF	3 – 30	MHz	100 – 10	m
VHF	20 – 300	MHz	10 – 1	m
UHF	300 – 1000	MHz	1 – 0,3	m
L	1 – 2	GHz	30 – 15	cm
S	2 – 4	GHz	15 – 8	cm
C	4 – 8	GHz	8 – 4	cm
X	8 – 12	GHz	4 – 2,5	cm
K	12 – 40	GHz	2,5 – 0,75	cm
mm ou W	40 – 300	GHz	7,5 – 1	mm

FONTE: PESSOA (1999).

Um problema inicial de operação dos radares, seja ele de que banda for, está na sua calibração, porque a quantidade de gotas, estimada a partir da diferença das microondas enviada e recebida, sofre influência das características elétricas e ópticas da própria atmosfera, como por exemplo, do seu índice de refração com relação a essas ondas. Com isso, a Previsão Quantitativa de Chuva (PQC) torna-se um constante desafio para os meteorologistas que utilizam esta ferramenta. Ela permite fazer uma estatística do número de gotas de água líquida (por unidade de volume) existente numa nuvem, e com isso, determinar a quantidade de água líquida precipitável, mas o problema reside em quanto dessa água chega ao chão, como e quando isso ocorrerá. Portanto, além das limitações tecnológicas e do processo de medição, as previsões de tempo, de alguma forma, herdam tais limitações, como afirma Reinaldo Haas.

Segundo PESSOA (2001), apesar das limitações, *“nos países mais desenvolvidos, os radares contribuem efetivamente para a boa qualidade das previsões de tempo, beneficiando enormemente as diversas atividades produtivas”*.

Enfim, instrumentos como os radares meteorológicos incorporam tecnologias de grande relevância para o conhecimento físico dos processos desenvolvidos dentro das nuvens, bem como na melhoria da medida quantitativa da chuva (MASSAMBANI, 1992).

Dentre os mais novos integrantes da família de equipamentos meteorológicos destacam-se o GPS (*Geographical Position System*) e a aerossonda. Ambos prometem



revolucionar ainda mais a Meteorologia mundial, permitindo uma melhor localização dos pontos de coleta de dados que se encontram imóveis – como estações meteorológicas de superfície ou bóias oceânicas fixas – e móveis – como bóias oceânicas à deriva. A aerossonda é um desses alvos móveis, que será detalhado mais adiante.

Com o maior detalhamento da localização dos pontos de coleta dos dados na face da Terra via GPS, juntamente com a obtenção de dados em pontos que antes eram simplesmente impossíveis de se obter diretamente os valores das variáveis meteorológicas, via aerossonda, a análise meteorológica pode se tornar mais precisa, promovendo um maior equilíbrio e uma maior representatividade nas informações fornecidas aos modelos numéricos, levando a uma melhor e mais confiável previsão de tempo (FISCH *et ali.*, 1998)

A utilização de instrumentos avançados como o Geographical Position System (GPS) e de aerossondas, nas atividades meteorológicas de posicionamento e cobertura de áreas antes sem possibilidades de acesso a dados, respectivamente, podem melhorar sensivelmente a precisão dos dados coletados, e conseqüentemente, aumentar os índices de acerto das previsões do tempo. A seguir são descritos, estes artefatos, em detalhes, e são feitas ainda, algumas considerações a respeito da sua contribuição à melhoria das previsões.

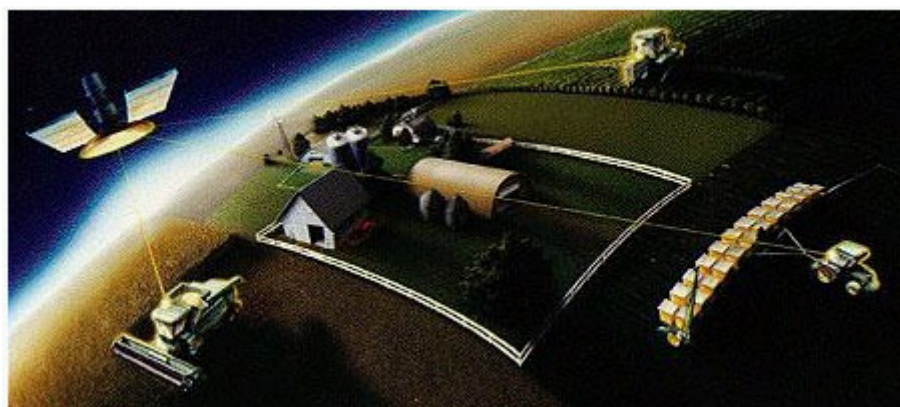
#### **4.1.4 O Geographical Position System (GPS) na Meteorologia**

O GPS foi inicialmente concebido para satisfazer os requisitos de navegação da Marinha e da Força Aérea norte-americanas. O segmento aeroespacial talvez tenha sido o maior beneficiado com este sistema e as aplicações aeroespaciais atingem as comunidades civil e militar. Ele pode ser do tipo básico ou diferencial. No GPS básico, como é ilustrado na FIGURA 4.6, a posição e a velocidade do usuário (ou objeto ou alvo) são obtidas através de triangulação (cômputo da posição 3-D a partir do conhecimento da posição de três "satélites fixos" e da posição relativa entre o usuário e cada "satélite fixo") (MONICO, 2000; GPSGLOBAL, 2003).

O princípio básico de funcionamento do GPS Diferencial (GPS-D) consiste em compensar erros do sistema através de correções nos pseudo-intervalos, coordenadas de posição ou outras variáveis de interesse, correções estas que o previsor por si só não é capaz de estimar devido à indefinição da sua própria posição. Assim, há duas formas de

obter correções diferenciais. A primeira é obter dados de correções através de medidas e das mensagens GPS de um único receptor; e a segunda, obter dados de correções através das medidas das mensagens e de características da portadora (método interferométrico) de um ou vários receptores e satélites (MONICO; SAPUCCI e TOMMASELLI, 2001).

FIGURA 4.6 – ILUSTRAÇÃO DO PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DE UM GPS, COM A CARACTERIZAÇÃO DOS TRÊS SATÉLITES “FIXOS” PARA A DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO DE UM MÓVEL À SUPERFÍCIE



FONTE: GPSGLOBAL, 2003

A informação de tempo do GPS também é extremamente precisa (erro  $< 1$  ns) e é utilizada para sincronizar sistemas temporais em diversas partes do globo (sistemas de processamento de dados, relógios etc). Para melhor identificar os parâmetros que afetam o funcionamento do sistema, o GPS é dividido em três segmentos principais: a) segmento espacial - constituído pelos satélites; b) segmento de controle - constituído pelas estações terrestres que controlam o desempenho e o funcionamento do sistema; c) segmento usuário - constituído por todos os usuários do sistema. (GPSGLOBAL, 2003)

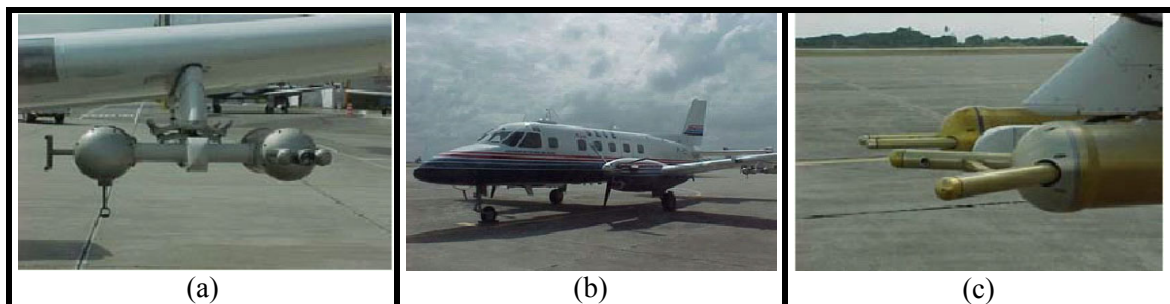
O GPS representa uma nova alternativa de posicionamento para a Cartografia e ciências afins (BAIO, 2003). Exemplo disso está na sua aplicação à Meteorologia, onde ele foi introduzido com a finalidade de definir mais precisamente as posições dos pontos de coleta de dados (estações) e a posição de sistemas organizados de nuvens, onde ocorre chuva e onde não ocorre chuva<sup>71</sup>, e o posicionamento de aeronaves quando da medição de parâmetros da microfísica de nuvens em experimentos de avaliação da

---

<sup>71</sup> Os sistemas organizados de nuvens podem desenvolver chuva em regiões limitadas, numa dada cidade, por exemplo, e não necessariamente na cidade vizinha. E isso faz muita diferença para a previsão do tempo na escala regional.

performance de semeadura de nuvens. Isto ocorre no EMfiN!<sup>72</sup>, realizado no Ceará por uma associação de atores de universidades como a Estadual (UECE) e a Federal (UFC), a FUNCEME e uma equipe do Centro Técnico Aeroespacial (CTA) de São Paulo, como explica COSTA *et ali.* (2002). A FIGURA 4.7 ilustra o aparato tecnológico utilizado por eles, consistindo de avião, sensores e sondas.

FIGURA 4.7 – FOTOGRAFIAS: (a) DOS SENSORES DE ÁGUA LÍQUIDA E SONDA FSSP-100, INSTALADOS NA ASA ESQUERDA; (b) DO AVIÃO-LABORATÓRIO PARA PESQUISAS ATMOSFÉRICAS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ (ALPA/UECE); (c) DAS SONDAS OAP-200X E OAP-200Y, INSTALADOS NA ASA DIREITA; TECNOLOGIA DE PONTA À DISPOSIÇÃO DA METEOROLOGIA REGIONAL



FONTE: COSTA *et al.*, 2002

Assim, novas perspectivas em termos da integração GPS com as atividades meteorológicas se abrem cada vez mais, tais como a sua assimilação na previsão do tempo no âmbito regional e local.

#### 4.1.5 A aerossonda como um novo aparato tecnológico para a medição de variáveis meteorológicas

O principal programa de desenvolvimento de uma aerossonda foi iniciado na Austrália, em 1995, seguindo um período de protótipo inicial, em grande parte patrocinado pelo Escritório de Pesquisa Naval dos EUA (ONR), com o patrocínio de uma agência de pesquisa e desenvolvimento australiano e apoio do ONR, entre outros. Assim, o Mark 1 – FIGURA 4.8 – foi desenvolvido entre 1995 e 1998, em colaboração com a Agência Australiana de Meteorologia. Em agosto de 1998, a Universidade de Washington demonstrou a viabilidade de longo alcance da aerossonda, administrando o primeiro vôo transatlântico realizado por uma aeronave robótica. Em 1999, foi formada uma parceria entre as empresas *Aerosonde Soon Ltd.* e *Aerosonde América Inc. North*

<sup>72</sup> EMfiN! – Experimento de Microfísica de Nuvens.

para prover operações globais deste tipo de aeronave. Estas companhias detêm uma licença exclusiva para todos os aspectos do desenvolvimento continuado do sistema de aerossondas.

FIGURA 4.8 – FOTO DA AEROSSONDA MARK-1, DESENVOLVIDA SOB A COORDENAÇÃO DO DR. G. HOLLAND, NUMA PARCERIA ENTRE A UNIVERSIDADE DE WASHINGTON E A AGÊNCIA AUSTRALIANA DE METEOROLOGIA, ENTRE 1995 E 1998.



FONTE: Aerosonde Soon Lt., 2002

Em julho de 2001, a *Aerosonde Soon Ltd.* adquiriu um suporte financeiro suficiente para responder por demandas em qualquer local do planeta, utilizando-se do GPS diferencial (HOLLAND, 2002).

A aerossonda é uma pequena aeronave robótica para monitoramento ambiental de longo alcance e vigilância. Ela foi especialmente desenvolvida para reconhecimento meteorológico e ambiental sobre áreas oceânicas e distantes, e em condições severas. Ela é capaz de ser dirigida remotamente para entrar, por exemplo, no interior de um furacão e medir seu perfil vertical de pressão, temperatura e de seus ventos, quando ainda se encontra em desenvolvimento sobre o oceano, porque no interior, os ventos são fracos e é possível, assim, estudar remotamente as propriedades daquele ar que se encontra lá (CAMEX-4, 2003).

QUADRO 4.2 – INFORMAÇÕES TÉCNICAS DE UMA AEROSSONDA.

<b>Nome</b>	<b>Aerosonde</b>
<b>Marca</b>	Aerosonde
<b>Tipo</b>	Sonda
<b>Documentação</b>	<i>aerosonde.pdf</i>
<b>Pesquisador Principal</b>	Greg Holland
<b>Co-pesquisadora</b>	Judy Curry
<b>Plataforma</b>	Aerosonde
<b>Resolução Temporal</b>	50 ms to 1 seg
<b>Resolução Espacial</b>	~ 4 m
<b>Produtos Diretos</b>	Pressão atmosférica, temperatura, ventos e umidade relativa
<b>Outros</b>	<u>Precisão dos sensores:</u> pressão ~0.1 hPa; temperatura ~0.2 K; e Umidade Relativa 2 - 5%; <u>Termômetro de Infravermelho (pirômetro):</u> Heitronix KT-11.85 na janela atmosférica de 9.6 - 11.5 mm, intervalo de -60 to 100 °C (para medir a temperatura da superfície); <u>Câmera:</u> Olympus C-3030 (com lente de 0.8x); <u>Sensores de Pressão/Umidade:</u> Väisälä RSS901; <u>Ventos e Altitude:</u> Sistema GPS.
<b>Peso</b>	13,5 kg
<b>Envergadura</b>	2,9 m
<b>Velocidade</b>	25-32 m/s; v. cruzeiro: 2,5 m/s
<b>Alcance</b>	3000 km
<b>Duração</b>	30 h
<b>Carga</b>	1-2 kg com tanque cheio

FONTES: HOLLAND, WEBSTER e CURRY (2003); CAMEX-4 (2003)

A antecipação de outros tempos severos, a vigilância perto de praias, a inspeção de atividades agrárias/biológicas, e a obtenção de observações específicas, como plumagens vulcânicas, são aplicações diretas deste novo aparato tecnológico, que passa a ser instrumento de coleta de dados, com altíssima representação espacial da atmosfera. Um conjunto dessas aeronaves pode sobrevoar uma Linha de Instabilidade (LI) ou um Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM) inteiro e repassar seus dados diretamente a um satélite ou a um centro previsor em superfície, facilitando as previsões de curtíssimo prazo. Portanto, a sua grande vantagem é coletar dados de umidade, pressão, temperatura e vento em locais difíceis de serem obtidos por qualquer outro método (HOLLAND, 2002).

Sua miniaturização e flexibilidade, operação completamente robótica e comando remoto são os fatores-chave no sucesso da aerossonda. Sendo uma aeronave que pesa menos que 15 kg, ela pode empreender missões completamente autônomas de vários milhares de quilômetros, com a duração de vários dias. As operações com a Aerossonda<sup>73</sup> combinam desempenho flexível e grande resistência com os benefícios do

<sup>73</sup> Desde o programa de desenvolvimento original, a aerossonda sofreu uma extensa melhoria para aumentar a sua confiabilidade e robustez, além de ampliar a sua capacidade operacional.

seu pequeno tamanho e incluem baixos custos, pois pode ser lançada até do teto de um automóvel comum.

O objetivo principal da miniaturização dos seus componentes é melhorar a capacidade operacional da aeronave, com o desenvolvimento da sua potência, capacidade de carga mais flexível, novos compartimentos para os instrumentos, alcance mais longo e maior resistência, operação de mais alta altitude, comunicações melhoradas e incorporação de um melhor alcance de solo e melhores sistemas operacionais.

Este tipo de aparato mostra-se um avanço tecnológico e sua utilização futura na forma operacional no sul da América do Sul, por onde as frentes frias adentram o Brasil, poderá trazer maior consistência aos dados observacionais daquela região, melhorando os dados de entrada dos modelos numéricos de Previsão Numérica do Tempo – PNT. Até a presente data, as informações naquela região são muito escassas apesar de importantes para a previsão do tempo no Sul, Sudeste e Centro-Oeste e, em determinadas situações, no oeste da Amazônia, com as eventuais friagens.

Mas para tratar de PNT, é necessário, antes, analisar as máquinas computacionais que são utilizadas nessas tarefas, que permitem a rodada de programas computacionais – modelos – que por sua vez, exigem dados em pontos de grade, interpolados na origem ou não. Isto é o que tratam os próximos itens.

#### *4.1.6 Os computadores: máquinas essenciais para a PNT*

A partir dos postos de coleta automática de dados, o caminho seguido por esses mesmos dados pode ser seqüenciado como: recepção, crítica, entrada em análise diagnóstica, tratamento de assimilação (ou gradeamento) para entrada em modelos prognósticos, operação interna nos modelos numéricos prognósticos e participação nos resultados operados por esses modelos. Neste momento, entram em cena dois atores não-humanos muito importantes: o computador e o modelo numérico.

Para auxiliar os trabalhos de análise no diagnóstico e nas etapas de prognóstico nos centros de previsão do tempo, é importante adotar blocos específicos de tarefas, na medida em que elas sejam direcionadas para a escala desejada, e sejam aplicáveis às

---

A aeronave denominada “Mark 1” entrou em operações em 1999 e então evoluiu para Mark 2 em 2000. Na atualidade, encontram-se em operação os “Mark” 3 e 4, que têm várias configurações que habilitam operações desde as regiões tropicais até as regiões polares, com uma variedade de instrumentos e comunicações.

condições geográficas e aos ambientes brasileiros. Especificamente neste sentido, GUEDES (1992) apresenta uma proposta<sup>74</sup> para ser incorporada às atividades dos órgãos do Ministério da Aeronáutica, encarregados do apoio meteorológico à aviação civil e militar, cujo diagrama encontra-se na FIGURA 4.9.

Deve-se destacar que o objetivo final em ambas as fases é chegar às cartas meteorológicas, objeto das análises diagnóstica e prognóstica, partindo dos dados e da forma espacialmente em grades com que eles são arranjados. Além disso, as metas de GUEDES (1992) são claras e, em suma, visam à recepção dos dados, utilização de modelos diagnósticos, confecção de prognósticos meteorológicos e a reavaliação do processo. As cartas meteorológicas de pressão, em superfície e nos demais níveis verticais padrões da atmosfera; de vento; e de outras grandezas derivadas, como da vorticidade e da divergência do vento; e da advecção de temperatura, umidade e momentum, são as inscrições, – como chamam LATOUR e WOOLGAR (1987) – mais importantes no processo de elaboração de uma previsão do tempo.

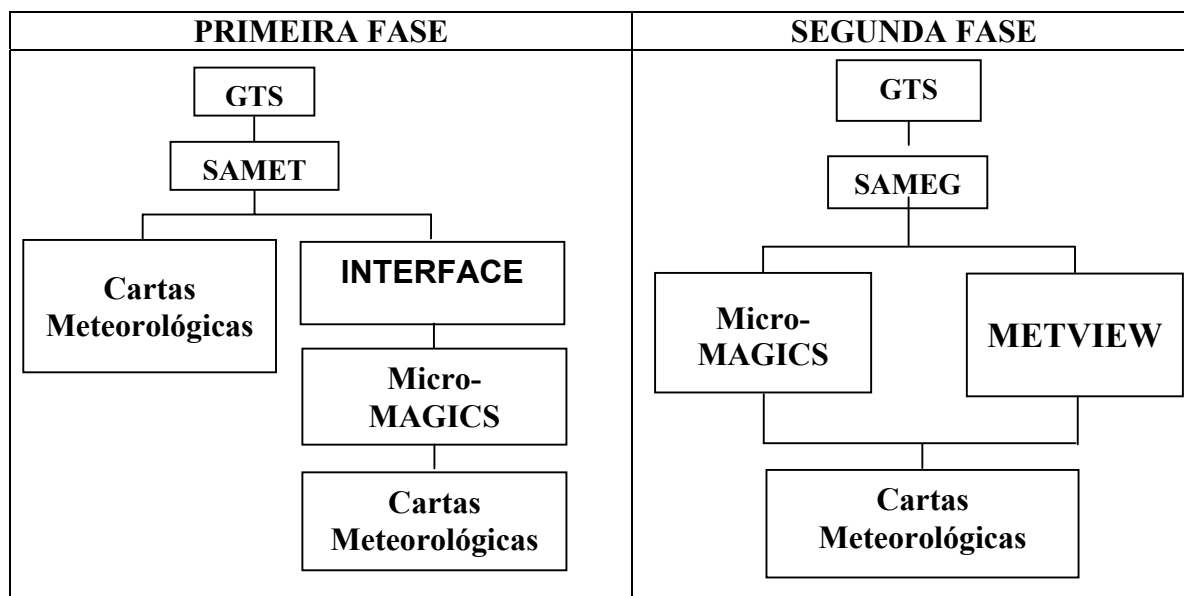
A Meteorologia Sinótica é o ramo meteorológico ao qual os sistemas nacionais de Meteorologia trabalham, pois os intervalos de tempo entre as observações sinóticas são de 1 em 6 horas na superfície e 1 em 24 horas em altitude. O espaçamento entre as de superfície é substancialmente variável e é função da distribuição irregular das estações meteorológicas convencionais e automáticas na superfície. As estações de radiossondagem<sup>75</sup> estão afastadas em mais de 500 km na maioria das vezes, e ainda, estão distribuídas ao longo das rotas aéreas, instaladas nos principais aeródromos do País (NEIVA, 1992).

---

<sup>74</sup> Certamente, os *softwares* referentes a este projeto já foram atualizados, porém a estrutura permanece em operação no CTA.

<sup>75</sup> Ou seja, aquelas estações que recebem das radiossondas em ascensão, os dados das variáveis meteorológicas básicas (pressão, temperatura e umidade) medidas nos vários níveis verticais padronizados da atmosfera, via ondas de rádio.

FIGURA 4.9 – FLUXO GERAL NAS DUAS ETAPAS DE UM SISTEMA DE PROGNÓSTICO METEOROLÓGICO



FONTE: GUEDES, 1992.

LEGENDA:

GTS : Sistema Global de Telecomunicações de dados sinóticos.

SAMET: Sistema de Análise Meteorológica.

SAMEG : Sistema de Análise Meteorológica no formato GRIB.

MicroMAGICS : *Software* gráfico para microcomputadores.

MetVIEW : *Software* gráfico para estações de trabalho.

Por sua vez, ainda segundo NEIVA (1992), as cartas sinóticas, que antes eram traçadas manualmente na escala de 1: 10 milhões, dificilmente representava qualquer fenômeno de dimensão menor que 100 km. A partir da década de 90, estas cartas passaram a ser traçadas via *softwares* gráficos sofisticados, nos centros operacionais, e com isso, o *hardware* precisou acompanhar tais necessidades, e vice-versa. Máquinas mais versáteis, como já foi dito antes, microcomputadores cada vez mais rápidos e estações de trabalho, proporcionaram o desenvolvimento de *softwares* cada vez mais minuciosos, que integram informações em escalas menores, permitindo a obtenção de estruturas atmosféricas que nas cartas sinóticas antigas não eram possíveis de serem visualizadas. Para a escolha das máquinas e dos programas computacionais a serem adquiridos e instalados nos centros operacionais, vários fatores precisam ser levados em conta. O INMET, por exemplo, quando foi escolher o tipo, a marca, o modelo, etc., das



máquinas a serem adquiridas, não sabia quais escolher. Por isso, segundo o seu Diretor-geral, Augusto Cesar Vaz de Athayde<sup>76</sup>

*“... optamos por escolher aquelas marcas mais usadas nos Serviços Nacionais de Meteorologia. Dos 178 países filiados à OMM, procuramos entre os que usavam Modelamento Numérico do Tempo, que tipo, marca, modelo, etc. eram os mais empregados. Assim, escolhemos [INMET] as marcas CRAY e Silicon Graphics, [pois] estas detêm mais de 85% do mercado. Optamos pelo modelo Alemão por termos um bom relacionamento com a DWD (O INMET alemão), que nos oferecia uma parceria para tal fim. As primeiras máquinas foram compradas pelo Projeto SIVAM, ainda em execução.”*

Máquinas capazes de processar um volume enorme de dados em um tempo compatível com a necessidade da previsão do tempo são as mais desejadas. Os produtos meteorológicos tradicionais, frutos do desenvolvimento da análise da dinâmica da atmosfera e da Meteorologia Sinótica, abrangendo grandes áreas e condicionados à escala temporal de 24 horas, já não são suficientes para responder à demanda da sociedade. Contudo, o grande desenvolvimento científico e tecnológico das décadas de 80 e 90 nos campos das observações meteorológicas, da informática e das telecomunicações

*“ensejaram uma melhoria substancial da produção de grandes massas de dados, com transmissões rápidas aos centros de processamento, os quais, por sua vez, podem contar com computadores cada vez mais velozes, capazes de permitir a aplicação de métodos de previsão numérica do tempo, e integração de dados e imagens, com a elaboração de produtos sob medida para um grande número de aplicações”* (MARQUES, 2000, p. 2).

Por outro lado, as principais máquinas utilizadas na área meteorológica são do tipo computacionais. Microcomputadores, estações de trabalho e computadores cada vez mais rápidos são incorporados à Meteorologia, na intenção de tornar as tarefas de armazenamento de dados, tratamento de prévia qualidade desses dados e demais operações utilizando esses dados, mais rápidas e consistentes. Os dados coletados em redes físicas cada vez mais amplas e densas representam, sem dúvida, com as melhores informações, o estado instantâneo da atmosfera, na região de sua cobertura, como afirma SILVA DIAS (1987), por exemplo, para a previsão de médio prazo.

Por sua vez, SILVEIRA (2001, p. 2) entende que é importante o tratamento dos dados de entrada de modelos e precisa ser melhorado, pois,

*A assimilação dos dados nos modelos numéricos tem as suas dificuldades. Ela envolve problemas relacionados com a inserção de observações em um estado atmosférico em*

---

<sup>76</sup> A seguinte afirmação foi recebida de forma digital, após o envio de mensagem via e-mail solicitando esclarecimentos e complementação à entrevista dada em 23/01/2002.

*evolução, dado por um modelo numérico de previsão de tempo, resultando numa série de dados gradeados. Estas observações são, na maioria das vezes, irregularmente distribuídas em espaço e tempo. Também são provenientes de diferentes sistemas e variam desde as variáveis do modelo, como temperatura, umidade específica, vento e pressão à superfície, água precipitável, taxa de precipitação, reflectividade, radiância, entre outros. O objetivo da assimilação de dados é extrair o máximo de informações de observações para melhorar a previsão do tempo e aumentar o entendimento físico dos sistemas meteorológicos em evolução*

Ou seja, com a tarefa de assimilação dos dados visa-se obter a melhor estimativa de um modelo tridimensional da atmosfera, numa grade regular do modelo, a partir de observações e conhecimento do estado inicial da atmosfera, como explicam SILVEIRA (2001) e ESPINOZA e BONATTI (2000). A máquina para essa operação é a mesma utilizada para a rodada do modelo de previsão, que tem na definição prévia das escalas, o seu ponto de partida. Exemplo disso está nos principais centros de previsão numérica na escala global que

*“... fornecem análises meteorológicas com resolução horizontal de aproximadamente 150 km a 200 km e nos níveis padrões na vertical. Essas análises são obtidas através de sofisticados esquemas de assimilação de dados meteorológicos provenientes de medidas efetuadas por satélites, aviação comercial, marinha mercante, além das estações meteorológicas convencionais de altitude e superfície...” (SARAIVA et ali., 2003, p. 22).*

Dependendo das escalas temporal e espacial com que os dados são medidos, mais ou menos representativos eles serão na sua incorporação nos modelos de simulação numérica da atmosfera, instrumentos cada vez mais imprescindíveis na tarefa de prever o tempo. Para escalas menores que a global, a aplicação é que irá definir a escala de previsão a ser adotada. Esta escolha envolve as escalas dos fenômenos meteorológicos que se quer monitorar e conseqüentemente, o tamanho das máquinas computacionais que serão necessárias para a tarefa de previsão.

O recente avanço tecnológico produziu uma verdadeira revolução na Meteorologia, com a organização de centros operacionais de forma descentralizada ou temática. Assim, existem centros voltados exclusivamente para a agricultura, os voltados para a hidrometeorologia de bacias hidrográficas, os responsáveis pela segurança de vôo, dentre outras especialidades, dependendo da vocação regional<sup>77</sup>.

---

<sup>77</sup> Exemplos de centros regionais são os organizados pela Meteo-France (diretorias inter-regionais do Centro, Norte, Centro-leste, Sudeste, Sudoeste e Oeste); a Inglaterra tem 14 centros de previsão de tempo espalhados pela Grã-Bretanha; no Brasil, há o INMET com seus DISMES e os Centros/Sistemas Estaduais de Meteorologia como CLIMERH, SIMEPAR, SIMERJ, entre outros estaduais.

Mas a tecnologia nem sempre é vista como instrumento de melhoria na qualidade de vida das pessoas. Com a sua adoção, sempre vai haver posições contrárias ao seu uso, resistências ao novo e mesmo num país em estágio de lento desenvolvimento, a valorização dos aparatos tecnológicos suscitam desconfianças, principalmente quando são considerados os aspectos políticos envolvidos. LANGE JR. (1992) tem um pensamento nessa linha:

*“Como num país como o Brasil, os modelos tecnológicos propostos não necessariamente resultam de necessidades nacionais ou mesmo se fazem acompanhar de resultados sócio-econômicos efetivos, é comum ter-se nas tecnologias modernas, um fim em si mesmas, e não como um instrumento de melhorias de condições de vida”* (LANGE JR., 1992, p. 92-93)

Mas, por outro lado, cada vez mais se reconhece o caráter estratégico da Meteorologia, inclusive para a geração de novos negócios; assim, uma base de especialização e de sofisticação técnica torna-se necessária para se atender à demanda de uma sociedade cada vez mais exigente, assegurando, além da melhoria dos seus padrões de qualidade de vida, a competitividade das empresas, fato esse que é confirmado por ALVES e MARQUES (1995). Eles ressaltam o aparecimento de um mercado potencial pela demanda de serviços meteorológicos sob encomenda; o desenvolvimento da tecnologia observacional (radares, satélites e estações telemétricas); e o avanço no uso de computadores, que vem facilitar a previsão numérica do tempo e as telecomunicações, melhorando a transmissão dos dados entre os centros coletores e os centros operacionais, bem como entre estes e os usuários finais.

Computadores de grande porte ou de pequeno porte? Mini ou microcomputadores? Supercomputadores ou uma estação de trabalho bastam para desenvolver as atividades de previsão de tempo? Certamente supercomputadores são máquinas essenciais a essa tarefa.

O primeiro supercomputador criado no mundo foi o CRAY-1, fabricado pela CRAY Research<sup>78</sup> em 1976. Ele era tão rápido nas suas operações que era capaz de

---

<sup>78</sup> As máquinas da arquitetura CRAY, da “**Cray Inc. News and Highlights**”, usam o sistema operacional UNICOS®, “que é o líder indisputável entre os sistemas operacionais utilizados pelos sistemas de supercomputadores high-end. O sistema operacional UNICOS® transformou-se rapidamente no padrão para ambientes de supercomputadores, decorrente da inovação técnica ongoing e de sua maior confiança, uma vez que baseia-se no sistema operacional Unix”. (PAZINATTO, 1999)

atingir o pico de 133 Megaflops<sup>79</sup>. Naquela época, a Previsão Numérica do Tempo (PNT) já era uma das suas metas. Como afirma RAUPP (1999, p. 2), “(...) *Em 1985, [a CRAY] lançou o Cray-2, com o desempenho de 1,9 Gigaflops (...)*”. Na época, esse computador tinha 2 Gigabytes de memória: era a maior memória dentre todas as máquinas do mundo, valor altíssimo mesmo para os tempos atuais. Após esses marcos, várias máquinas da Cray foram sendo desenvolvidas até os dias de hoje. RAUPP (1999, p. 2) explica ainda que “(...) *A família de computadores Cray T-90, que usa até 32 processadores vetoriais em paralelo e chega a 60 Gigaflops (...)*”, e a dos Cray SV1 e Cray SV2. O Cray SV1, tinha cerca de 128 processadores e o SV2 conta com novos processadores vetoriais que atinge de 20 a 40 Teraflops. RAUPP (1999, p. 2) afirma ainda que, depois disso,

*“em outubro de 2001, foi lançado o Cray SX-6, custando menos de US\$ 1 milhão, capaz de realizar 8 Teraflops. O SX-6 é composto de até 1024 processadores independentes, estes se comunicam por meio de um sistema de memória compartilhada e de multiprocessamento simétrico (SMP). O SX-6 oferece memória de até 64 GB por processador, largura de banda de até 256 GB por segundo e por processador e uma interface de E/S de 6,4 GB por segundo por processador, (...)*”.

Um supercomputador deste último tipo encontra-se instalado no CPTEC/INPE, com 32 processadores.

De uma forma geral, supercomputadores são usados para executar aplicações com alto volume de processamento, tipicamente de imagens, análises de acústica, dinâmica de fluidos, processos químicos, automotivos e aeroespaciais, e no que interessa a este estudo, simulações para previsão do tempo. À medida que novos métodos matemáticos vêm exigindo máquinas cada vez mais rápidas, as fábricas de supercomputadores têm como seus principais compradores as instituições meteorológicas do mundo inteiro, porque o tempo de máquina é crucial na tarefa de prever o tempo meteorológico. No Brasil não seria diferente, já que algumas das maiores instituições meteorológicas brasileiras utilizam supercomputadores nas suas operações (BONATTI, 2001).

A estratégia do INPE na busca de um maior aparato tecnológico para a fabricação da previsão do tempo está calcada na adoção da supercomputação como ferramenta fundamental. Isso leva a se pensar que os objetivos a serem alcançados – melhores previsões de tempo – estão ligados à idéia de inovação tecnológica. Fazer

---

<sup>79</sup> **Flop** é a sigla inglesa para operações de ponto flutuante, utilizada tecnicamente como uma medida de velocidade de operação de um supercomputador.

previsão do tempo via supercomputador causaria um “impacto tecnológico” tal que o produto ganharia maior confiabilidade, basicamente devido à utilização de um artefato tecnológico de última geração. A técnica “moderna”, associada com as tarefas a serem executadas a partir de então, estaria sendo adotada em lugar de uma outra, vista como inadequada por ser mais antiga.

LATOURE (1994, p. 12) reconhece o uso da técnica na ciência, ao afirmar que: *“Os fatos científicos são construídos, mas não podem ser reduzidos ao social, porque ele está povoado por objetos mobilizados para construí-los”*.

Por sua vez, BENAKOUCHE (1999, p. 2) critica o uso do termo “impacto” pra descrever os resultados – positivos ou negativos – da introdução de técnicas em qualquer tipo de atividade, considerando que:

*“... entender o significado da técnica é uma tarefa essencialmente política, na medida em que uma clareza sobre a questão (qual é o significado da técnica?) é fundamental tanto na tomada de decisões a respeito do seu desenvolvimento, como no planejamento da sua adoção ou uso, seja por indivíduos, unidades familiares ou organizações. Por outro lado, responsabilizar a técnica pelos seus ‘impactos sociais negativos’, ou mesmo seus ‘impactos sociais positivos’, é desconhecer, antes de mais nada, o quanto – objetiva e subjetivamente – ela é construída por atores sociais, ou seja, no contexto da própria sociedade”*.

Isso indica que o que irá fazer com que a técnica da supercomputação aplicada à fabricação da previsão do tempo leve a resultados sociais positivos não é apenas a sofisticação das máquinas<sup>80</sup> e sim, a intensidade das associações entre os atores, humanos e não-humanos.

O INMET, numa clara compreensão da necessidade de acompanhar os avanços tecnológicos na área meteorológica, também vem apostando na supercomputação, associada com a modelagem numérica. Seus aliados nesta tarefa não estão necessariamente no INPE, nem nos aliados dele; o INMET foi buscar aliados na República Federal da Alemanha, no seu serviço nacional de previsão de tempo<sup>81</sup>. Esta

---

<sup>80</sup> Para uma discussão a respeito do uso, utilidade e produtividade de computadores, ver LANDAUER (1996).

<sup>81</sup> A parceria do INMET com o serviço meteorológico da Alemanha ocorreu em 1995. O convênio previa a transferência de tecnologia e *know-how* daquele órgão alemão para o órgão brasileiro, a partir da adoção, pelo INMET, de réplica do modelo numérico de previsão de tempo que roda naquele centro previsor. Trata-se do Modelo Brasileiro de Alta Resolução (MBAR), que foi adaptado à realidade brasileira e vem rodando operacionalmente nos supercomputadores do INMET desde 1997, após um período de ajustes. Treinamento e apoio aos previsores brasileiros também foram previstos no convênio. Para maiores detalhes, consultar BERNARDET (2001a).

estratégia demonstra uma evidente preocupação do INMET com a performance do seu setor de fabricação de previsões de tempo, em comparação com o mesmo setor do INPE, e com a conseqüente concorrência.

Como foi visto no capítulo anterior, a análise da macroestrutura das atividades dessas duas instituições públicas e governamentais revela que o INMET desenvolve a Meteorologia sob a forma operacional, onde se faz pouca pesquisa; enquanto que o INPE se incumbem de ensino, pesquisa e de atividades operacionais (no seu Departamento de Meteorologia e no CPTEC). Ambas dispõem de aparatos tecnológicos, dentre os quais sobressaem a rede de estações meteorológicas, as estruturas de recepção de imagens de satélites e os supercomputadores.

Estas são questões muito importantes, pois, a tecnologia computacional – hardware – é vista como uma ferramenta em contínuo desenvolvimento, assim como os programas – software – que nelas rodam. Todavia, somente a máquina não basta. Outros dois componentes são imprescindíveis nesta arquitetura: os dados e as pessoas.

De acordo com a entrevista de Exedito Rebello, perito em Meteorologia do INMET, por ocasião da reunião da Comissão de Climatologia da OMM, em Genebra em 2001, admitiu-se que a transmissão e o resgate de dados históricos de forma mais rápida, com um programa computacional específico uniformizando a prática de “metadados”, era o que havia de mais avançado tecnologicamente. Um dos problemas associados com a análise de consistência dos dados coletados, porém, está na impossibilidade de se levar em conta a modificação dos dados devido às modificações dos arredores da estação. Os efeitos disso não são registrados. Então, os cálculos feitos até hoje são como se a estação estivesse naquele mesmo lugar, nas mesmas condições. No entanto, já existe um novo programa computacional que permite a introdução das modificações ambientais em torno da estação e gera uma coleção de dados corrigidos, ou metadados, que são mais realísticos que os originais.

Segundo JEFFERY (2002), os metadados são dados sobre dados, que podem descrever uma fonte de dados, um conjunto particular de dados, ou dados associados com os valores de um certo atributo dentro de um domínio, ou o valor particular de um atributo, por exemplo.

Além disso, eles podem descrever modelos de dados, ou seja, a forma que os dados devem ser apresentados aos seus utilizadores, como um modelo de simulação e

previsão de tempo (não necessariamente os seus conteúdos, as suas informações, mas as suas formas). Eles são essenciais no refino de dúvidas e na seleção de dados a serem utilizados pelos sistemas de previsão, além de serem essenciais para a compreensão da estrutura da informação, sua qualidade e relevância.<sup>82</sup>

O futuro dos sistemas de informação na área meteorológica reserva aos metadados, um lugar promissor. Essa afirmação baseia-se em JEFFERY (2002), que sugere a integração de dados e informações a partir de fontes heterogêneas.

De um modo geral, quando se fala em modernização e avanço tecnológico em Meteorologia, as máquinas surgem como os principais atores não-humanos, com as suas histórias de criação e desenvolvimento. As negociações para a sua obtenção e as justificativas para o convencimento das suas performances e propostas de solução dos problemas mais complexos são as mais variadas. No entanto, modernização também significa adotar conceitos novos, frutos de atores humanos pensantes e reflexivos. Aqueles que irão permitir a melhor performance das máquinas.

Expedito Rebello, do INMET, concorda com esse ponto de vista, pois, para ele, *“modernização da Meteorologia significa modernizar também conceitos, além de tecnologia”*.

Isto não significa, porém, resistir às inovações, pois como informa o mesmo entrevistado,

*“o INMET está implantando equipamentos computacionais, com 80 processadores, da Silicon Graphics®, que conseguirá realizar 100 bilhões de operações por segundo. Assim, ele se torna o maior e mais veloz centro computacional da América do Sul, pois deve superar o supercomputador de 32 processadores”*.

Logo, a disponibilidade de 112 processadores para a rodada do Modelo Brasileiro de Alta Resolução (MBAR<sup>83</sup>) parece ser demasiado grande, mas segundo

---

<sup>82</sup> Para maiores detalhes sobre o controle da qualidade de uma previsão, ver SUGAHARA (2001a).

<sup>83</sup> Modelo Brasileiro de Alta Resolução – MBAR foi desenvolvido pela Deutscher Wetterdienst (DWD) que é o Serviço Meteorológico Alemão e foi implementado no INMET em dezembro de 1999, através de parceria técnico-científica entre as duas instituições. O modelo utiliza uma grade com espaçamento horizontal de 25 km, com 301 pontos na direção Leste-Oeste, 301 pontos de direção Norte-Sul e 30 camadas na vertical. As variáveis disponibilizadas são: chuva, vento, altura geopotencial, pressão reduzida ao nível médio do mar, geopotencial, temperatura, cobertura de nuvens e meteogramas (gráficos que mostram a evolução temporal de parâmetros meteorológicos) para diversas localidades no Brasil. O MBAR é processado

Pedro Dias, do IAG-USP, “*este raciocínio é traiçoeiro*”. A sua preocupação vai no sentido de que “*as máquinas computacionais, quando realizam tarefas distribuídas em processadores separados, têm um limite de performance*”.

Para ele, com relação às máquinas paralelas,

*“é preciso ter um certo cuidado. Não é nada trivial tirar velocidade efetiva de máquinas altamente paralelas. Este é hoje um dos grandes desafios do pessoal da computação. E tirar velocidade custa caro do ponto de vista de desenvolvimento de software documentado, validado e garantido. Fazer as coisas como nós fazemos na universidade é fácil. O problema é a produção de algo operacional. (...) Outra questão importante é a robustez de máquinas paralelas na operação. A idéia de se “empilhar processadores” de PCs, os chamados “clusters”, por ser de custo relativo baixo, são excelentes para a pesquisa mas deve-se ter um certo receio em tarefas operacionais. Aliás, máquinas altamente paralelas, mesmo de marcas como IBM® e SG®, são problemáticas na operação”.*

O centro norte-americano de previsão de tempo (NCEP) usa um IBM® com centenas de processadores, mas para Pedro Dias, “*na prática eles só usam cerca de 80 para a operação. Mais do que isto, aumenta muito o risco de interrupções por falhas no sistema de processamento paralelo*”; dizendo isso, sugere um aumento no número de procedimentos descontinuados de previsões de tempo e clima. Essa preocupação vai no sentido da diminuição de confiabilidade das previsões do tempo como produtos finais.

Um outro aspecto importante, relacionado com a limitação do processo de prever o tempo, associado com as máquinas e instrumentos, diz respeito à transmissão dos dados operacionais. Por exemplo, segundo CPTEC/INPE (1999), o CPTEC tem acesso a uma grande quantidade de dados, inclusive e principalmente os do INMET. Para rodar os seus modelos, porém, faz-se necessário realizar a tarefa de assimilação dos dados. Os dados vêm do NCEP dos EUA, passam pelo INMET e chegam lá através de uma linha dedicada com a maior velocidade que a EMBRATEL tem na atualidade. As linhas da sede do INMET para os seus DISMEs, a DHN/Marinha, o DEPV/Aeronáutica são mais lentas.

A Qualidade INMET, certificada com a ISO 9000 pela DNV<sup>84</sup>, deve-se, em muito aos processos seguidos na instituição, na sua sede em Brasília e nos seus distritos

---

duas vezes ao dia (00 UTC e 12 UTC) para um período de 48 horas de prognóstico. (INMET, 2003)

<sup>84</sup> Det Norske Veritas Certification, Inc./DNV Management System Certification; Noruega. DNV é uma companhia internacional com cerca de 300 escritórios em 100 países. Ver site na internet: <http://www.dnv.com>



regionais (DISMEs) e não só de tecnologias modernas. A preocupação com a qualidade dos seus produtos data de 1995.

De acordo com Augusto Athayde, diretor daquele instituto,

*“a verificação da confiabilidade começou a ser feita no INMET em 1995-96. Ainda não existia o acesso à Internet de forma muito comum. Foi montado um sistema chamado de BBS. O usuário (capaz de interpretar como agricultor, cooperativa conveniada, ...), pegava os arquivos, visualizava e ele mesmo interpretava e checava com as previsões feitas. Não era o previsor de tempo do INMET que tomava a decisão final do que o usuário iria fazer. O próprio usuário, cadastrado pelo sistema, pegando os produtos como os mapas de prognóstico, resultados de modelos, os dados, as imagens de satélite, poderia acompanhar diariamente e depois enviar as respostas mensalmente de um questionário de avaliação deixado no sistema, para que se pudesse fazer o feedback. O grande público não tinha acesso à BBS”.*

O INMET disponibiliza na sua página da Internet os resultados de dois modelos: o de alta resolução MBAR e o global do NCEP<sup>85</sup>. Normalmente estes modelos não apresentam concordância com respeito à previsão de chuva, e isso causa muitas reclamações dos usuários. Quando ambos não indicam chuva, mas a previsão do tempo aponta chuva, as reclamações são maiores.

Cabe aqui fazer uma questão: como conviver com a incerteza inerente ao Sistema Produtor (SPr) de previsão de tempo? Essa é uma questão que só poderá ser respondida depois que o próprio SPr tiver uma estrutura capaz de fazer o vaivém das informações com seus usuários, fazendo-os ver as imperfeições e os seus limites, de modo a aperfeiçoar cada vez mais o seu mecanismo de funcionamento no sentido de angariar uma maior confiança nas suas informações.

KHALL (2002), em trabalho apresentado em Genebra, afirma que a demanda mundial das informações meteorológicas em termos de usuários se situa assim: público em geral, 13%; negócios (comerciais e industriais), 77%; governo, 6%; e a área acadêmica, 7%. Tais números podem nem se repetir para o Brasil, mas a preocupação com essas estatísticas seria muito importante para o melhor desenvolvimento das atividades do sistema nacional de Meteorologia.

Pode-se perceber o papel da tecnologia na melhoria ou não da confecção das previsões de tempo, com respeito à supercomputação, através das análises das vantagens e desvantagens de dois experimentos realizados com o modelo ARPS por Haas (2001). O primeiro consistiu na utilização do computador de médio porte SP2 do

---

<sup>85</sup> Acesso ao endereço eletrônico: [www.ncep.gov](http://www.ncep.gov)

IAG-USP, e o segundo, na utilização de um arranjo paralelo de microcomputadores PC – sistema distribuído ou *cluster*<sup>86</sup>.

Segundo Reinaldo Haas, em entrevista pessoal, o seu trabalho pode ser visto como um “*contraponto ao que se faz em média no Brasil. No caso do INPE e no caso do INMET, com supercomputadores, e também do IAG-USP*”. Ele afirma ainda que

*“a elitização da Previsão Numérica de Tempo (PNT) não se justifica, pois há um gasto enorme de dinheiro público e a tarefa na realidade é muito mais complicada que a realizada. PNT ainda não é feita no Brasil. O que tem sido feito é pegar a condição inicial do NCEP ou da Alemanha e rodar o modelo”.*

No seu entender,

*“a popularização pode levar tudo isso a um custo muito baixo, e se possível fazer as coisas mais difíceis também. O arranjo, ou ‘cluster’ de PCs tem mostrado ser uma máquina mais performática do que as de todas as instituições de Meteorologia no País. Isso tudo por menos de 20 mil reais. Além disso, foi implantado um modelo que é mais rápido, moderno e adequado a fazer previsões de tempo no País do que os modelos operacionais atuais”.*

Observa-se, portanto, que há controvérsias na rede de atores considerada.

Como foi citado anteriormente, o INMET tem um supercomputador com 32 processadores e estaria para instalar mais 80 processadores, ou seja, o modelo MBAR poderia ser rodado numa máquina de 112 processadores. Será que, especificamente neste caso, um ganho espetacular no processamento, na performance da máquina, do modelo estaria garantido? Valeria a pena o investimento?

Segundo Jairo Panetta<sup>87</sup>,

*“uma resposta completa dá um livro. Mas a essência pode ser sumarizada em dois argumentos. O primeiro, associado com o fato de historicamente, códigos*

---

<sup>86</sup> “*Sistemas Distribuídos consistem em uma coleção de computadores autônomos ligados por uma rede de comunicação. O uso de tais sistemas tem se expandido nos últimos anos principalmente devido ao contínuo barateamento e disponibilidade de hardware para computadores, bem como de meios físicos de comunicação. As vantagens de Sistemas Distribuídos incluem a possibilidade de seu crescimento incremental (ou seja, novos computadores e linhas de comunicação serem acrescentados ao sistema), a possibilidade de implementação de aplicações inerentemente distribuídas [CSCW (Computer Supported Collaborative Work), correio eletrônico, etc.] e a possibilidade de implementação de tolerância a falhas através da replicação de processos em unidades de computação distintas. Embora o hardware desses sistemas estejam num estágio avançado de desenvolvimento, o mesmo não se pode afirmar em relação ao software devido à complexidade adicional inerente à sua distribuição.*”

(FONTE: <http://www.lasid.ufba.br/sistdist.html>)

<sup>87</sup> Jairo Panetta é consultor do CPTEC e da Petrobrás em questões de supercomputação e foi apenas consultado sobre a sua especialidade, por meio digital.

*desenvolvidos em uma determinada arquitetura prestam-se a essa arquitetura. Em muitos casos, executam em outras, mas não com a mesma eficiência. O segundo está associado ao fato de que paralelizar um programa não é brincadeira. Paralelizar com eficiência é pior ainda, muito pior. Mas paralelizar um programa para 10 processadores é muito mais simples que para 100, que é muito mais simples que para 1000”.*

Com referência ao primeiro argumento, modelos como o Modelo Global do CPTEC/INPE foram desenvolvidos em máquinas vetoriais. Não usam adequadamente as características de processadores não-vetoriais. Para executá-los com alguma eficiência em máquinas escalares, são necessários anos de trabalho (estimativa: 30 a 60 homens-mês). Modelos como o RAMS (que roda no IAG-USP) e o ETA (que roda no CPTEC/INPE), inicialmente desenvolvidos para máquinas vetoriais, foram transportados para máquinas escalares, pois essa foi a demanda do mercado. No caso do ETA, o esforço foi denominado “hercúleo” pelo NCEP. No caso do RAMS, foram anos de trabalho da ASTER®.

Os modelos alemães foram desenvolvidos em máquinas da marca Silicon Graphics®. Essa foi a razão do INMET ter adquirido as mesmas máquinas, como afirmou Athayde no item 4.1.6.

Com referência ao segundo argumento, Jairo Panetta contabiliza da seguinte maneira:

*“O modelo global atinge cerca de 50% da velocidade de pico de uma máquina vetorial com 8 a 16 processadores. Para rodar no mesmo tempo em uma máquina escalar, precisa de 10 vezes mais processadores, ou seja, 80 a 160. Para rodar em um cluster de PCs, estimo 5 vezes mais, ou seja, de 400 a 800 processadores”.*

Alguns resultados obtidos de modelos operando sob a forma singular (apenas um processador) e sob a forma multiprocessada e paralela foram comparados por BONATTI (1998), evidenciando os avanços das tecnologias mais recentes como computadores maiores, dotados de 8 ou mais processadores, com a análise da relação custo/benefício e a melhoria da performance dos modelos, agregando maior grau de acerto às previsões.

*A capacidade integrativa dos dados, para transformá-los em informação, necessita ser consolidada e preservada. O Brasil está dando um passo à frente em ambos os aspectos: no campo observacional e no poder computacional necessário para a integração da informação. Deve-se evitar o exemplo da Índia, que tem um supercomputador instalado, conta com dados (um satélite geoestacionário), mas não gera previsões de tempo ou clima confiáveis. Não basta dispor de observações ou poder computacional somente (SILVA DIAS, 1995, p. 13)*

Certamente, a supercomputação eletrônica torna-se uma ferramenta poderosa para a Meteorologia, na sua tarefa de explicar os movimentos e os fenômenos atmosféricos, e na tarefa de prever o estado futuro da atmosfera, mesmo se algumas das suas bases de cálculo permaneçam clássicas. Segundo BONATTI (2002, p. 1), “*a modelagem numérica que se usa para fazer a previsão do tempo e clima, nada mais é do que [as] leis de Newton aplicadas aos movimentos da atmosfera... é algo complexo, que envolve o conhecimento de dados hemisféricos e de conceitos numéricos acerca de como utilizar estas equações para representar a atmosfera*”.

Em cada uma dessas etapas, as tarefas de cálculo intenso são certamente mais bem desenvolvidas por máquinas rápidas. O que antes era apenas uma ferramenta a mais de análise para a confecção da previsão do tempo, a partir de um dado momento tornou-se central; a necessidade de uma máquina que calculasse mais rapidamente e de grande capacidade de armazenamento fez com que houvesse uma valorização do supercomputador. Tendo um supercomputador na trajetória de produção da previsão do tempo, a tarefa de prever o tempo corre o perigo de ser resumida à rodada do modelo numérico com o supercomputador, ou seja, a tarefa numérica pode assumir a condição de tarefa final. No entanto, a tomada dos resultados dos modelos numéricos como dados complementares na tarefa de prever o tempo tem sido uma atividade mais consciente, principalmente pelo fato dos modelos numéricos ainda apresentarem tendências e desvios ainda altos para a precisão exigida para a manutenção de uma confiabilidade estável.

Este fato ainda é controverso e muito discutido na atualidade, mas num passo adiante dele, os atores se esforçam para encontrar a justificativa da máquina na sua própria performance, com a rodada dos modelos e a partir da avaliação dos produtos – testes de verificação e acurácia das previsões, como discute BONATTI *et al.* (2002). E isso ocorre porque a velocidade dos cálculos de uma máquina dessas é tão grande que disponibiliza tempo do previsor para análise e conjecturas e discussão com seus pares.

É importante que se reafirme que os supercomputadores aliviam sobremaneira o tratamento com uma grande quantidade de dados, realizando algo sobre-humano, e proporcionam um aumento do tempo de análise, pois permite que se simule os movimentos da atmosfera com pequenas variações nas grandezas em pequeníssimo tempo de operação, comparado ao período de previsão desejado, 2 horas e 1 a 10 dias.

Sua utilização vai, portanto, ao encontro do que lembra BONATTI (1995): “*a evolução da previsão do tempo nos países desenvolvidos nas últimas quatro décadas*”

*mostrou a necessidade de uma modernização da Meteorologia no País. A introdução da Previsão Numérica de Tempo (PNT) exige uma infra-estrutura adequada e que não existia no País antes da criação do CPTEC ...”*

Quando nem as informações de satélite, em maior escala, nem as de radar (escala regional) possibilitam um prognóstico quantitativo consistente, eventos atmosféricos explosivos monitorados – como tornados ou chuvas intensas, produtores de desabamentos e enchentes-relâmpagos – ocorrem sem dar chance de abrigo e retirada de pertences das comunidades. Tais eventos, mesmo com um monitoramento freqüente, podem ocorrer de surpresa, dentro do período de 2 a 6 horas, no início da tarde ou à noite, dificultando sobremaneira a mobilização comunitária e a defesa civil. Portanto, informações atualizadas continuamente, com a disponibilidade de imagens obtidas por satélite e mapas de varreduras de radar, associadas com estruturas treinadas e atentas de peritos ou voluntários, são as melhores maneiras de conviver com tais eventos (MARQUES, 2000). Ou seja, a associação de atores humanos e não-humanos contribui sobremaneira para a credibilidade da informação meteorológica.

Estações automáticas equipadas com plataforma de coleta de dados por satélite (PCDs) e dispositivos de transformação de sinais analógicos em digitais, transmissão *on line*, supercomputadores de arquitetura paralela com mais de 100 processadores, radares meteorológicos do tipo Doppler (banda S ou C, alcance 200 ou 400 km), rede de detecção de raios, estações de radiossondagens, torres micrometeorológicas de 5 níveis, entre outros, constituem, cada vez mais, um aparato imprescindível à coleta e análise de informações confiáveis da atmosfera.

Assim, os meteorologistas, as instituições, os supercomputadores, os radares e os satélites são atores de uma mesma rede sociotécnica, onde a importância de um sobre o outro é difícil de se determinar. Isso significa que, o que define a importância de um ator sobre os demais são exatamente as peculiaridades das atividades que são capazes de desenvolver na direção de uma previsão do tempo confiável, e não necessariamente a sua natureza humana-não-humana.

A característica de rede sociotécnica brasileira pode ser especialmente notada a partir da análise da implantação do INPE/CPTEC e da reoperacionalização (ou modernização) do INMET, no Brasil, ou então, no caso da implantação dos CEs, ou mesmo no caso do SACHe da Bacia do Itajaí, no plano regional, como visto no capítulo anterior. É importante perceber que todos estes casos exemplificam o papel dos atores

institucionais, e são resultados de seus poderes de convencimento e das suas associações.

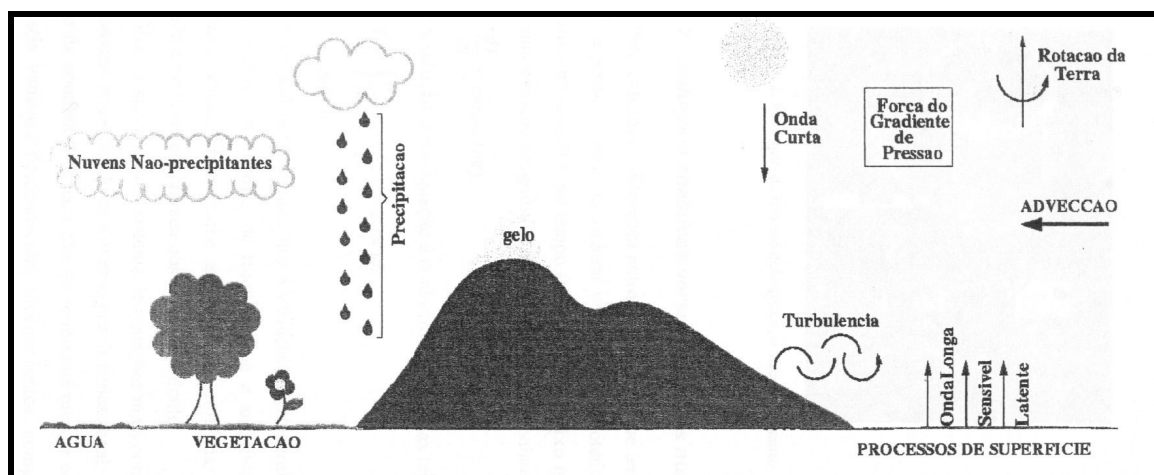
## 4.2 A TECNOLOGIA NOS MODELOS DE SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA ATMOSFERA

A tecnologia computacional, com a sua crescente evolução, associa máquina e programa aplicativo – *software* – para que essa máquina o execute, para uma determinada finalidade como graficar, calcular ou simplesmente, visualizar. Dentre os diversos aplicativos, os modelos numéricos de simulação da atmosfera, nas suas várias escalas, são os aliados mais importantes dos previsores do tempo.

De acordo com BERNARDET *et al.* (2001), um modelo é uma representação das características de um sistema físico. O sistema físico que a comunidade meteorológica quer representar é a atmosfera, mas para representá-la adequadamente é necessário estender o processo à interação da mesma com sua fronteira inferior, a biosfera.

A FIGURA 4.10 ilustra os diversos aspectos que precisam estar presentes no modelo para que a representação do tempo meteorológico seja realística. Nota-se as componentes de ondas curtas, provenientes do sol, e as de ondas longas, emitidas pela superfície. A partição desta emissão depende da temperatura e de características da superfície, tais como tipo de solo e vegetação, bem como a quantidade de umidade presente, presumivelmente sob a forma de neve ou gelo.

FIGURA 4.10 – DIAGRAMA DOS PROCESSOS FÍSICOS MAIS IMPORTANTES E PARA INSERIR NOS PROCEDIMENTOS DE MODELAGEM DA ATMOSFERA



FONTE: BERNARDET, 2001b

Há também superfícies compostas completamente de água líquida, que se comportam de maneira diferente das superfícies que possuem pequena cobertura de água. A troca de calor por condução entre a superfície e o ar mais próximo se dá pelo processo de condução, enquanto que grande parte desse calor é transferida à camada de ar um pouco mais acima (camada limite) através de processos turbulentos. É assim que a baixa atmosfera se aquece. Como esse aquecimento é irregular, surgem gradientes de pressão por causa de diversos fatores, entre eles a orografia, que podem dar origem a ventos que são influenciados pela rotação da Terra<sup>88</sup>.

Os vários modelos existentes para a simulação numérica da atmosfera em mesoescala têm muitas semelhanças e as suas diferenças e particularidades estão mais associadas com as escolhas das suas adaptações aos seus locais de desenvolvimento do que do ponto de vista teórico-conceitual. O conceito de energia na biosfera permeia este raciocínio, de modo que dentro do sistema de equações aplicável à atmosfera, a conservação de energia torna-se um vínculo (GATES, 1971).

Assim, o *Regional Atmospheric Modeling System* - RAMS foi escolhido para ser analisado brevemente no próximo item, basicamente pelo fato de ter sido disponibilizado para operação no Instituto Astronômico, Meteorológico e Geofísico da USP. Este modelo possui algumas vantagens – na área de pesquisa – sobre outros que nos asseguram uma boa qualidade na análise de situações na escala regional como brisas e eventos chuvosos extremos em bacias hidrográficas localizadas. Os seus códigos computacionais são possíveis de modificação, sua versatilidade de operação – inicialização e avanço no tempo – é grande, bem como a sua interação com as interfaces gráficas mais sofisticadas – GrADs e Metview – para a visualização dos resultados.

#### 4.2.1 O modelo atmosférico de mesoescala RAMS

Os modelos atmosféricos de mesoescala utilizam técnicas de simulação numérica, com a finalidade de estudar o comportamento da atmosfera, e permitem também a análise combinatória de modificação de poucos parâmetros para, a partir de variáveis meteorológicas geradas pela modelação numérica, identificar a contribuição

---

<sup>88</sup> No que concerne aos aspectos matemáticos na descrição dos processos físicos das equações governantes dos movimentos atmosféricos, THOMPSON (1983) apresenta uma revisão histórica da previsão numérica do tempo onde a evolução dos modelos ocorreram de forma paralela à evolução da tecnologia computacional aplicada à área meteorológica.

separada de cada fator ou a participação conjunta de vários fatores ao mesmo tempo, numa mesma situação (PIELKE, 1984).

O RAMS é uma ferramenta de simulação numérica de multiescala e multipropósitos para a evolução atmosférica. Historicamente, diferentes rotinas numéricas, desde a escala de nuvens até a mesoescala, vêm sendo usadas basicamente para fins de pesquisa em ciências atmosféricas e para variadas aplicações. A versão básica e inicial do modelo encontra-se descrita em PIELKE *et al.* (1992). Nele podem ser encontradas a filosofia básica, a estrutura deste modelo e as suas aplicações mais freqüentes, incluindo as referentes à formação de nuvens, chuva e granizo de todos os tipos de sistemas atmosféricos, os efeitos de topografia sobre o movimento atmosférico e nebulosidade, a dispersão de gases traços nas áreas urbanas ou no domínio da mesoescala. Previsões regionais de tempo têm no RAMS uma ferramenta poderosa, essencial para os avisos de mau tempo, inclusive tempestades severas e enchentes.

O modelo RAMS possui um pacote de inicialização, que converte as observações e análises de grades com baixa resolução nas condições iniciais de alta resolução para a integração das equações governantes no tempo. A rotina prognóstica inclui a parametrização dos processos físicos na escala de sub-grade. As condições de contorno da superfície do modelo são disponibilizadas (o operador pode escolher e definir), assim como a topografia, a vegetação e os tipos de solo, os corpos de água e outras características da superfície. As condições de contorno laterais e de topo também são flexíveis.

As equações governantes são escritas numa coordenada seguindo o terreno e incluem as três componentes das equações do movimento, a equação da conservação da energia termodinâmica, a equação da continuidade totalmente compressível e a conservação da substância água, mais a opção de inclusão de equações de conservação para espécies e constituintes traços. A radiação é tratada com a análise da sua interação com a nebulosidade: parametrizações cúmulos e de microfísica de nuvens. Neste caso, o modelo apresenta várias opções de parametrizações para a turbulência.

A utilização desse modelo em máquinas de multiprocessadores, que realizam cálculos mais rapidamente, requereu uma transformação nos seus códigos-fonte. A versão 4.2.5 do RAMS implementa uma modificação da forma generalizada do esquema de KUO (1974), descrito por TREMBACK (1985). Trata-se de um grande



avanço com relação às versões 3a e 3b (esta última utilizada neste trabalho), pois traz várias modificações numéricas e nas parametrizações<sup>89</sup>.

Trata-se de um modelo cujo código numérico é altamente versátil. Os componentes do sistema computacional são o modelo atmosférico (MODEL), que faz as simulações; um pacote de análise de dados (ISAN), que prepara os dados iniciais do modelo a partir de dados meteorológicos observados; e um pacote de visualização e análise de pós-processamento, que faz a interface entre as saídas do modelo e uma variedade de softwares gráficos para visualização. Sua utilização é para área limitada, mas pode ser configurado para simular os fenômenos atmosféricos numa área de até um hemisfério, como frentes frias e ciclones (grande escala), brisas, linhas de instabilidade e sistemas convectivos (mesoescala); e nuvens, tornados e dispersão de poluentes urbanos (microescala). Além disso, pode ser feita uma interação de escalas através do aninhamento de grades em escalas diferentes. Este modelo roda em ambiente UNIX e é composto por um conjunto de rotinas na linguagem FORTRAN 77 e linguagem C. As equações governantes da atmosfera utilizadas no modelo RAMS podem ser escritas como é mostrado abaixo, na forma adaptada de PIELKE (1984):

$$\begin{aligned}
 (1) \quad \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial t} &= -\bar{u}_j \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} - \overline{u_j' \frac{\partial u_i'}{\partial x_j}} - \bar{\alpha} \frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} - \alpha' \frac{\partial \bar{p}'}{\partial x_i} - 2\varepsilon_{ijk} \Omega_j \bar{u}_k - g\delta_{i3}, \\
 (2) \quad \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial t} &= -\bar{u}_j \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial x_j} - \overline{u_j' \frac{\partial \theta'}{\partial x_j}} + \bar{S}_\theta, \\
 (3) \quad \frac{\partial \bar{q}_n}{\partial t} &= -\bar{u}_j \frac{\partial \bar{q}_n}{\partial x_j} - \overline{u_j' \frac{\partial q_n'}{\partial x_j}} + \bar{S}_{q_n}, \quad n = 1, 2, 3, \\
 (4) \quad \frac{\partial \bar{\chi}_m}{\partial t} &= -\bar{u}_j \frac{\partial \bar{\chi}_m}{\partial x_j} - \overline{u_j' \frac{\partial \chi_m'}{\partial x_j}} + \bar{S}_{\chi_m}, \quad m = 1, 2, \dots, M, \\
 (5) \quad \frac{\partial \bar{p}}{\partial t} &= -\frac{\partial}{\partial x_j} \bar{\rho} \bar{u}_j - \frac{\partial}{\partial x_j} \overline{\rho' u_j'}, \\
 (6) \quad \bar{p} &= \bar{\rho} R \bar{T}, \\
 (7) \quad \bar{\theta} &= \bar{T}_v \left( \frac{1000 \text{ mb}}{\bar{p} \text{ (in mb)}} \right)^{R_d/C_p}, \\
 (8) \quad \bar{T}_v &= \bar{T} (1 + 0.61 \bar{q}_3).
 \end{aligned}$$

Este sistema de equações contém as equações prognósticas e outras variáveis em equações de recorrência. Estas equações são desenvolvidas numericamente em diferenças finitas levando em conta valores de espaçamentos de grade e passos no tempo predefinidos, além de utilizar estabilidade linear (CFL) como controle. A

<sup>89</sup> Radiação é completamente nova, com a introdução da parametrização de cúmulos rasos como proposto por SOUZA (1999) e novas opções de parametrização de cúmulos profundos.

execução do RAMS se completa, de forma sucinta, em quatro etapas: preparação de dados, assimilação de dados, rodada do modelo e visualização gráfica dos resultados. Na fase de preparação de dados, a grade é configurada de acordo com a situação e as opções existentes. Por se tratar de um modelo de mesoescala, é importante definir os fluxos de energia na fronteira inferior, com a especificação dos índices de solo/vegetação, valores esses já codificados no modelo (PIELKE *et al.*, 1992).

O QUADRO 4.3 apresenta um resumo das principais características do modelo RAMS, onde se pode perceber a sua versatilidade, bem como os seus limites. Os parâmetros físicos são detalhadamente modificáveis, implicando positivamente na maior versatilidade do modelo, mas, em contrapartida, são tantas as minúcias que precisam ser verificadas, que o processo de operação do modelo fica demorado. Portanto, torna-se necessária a implementação de interfaces computacionais para agilizar o processo, neste e nos demais modelos.

QUADRO 4.3 – CATEGORIAS E OPÇÕES DE USO DO MODELO RAMS

CATEGORIA	OPÇÕES <sup>90</sup>
Equações Básicas	Não-hidrostática – compressível Hidrostática: anelástica ou incompressível
Dimensões	1D, 2D, ou 3 D
Coordenadas verticais	(x, y, z) cartesiana ou $\sigma$ (seguindo o terreno)
Coordenadas horizontais	(x, y, z) cartesiana ou estereográfica
Grade-estrutura e deslocamento	Grade C de Arakawa – uma grade fixa Grade C de Arakawa – múltiplas grades aninhadas (fixas) Grade C de Arakawa – múltiplas grades aninhadas (móveis)
Diferenciação finita no tempo	Centrado no tempo ( <i>Leapfrog</i> ); 2 <sup>o</sup> ordem de precisão espacial Adiantado no tempo ( <i>Forward</i> ); de 2 <sup>o</sup> ordem de precisão espacial
Fechamento da Turbulência	Deformação K de Smagorinsky para a horizontal e Mellor e Yamada na vertical K de O'Brien / K de Blackadar Deardorff nível 2.5
Precipitação estável	Sem condensação Condensação
Parametrização de Cumulus	Desativada Kuo modificado (Tremback, 1990)
Microfísica Explícita	Desativada Microfísica para nuvens quentes Microfísica de nuvens frias – Nucleação especificada Microfísica de nuvens frias – Nucleação prognosticada
Radiação	Desativada Onda Curta I – Chen Onda Curta II – Mahrer e Pielke Onda Longa I – Chen Onda Longa II – Mahrer e Pielke
Camada Superficial	Louis (1979)
Fronteira Inferior	Especifica as diferenças de temperatura e umidade entre a superfície e o ar Diagnostica os fluxos de umidade e temperatura baseado no modelo de solo Parametrização da Vegetação
Fronteira Superior	Topo rígido Prognóstico da pressão à superfície Superfície Material Condição radiacional para onda de gravidade Camada de fricção de Rayleigh
Fronteira lateral	Condição de fronteira radiativa I – Orlanski (1976) Condição de fronteira radiativa II – Klemp e Wilhelmson (1978 a, b) Condição de fronteira radiativa III – Klemp e Lilly (1978) Condição de fronteira radiativa I e MCR (Região de Compensação de Mesoescala)
Inicialização	Horizontalmente homogêneo (HHI) HHI mais variações para forçar a inicialização de nuvens Inicialização variável I – NCEP ou ECMWF interpolado diretamente dos pontos de grade. Inicialização variável II – Análise isentrópica dos dados do NCEP ou ECMWF.
Difusão e Transporte	Módulo Lagrangeano de dispersão de partículas.

FONTE: SARAIVA, 1996.

Toda essa discussão leva a uma visão clara da complexidade e até certo ponto, fragilidade do modelo, apesar dele apresentar o que de melhor possa ser feito com a teoria existente. Fontes de imprecisão são, assim, carregadas para dentro deles, delineando as suas limitações. Portanto, é imensamente temerário creditar confiança em um dado modelo, aceitando totalmente os seus resultados como valores finais do

<sup>90</sup> Para a maioria das referências desta tabela, ver HOLTON (1992) e HALTINER e MARTIN (1985).

processo de previsão. Quando muito, a reunião dos resultados dos diversos modelos disponíveis com as demais ferramentas de análise, poderia se associar com resultados em conjunto – “ensemble” – permitindo a indicação das incertezas das previsões aos usuários.

#### 4.2.2 Outros modelos de mesoescala

De acordo com CHOW (1996), o modelo de área limitada ETA foi desenvolvido pela Universidade de Belgrado em conjunto com o Instituto de Hidrometeorologia da Iugoslávia, e se tornou operacional no National Centers for Environmental Prediction (NCEP) (MESINGER et al., 1988; BLACK, 1994). Este modelo regional é utilizado para prever com maiores detalhes alguns fenômenos associados com frentes frias, quentes e oclusas, circulações termicamente induzidas – brisa marítima e vale-montanha, tempestades severas, linhas de instabilidade, etc., enfim, sistemas organizados em mesoescala. Devido à maior não-linearidade dos sistemas nesta escala, a previsibilidade é menor e as previsões mais úteis (e necessárias) são as de curto prazo.

Apesar da intenção do CPTEC em complementar a previsão numérica gerada pelo seu modelo de circulação geral atmosférica, as rodadas do modelo ETA são efetivas e têm tido boa performance. Do ponto de vista do desenvolvimento do modelo, a maioria dos experimentos realizados

*“... com testes de resolução, principalmente em modelos regionais, mostram que o aumento da resolução tende a produzir previsões com melhores índices de acertos. Por outro lado, modelos de alta resolução requerem um alto custo computacional, sendo rodados de forma operacional, somente em alguns centros que possuem supercomputadores. Devido a essa limitação de ordem computacional, os centros operacionais de meteorológicos que não dispõem de supercomputadores, caso viessem a rodar modelos com alta resolução, teria a sua rotina operacional afetada pelo tempo utilizado na integração do modelo”. CHOW (2002, p. 3918)*

Uma das características principais deste modelo é a coordenada vertical definida como pressão de referência por MESINGER (1984). É uma pressão de referência adequadamente definida em função da altura, cuja vantagem é alinhar as superfícies desta coordenada aproximadamente horizontais, o que reduz os erros nos cálculos de variáveis obtidas a partir de derivadas horizontais. Estes erros são significativos em regiões de montanhas íngremes e o topo do modelo se encontra em 50 hPa.

Segundo CHOW (1996, p. 347), a orografia do modelo ETA

*“é representada em forma de degraus, cujo topo coincide com a interface das camadas. A altura de cada degrau é obtida a partir do método de silhueta. Este método procura o valor médio das alturas máximas da topografia dentro de cada quadrado de grade. Cada degrau possui um ponto de massa no centro e quatro pontos de velocidade localizados nos vértices”.*

As variáveis prognósticas do modelo são: temperatura do ar, componentes zonal e meridional do vento, umidade específica, pressão à superfície e energia cinética turbulenta. A integração no tempo utiliza a técnica de *'split-explicit'* onde os termos, devido ao ajuste pelas ondas de gravidade inerciais, são integrados separadamente dos termos devido à advecção. Um esquema *'forward-backward'* modificado trata dos termos responsáveis pelo ajuste, enquanto o esquema *'Euler-backward'* modificado trata dos termos de advecção horizontal e vertical. O passo de tempo fundamental do modelo é o do ajuste, que equivale à metade do passo de tempo da advecção (CHOW, 1996).

O esquema de diferenças finitas no espaço emprega o método de JANJIC (1984) que controla o falso escoamento de energia para as ondas mais curtas. Um amortecimento na divergência combinado com uma difusão horizontal não-linear de 2ª ordem mantém os campos suaves.

Tradicionalmente, a modelagem numérica não tem se revelado capaz de produzir boas previsões de chuvas decorrentes dos efeitos de topografia – os resultados tem sido apenas razoáveis. Apesar disso, HAAS *et al.* (2002) realizou simulações com o modelo ARPS. Seus resultados sugerem que a previsão de precipitação sobre relevos montanhosos deve incorporar esquemas explícitos de microfísica de nuvens e com boa resolução espacial (~3 km), porque o tratamento explícito da microfísica de nuvens promove a partição entre precipitação sólida e líquida da água. Além disso, a utilização da composição das nuvens no cálculo das transferências radiativas parecem melhorar significativamente os resultados, quando confrontados com os dados.

Dentre as deficiências dos próprios modelos, que os impedem de realizar previsões adequadas da quantidade de chuva, encontram-se a dificuldade de definição das condições iniciais e as condições de contorno laterais e de topo e superfície. Estas deficiências são contornadas com parametrizações dos processos físicos, que são as principais responsáveis pelas simulações inadequadas. De acordo com HAAS *et al.* (2002), a parametrização da precipitação nos modelos numéricos é normalmente dividida em esquemas de parametrização na escala da subgrade e da grade. Os esquemas de parametrização na escala de subgrade têm por objetivo principal estimar a

taxa de precipitação convectiva nessa escala, com redistribuição posterior do calor latente, da umidade e do movimento vertical. KAIN e FRITSCH (1998) afirmam que tal procedimento ajuda a prevenir o crescimento irrealístico dos distúrbios em escalas menores que aquelas resolvidas pela grade.

Existem vários esquemas de parametrização na escala subgrade, entre eles o esquema Kuo (KUO, 1965), Kuo modificado (ANTHES, 1977), o esquema de ARAKAWA e SCHUBERT (1974), o esquema de FRITSCH e CHAPPELL (1980), ou KF, o esquema de BETTS e MILLER (1986), o esquema de KAIN e FRITSCH (1990) e o de GRELL (1993). De uma forma geral, segundo EMANUEL (1994), todos esses esquemas citados são altamente dependentes da resolução horizontal, sendo sensíveis à formulação da função de disparo da convecção. Além disso, a distribuição e a intensidade da precipitação são extremamente sensíveis à escolha do esquema de parametrização de cúmulos (KUO et al. 1990).

Os esquemas de parametrização da precipitação na escala da grade, por exemplo, para PRUPPACHER e KELL (1978), têm por objetivo estimar a taxa de precipitação resolvida pela grade. Estas equações são divididas em duas classes de processos de formação de gotículas em nuvens, onde os processos de cristais de gelo ou chuva fria e os processos de chuva quente são analisados separadamente. No processo de chuva fria ou processo de Bergeron, as gotículas de gelo crescem rapidamente devido à diferença entre a pressão de vapor de saturação da água e a do gelo. Os processos de chuva quente são menos eficientes que os processos de chuva fria, contudo, eles são muito importantes na avaliação e para os cálculos da precipitação sobre regiões tropicais e no início dos processos de formação da chuva fria em latitudes médias.

Na modelagem numérica dos processos de chuva quente existem várias discrepâncias entre a evolução do espectro de gotas observadas e teorizadas, conforme afirma HAAS *et al.* (2002), onde os espectros observados são frequentemente mais largos que os modelados. Os três esquemas de microfísica disponíveis no ARPS são o esquema de nuvens quentes de KASSLER (1969), o esquema de microfísica de gelo de LIN (1983), e o esquema de microfísica de gelo simplificado de SCHULTZ (1995). Todos eles são baseados em aerossóis continentais, o que certamente restringe sua aplicabilidade para regiões marítimas ou regiões cujos aerossóis são de características marítimas.

Adicionalmente, redes densamente compostas de radares e estações meteorológicas, regionalmente distribuídas, têm proporcionado resultados mais favoráveis da modelagem, como afirma Pedro Dias.

Portanto, o processo de fabricação da previsão do tempo tem sido incrementado por modelos e máquinas. A cada modificação tecnológica e cada proposta de explicação teórica dos fatos científicos, os meteorologistas são levados a implementar novas técnicas nas suas instituições de pesquisa e operação. Cada instituição, cada atividade social que envolve Meteorologia, e cada país, tem o seu ritmo de evolução e sua história. No Brasil não seria diferente. A história das atividades meteorológicas no território brasileiro é permeada de ações positivas e negativas, desde as suas primeiras iniciativas até a constituição das redes físicas e instituições da área, com avanços e retrocessos no desenrolar dos acontecimentos.

Com relação aos julgamentos de racionalidade do processo de fabricação das previsões do tempo e os seus usos, ou seja, como olhar os fatos científicos desta área sem pertencer à rede de produção da informação meteorológica, LATOUR (2000) questiona isso, da seguinte forma: como é que as pessoas que estão fora da rede vêem esses profissionais, e de que modo julgam a parte de fora dessas redes? O seu ponto de vista está mais centrado nas formas de pensar das pessoas. Na sua óptica, ele acrescenta que

*“todos os dias, e até várias vezes por dia, muitos milhões de pessoas falam do tempo, fazem previsões, citam provérbios, examinam o céu. Destas, grande parte ouve previsões do tempo ou vê de passagem, na TV ou nos jornais, os mapas meteorológicos...; com grande frequência, fazem piadas sobre os meteorologistas que, conforme dizem, ‘nunca acertam’; muitas outras pessoas, cujo destino foi antes ligado ao dos meteorologistas, esperam ansiosamente pelas previsões antes de tomarem decisões...” (LATOUR, 2000, p. 295).*

Nas estações meteorológicas, nos institutos onde se captam, armazenam e processam dados em enormes quantidades, organizados em bancos gerais e/ou específicos, e submetendo-os a modelos de simulação numérica de clima e tempo, alguns milhares de meteorologistas estão trabalhando na definição de como são, como foram e como serão as condições meteorológicas. Diante da pergunta “como vai ser o tempo amanhã?”, obtêm-se, por um lado, bilhões de comentários esparsos e, por outro, algumas afirmações que são confrontadas com as informações dos vários outros órgãos de previsão.

Há que se compreender como lembra ainda LATOUR (op. cit. p. 296) que:

*“por um lado, as poucas afirmações dos meteorologistas ficam absolutamente perdidas entre bilhões de piadas, provérbios, avaliações, sensações íntimas e leitura de índices sutis; ( ... ) por outro, quando chega a hora de definir o clima, os bilhões de outros enunciados a respeito não contam nada. Só alguns milhares de pessoas são capazes de definir o clima; apenas suas opiniões literalmente contam quando a questão é alocar os enormes fundos necessários ao funcionamento da rede de computadores, instrumentos, satélites, sondas, aviões e navios que fornecem os dados necessários.”*



## CONCLUSÕES

Este trabalho teve o propósito de discutir, a partir de um enfoque interdisciplinar – que privilegiou as relações entre os campos da Meteorologia e da Sociologia – as limitações das previsões do tempo em escala regional, direcionada para a previsão hidrológica. O objeto foi a previsão do tempo no Vale do Itajaí (SC), região que vem sendo historicamente atingida por enchentes que penalizam duramente a população e as atividades econômicas locais.

A hipótese básica de que se partiu foi que a confiabilidade de uma previsão do tempo, para os fins a que se propõe, não reside apenas na atualização do aparato tecnológico colocado à disposição das atividades científicas e operacionais da Meteorologia, mas dependem também das formas como esse aparato é utilizado no quadro das relações institucionalizadas em que se realizam essas mesmas atividades.

Para testar a hipótese, abordar o objeto e alcançar os objetivos propostos, apresentados na Introdução, empregou-se a Teoria Ator-Rede, tal como desenvolvida pelo sociólogo francês Bruno Latour, um dos principais representantes da chamada Análise Sociotécnica, campo do conhecimento que estuda as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade.

No período histórico analisado, de 1950 a 2000, houve no Brasil uma forte interação entre ciência e política, ou seja, entre aqueles detentores do conhecimento científico, que eram capazes de arregimentar apoio e recursos financeiros necessários ao desenvolvimento das atividades meteorológicas, e os governantes do País. Esta dinâmica pôde ser identificada, na presente pesquisa, a partir dos boletins e relatórios institucionais anuais constantes do acervo bibliográfico do INMET e do INPE, de boletins da SBMET, e também das informações obtidas nas entrevistas realizadas com atores relevantes da Meteorologia nacional.

O fortalecimento das associações entre os atores institucionais, bem como a durabilidade dessas parcerias, apresentaram-se como fatores preponderantes para a estabilização da estrutura organizacional da rede sociotécnica que configura o sistema nacional de Meteorologia. Esta estabilização, conforme a idéia da maioria dos atores

dessa rede, pode se dar por meio de convênios mais específicos para ações de fluxo contínuo, como projetos de pesquisa e treinamentos em serviço. Ações políticas que levem à estagnação ou pouco desenvolvimento das estruturas organizacionais dessa área são, portanto, fortemente indesejadas.

Por outro lado, os investimentos canalizados na regionalização das previsões, por intermédio do fortalecimento dos Centros Estaduais de Meteorologia, podem surtir maiores efeitos no aumento da confiabilidade das informações meteorológicas como boletins, alertas e, principalmente, no monitoramento diário.

A regionalização das previsões do tempo, que formaria um elo maior e mais forte entre o Sistema Produtor (SPr) e o Sistema Usuário (SU), ainda se mostra frágil e acredita-se que não se concretizará enquanto as principais instituições do Sistema Produtor (SPr) – CPTEC/INPE e INMET – mantiverem atividades paralelas.

Os programas de repasse de informações meteorológicas para as regiões ou fracassaram ou ficaram enfraquecidos por ações ineficazes dos atores envolvidos. A frágil associação entre os Centros Estaduais já existentes, e dos DISMEs com cada uma das regiões historicamente problemáticas dos estados de sua abrangência, parece contribuir para a baixa confiabilidade das suas previsões de tempo na escala regional. Todavia, em Santa Catarina, a sobressai-se de uma forma crescente, a qualidade das previsões do CLIMERH, por conta da sua efetiva associação com o 8º. DISME.

Existe ainda uma pequena capacidade de desenvolvimento de modelos numéricos regionais, devido à pequena parcela de profissionais dedicados a esta tarefa. Este é um fator preponderante para o uso pouco eficiente dessas ferramentas no âmbito regional. Assim, se os poucos modelos numéricos que se encontram em operação no País – como o ETA, o RAMS, o ARPS, o MM5, o MBAR e o do Global – são utilizados por alguns dos melhores atores “modelistas” nacionais, faltam investimentos na ampliação e descentralização dos seus grupos. Apesar das suas visíveis limitações na inferência dos movimentos e da evolução do estado termodinâmico da atmosfera, com parametrizações ainda limitadas, tais modelos regionais demonstram um futuro promissor, haja vista o vínculo de instituições brasileiras com algumas internacionais especificamente para este fim, tanto para estudos de casos, como para a monitoração atenciosa de sinais intermitentes e sutis de iminência de excesso de chuva.

Apesar disso, SACHes como o do Vale do Itajaí permanecem frágeis na questão da antecipação da informação meteorológica às previsões hidrológicas. Mesmo sendo os modelos numéricos de previsão de tempo cada vez mais performáticos na escala sinótica, as suas indicações regionais ainda são imprecisas para as necessidades dos usuários desta escala. Isso se reflete na menor capacidade desses SACHes adquirirem eficácia nas suas ações, que ficam altamente dependentes das pessoas (os humanos, na terminologia de Latour) que os operam. São elas que precisam regionalizar as informações que lhes chegam, sem disporem, contudo, de uma estrutura tecnológica (os não-humanos) condizente com a tarefa de previsão de curto prazo que é exigida. Ou seja, o grau de associação da rede sociotécnica regional é ainda precário, situação agravada nos períodos de catástrofe iminente.

Assim, a regionalização das previsões do tempo apresenta-se como um fator preponderante para a garantia da confiabilidade do processo de produção e disseminação das previsões do tempo, no que concerne às operações nos SACHes, uma vez que as necessidades dos seus usuários se definem, na maioria dos casos, sob a escala regional. Nesse sentido, a atualização dos atores não-humanos, ou seja, do aparato tecnológico, e a formação e o treinamento contínuo dos atores humanos constituem tarefas incontornáveis.

Conclui-se ainda que a definição clara do usuário de cada previsão do tempo, aliado a um maior entendimento das limitações intrínsecas das possibilidades do SPPr, pode também levar a um maior tempo de maturidade e contínuo aperfeiçoamento do próprio SPPr, ou seja, dos atores previsores, institucionais ou individuais, permitindo uma visualização cada vez maior das necessidades de investimentos e criação de produtos específicos na área meteorológica brasileira.

Com relação ao que vem sendo proposto para a questão da previsão de enchentes em Santa Catarina, podemos concluir que um melhor monitoramento e a possibilidade de prever quantitativamente a chuva nas cabeceiras dos rios que formam o Itajaí-Açu, poderá levar a uma previsão de enchentes nos municípios do Alto Vale, fato que até hoje não foi possível, antecipando assim, efetivamente, as previsões de níveis e os alertas para os habitantes e as estruturas urbanas do Médio Vale, como por exemplo, as indústrias e comunidades dos bairros de Blumenau, e do Baixo Vale, por exemplo, o Porto de Itajaí.

Por fim, no que diz respeito à influência da Meteorologia brasileira sobre as atividades de previsão de cheias no Vale do Itajaí, uma reflexão da abordagem dos seus diversos aspectos faz-se necessário. Sendo ela, constituída por uma rede de atores humanos e não-humanos, entende-se que os diversos setores operacionais promovam seus próprios desenvolvimentos a partir de alianças fortes entre alguns dos atores. Nesta escolha de associações, a afinidade, a competência técnica, a titulação e o poder político desses atores sustentam a sua solidez, superando por vezes a própria lógica de desenvolvimento e aperfeiçoamento do sistema meteorológico como um todo, seja nas redes físicas de medição das variáveis, seja na formação de pessoal, seja na aprovação de projetos, seja na organização e estruturação dos atores institucionais mais importantes.

O fato das instituições estarem aliadas umas às outras não garante ao Vale do Itajaí, o apoio nas horas de iminência de um evento catastrófico, principalmente porque no seu dia-a-dia, o acompanhamento se dá com mais atenção à sua região de interesse, havendo uma perda de continuidade na informação do tempo que se desenvolve no Vale.

Assim, esta região tem uma necessidade operacional de manter um serviço de vigilância com a tecnologia e as pessoas que se coadunem às informações da região, como se entende ser o papel do Centro Estadual de Santa Catarina, o CLIMERH. O SAChe da bacia do Itajaí, para a sua própria sobrevivência, necessita se aliar fortemente a este CE no intuito de monitorar, local e regionalmente, os fenômenos do tempo sobre o Estado.

A forte aliança entre o CE e os atores institucionais de maior peso como o INMET e o CPTEC-INPE é que, funcionando como uma verdadeira ponte, pode proporcionar as informações nas diversas escalas ao SAChe, para que este possa ter as suas tomadas de decisão com riscos cada vez menores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, F. P. e MARQUES, V. S.; **Atualização e modernização da meteorologia no Brasil**. *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia*. São Paulo: SBMET-USP, vol. 19, no. 2, pp. 1-5, 1995.

AMBRIZZI, T.; HOSKINS, B. J. e HSU, H.; **Rossby wave propagation and teleconnection patterns in the austral winter**. *J. Atmos. Sci.*, 52: 3661-3672.

\_\_\_\_\_; SILVA DIAS, P. L. e GRIMM, A. M.; **A Comparison between barotropic and baroclinic remote responses associated with the SPCZ and SACZ**. *Anais do VIII CBMet*, 2, p. 85-87. 1994.

ANTHES, R. A. *et al.*; **Predictability of mesoscale atmospheric motions**. *Advances in Geophysics*, 28, Part B, 159-202. 1985.

\_\_\_\_\_; **The General Question of Predictability**. (In: *Mesoscale Meteorology and Forecasting*. P. S. Ray, Ed.), 636-654. Boston: American Meteorological Society. 1986. 793 pp.

ATHAYDE, A. A. V.; **Instrumentos e Aparelhos Meteorológicos**. Mensagem eletrônica recebida em 07/06/2003.

ATLAS, R.; **Atmospheric Observations and Experiments to Assess their Usefulness in data assimilation**. *J. Met. Soc. of Japan*, vol. 75, p. 111-130, 1997.

AYOADE, J. O.; **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 332 p. 1996.

BAIO, F. H. R.; **GPS na Agricultura**. Disponível em: <http://www.gpsglobal.com.br/Artigos/Agricola/GPSAric.html>. Acesso em: 17 jun. 2003.

BENAKOUCHE, T.; **Tecnologia é Sociedade: contra a noção de impacto tecnológico**. Programa de Pós-Graduação em Sociologia Política / Universidade Federal de Santa Catarina. Cadernos de Pesquisa, nº 17. Florianópolis, setembro de 1999.

\_\_\_\_\_; **Duas culturas, Três culturas ... ou redes?** In: A Era do Conhecimento. Matrix ou Ágora? Maíra Baumgarten (Org.), págs. 45-59. Porto Alegre/Brasília: Editora da Universidade (UFRGS) / Ed. UnB. 2001.

BENTO, S.; As Controvérsias Tecnológicas na Reflexão sobre Tecnologia. In: Scherer-Warren, I. e Ferreira, J. M. C. (Orgs.); **Transformações Sociais e Dilemas da Globalização: um diálogo Brasil/Portugal**; São Paulo: Cortez, 2002, págs. 109-121.

BERGER, P. L. e LUCKMANN, T.; **A Construção Social da Realidade – Tratado de Sociologia do Conhecimento**. Petrópolis: Editora Vozes, 1998. 248 p. (Coleção Antropologia v. 5)

BERNARDET, L. R.; **Verificação da Previsão**. In: Bernardet, L. R., R. B. Silveira, R. P. Rocha e S. Sugahara (Orgs.); *Tópicos de Modelagem Numérica aplicados ao Sistema de Previsão do Tempo do INMET*, págs. 137-159. Brasília: INMET, 2001.

\_\_\_\_\_; **Conceitos Gerais de Modelagem Numérica**. In: Bernardet, L. R., R. B. Silveira, R. P. Rocha e S. Sugahara (Orgs.); *Tópicos de Modelagem Numérica aplicados ao Sistema de Previsão do Tempo do INMET*, págs. 5-29. Brasília: INMET, 2001.

BETTS, A. K.; **The Thermodynamic transformation of the tropical subcloud layer by precipitation and downdrafts**. *J. Atmos. Sci.*, 55 (4): 304-313, 1974.

BIJKER, W. E.; HUGHES, T. P. e PINCH, T. (eds); **The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology**. Cambridge, Mass., The MIT Press, 1987.

BJERKNES, J.; **On the structure of moving cyclones**. *Geophys. Publ.*, 1, 1919, pp. 1-8.

BLACK, T. L.; **The new NMC mesoscale Eta model: Description and forecast examples**. *Weather and Forecasting*, 9, 265-278. 1994.

BLOOR, D.; **Knowledge and Social Imagery**. Londres: Routledge and Kegan Paul., 1976.

BONATTI, J. P.; **O Modelo de Circulação Geral do CPTEC**. [on line]. Climanálise Especial 10 anos, v. 11, número especial, ref. 26, 5p., out. 1996. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/bonatti.html>> Acesso em: 25 jul. 2001.

\_\_\_\_\_; **Modelagem Matemática na Previsão do Tempo e do Clima**. [on line]. Com Ciência - Modelagem Matemática: o contido e o residual. Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/modelagem/mod06.htm> Acesso em: 20 mai. 2002.

BOURDIEU, P.; **Sociologia**. São Paulo: Editora Ática S. A., 1983.

\_\_\_\_\_; **O Campo Científico**, In: ORTIZ, Renato (org.) Pierre Bourdieu. *Sociologia*. Coleção Grandes Cientistas Sociais. 2ª ed. São Paulo: Ática. 1994. 191 p.

\_\_\_\_\_; **Science de la science et réflexivité**. Colection "Cours et Travaux". Aris: Raisons D'Agir Éditions. 2002. 237 p.

BRAGA, H. J. e GHELLRE, R.; **Proposta de Diferenciação Climática para o Estado de Santa Catarina**. In: REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2, 1999, Florianópolis. **Anais ...** Florianópolis: Hotel Maria do Mar, 1999. Disponível em CD.

BROOKS, H. E. e DOSWELL III, C. A.; **A Comparison of Measures-Oriented and Distributions-Oriented Approaches to Forecast Verification**. *Weather and Forecasting*, 11, p. 288-303. 1996.

BROWN, B. G.; KATZ, R. W. e MURPHY, A. H.; **On the economic value of seasonal-precipitation forecasts: the fallowing/planting problem**. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 67, p. 833-841. 1986.

BUTZKE, I. C.; **Ocupação de áreas inundáveis em Blumenau (SC)**. Rio Claro, 1995. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

BURLAMAQUI, T.; **Projeto de reorganização para o nosso atual Serviço de Meteorologia (da Marinha)**. Rio de Janeiro, 1890.

CALHEIROS, R. V.; **SIPMET – Sistema Paulista de Meteorologia: conceito e estrutura, os sensores e papel dos radares**. In: Pessoa, M. L. et al. (Org.) *Telemetria e Sensoriamento Remoto com Aplicações em Hidrologia e Meteorologia*. Curitiba: FINEP, 1992. p. 139-155.

CAMEX-4; **The Fourth Convection And Moisture EXperiment**. Disponível em <http://camex.msfc.nasa.gov/camex4/instruments.jsp#aerosonde>. Acesso em 22 jun. 2003.

CELESC; **Centrais elétricas de Santa Catarina**. Site institucional disponível na Internet em: [www.celesc.com.br](http://www.celesc.com.br). Acesso em 17 jul 2003.

CEOPS; **Manual de Operações do Sistema de Alerta contra cheias da Bacia do Rio Itajaí**. Convênio FURB/CLIMERH. 22 pp. 2000.

CHARNEY, J. *et al.* ; **The feasibility of a global observation and analysis experiment**. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 47, p. 200-220. 1966.

CHOW, S.-C.; **O Modelo ETA**. Boletim de Monitoramento Climático CLIMANÁLISE. Edição Especial de 10 anos, 1996, INMET-INPE. 346-353.

CLIMANÁLISE – 86; **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**. Edição Especial, INMET-INPE. 1986.

\_\_\_\_\_-95; **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**. Cachoeira Paulista, SP, Brasil, INPE/CPTEC. vol.10, N° 6. 1995

CLIMERH-95; **Programa Estadual de Meteorologia/Climatologia e Recursos Hídricos**. Florianópolis: EPAGRI. 1995.

\_\_\_\_\_-96; **Compêndio da Criação e Organização do Climerh**. Florianópolis: EPAGRI. 1996.

COELHO, D. G.; SILVA, M. G. A. J. e SANTOS, I. A.; **Modelagem de Mesoescala: Uma Alternativa de Baixo Custo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. *Anais ...* Rio de Janeiro: CC-UERJ – Centro Cultural da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 2000. p. 3575-3578. Disponível em CD.

COHEN, I. B.; **“The Publication of Science, Technology and Society: circumstances and consequences”**. In: *ISIS*, vol. 79. 1988.

COLMAN, B.; **“What is a Good Weather Forecast?” in the eyes of a forecaster**. Disponível em <http://sciencepolicy.colorado.edu/socasp/weather1/colman.html> Acesso em 20 mar. 2003.

COMDEC-BLU; **Manual de Defesa Civil do Município de Blumenau – Plano de Enchente**. Comissão Municipal de Defesa Civil. Superintendência de Defesa Civil. PMB, 87 pp. 2000.

CORDERO, A.; **As enchentes no Vale do Itajaí têm solução?** *Dynamis – Revista Tecno-Científica*, Blumenau, vol. 1 no. 1, p. 29-35, set/out., 1992.

\_\_\_\_\_; **Previsione di Piena in Tempo Reale con un Modello Distribuito**. Milano, 1996. 122 f. Tesi (Dottorato di Ricerca in Ingegneria Idraulica) - Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale e del Rilevamento, Politecnico di Milano.

\_\_\_\_\_ e BUTZKE, I. C.; **Cota-enchente para a cidade de Blumenau.** Revista Tecno-Científica, Dynamis, FURB, Blumenau, SC, vol. 1 no. 12, 1995, págs. 5-9.

\_\_\_\_\_; SILVA, H. S. e SEVERO, D. L.; **Análise da Capacidade de Armazenamento das Ondas de Cheia pela Barragem Norte e suas Implicações nas Comunidades do Vale do Itajaí (SC).** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2002, Rio de Janeiro. **Anais ...** Rio de Janeiro: CC-UERJ – Centro Cultural da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 2000. Disponível em CD.

\_\_\_\_\_; LEON, A. T. e MEDEIROS, P. A.; **Medidas de Controle de Cheias e Erosões.** Revista de Estudos Ambientais, Blumenau, v.1, n.2, 27-45, 1999.

CORRÊA, A. R.; **Considerações Sobre a Administração de um Sistema Meteorológico.** In: Pessoa, M. L. *et al.* (org.) *Telemetria e Sensoriamento Remoto com Aplicações em Hidrologia e Meteorologia.* Curitiba: FINEP, 1992. p. 61-66.

COSTA, E. A. *et al.*; **Experimento de Microfísica de Nuvens EMfiN!** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais ...** Foz do Iguaçu: Hotel Mabu Thermas e Resort, 2002. Disponível em CD.

COUTINHO, M. M.; **Previsão por Conjuntos Utilizando Perturbações Baseadas em Componentes Principais.** São José dos Campos, 1999.136p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

CPTEC-INPE-00; **Atividades e Planos do CPTec.** Disponível em: [http://www.cptec.inpe.br/ocptec/template\\_cptec.shtml](http://www.cptec.inpe.br/ocptec/template_cptec.shtml). Acesso em: 17 jun. 2002.

CPTEC/INPE-99; **Proposta de Plano de Implantação do Centro Brasileiro de Meteorologia e Oceanografia por Satélite CBSAT.** Relatório do II Encontro Nacional de Meteorologia por Satélites, INPE - São José dos Campos (SP) e CPTec/INPE-Cachoeira Paulista (SP) em 5 a 6 de agosto de 1999. 17 p.

CPTEC-WMO; **Progress Report on the Global data Processing System Brazil (1995-2000) – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).** Disponível em: [http://www.wmo.ch/search?NS-search-page=document&NS-rel-doc-name=/web/www/DPS/APRGDPS99/CPTEC.html&NS-query=Khall%2C+T.&NS-search-type=NS-boolean-query&NS-collection=HTML\\_docs&NS-docs-found=320&NS-doc-number=4](http://www.wmo.ch/search?NS-search-page=document&NS-rel-doc-name=/web/www/DPS/APRGDPS99/CPTEC.html&NS-query=Khall%2C+T.&NS-search-type=NS-boolean-query&NS-collection=HTML_docs&NS-docs-found=320&NS-doc-number=4) Acesso em: 22 set. 2002.

CRAWFORD, H.; **An Interview with B. Latour.** The John Hopkins University Press, pp. 247-268, 1993.

D'AMBROSIO, U.; **Transdisciplinaridade.** São Paulo: Editora Palas Athena, 1997, p. 174.

DEOH-97; **Relatório de Operação de 1997.** Estado de Santa Catarina. SETO. Depto. de Edificações e Obras Hidráulicas. Florianópolis, Maio, 1997.

DEOH-98; **Regras Básicas de Operação das Barragens de Contenção de Cheias do Vale do Itajaí.** Estado de Santa Catarina. SETO. Depto. de Edificações e Obras Hidráulicas. Florianópolis, Maio, 1998.

DEOH-01; **10º Relatório Semestral de Atividades nas Barragens do Alto Vale do Itajaí.** Estado de Santa Catarina. SETO. Depto. de Edificações e Obras Hidráulicas. Florianópolis, Jan-Jun, 2001.



DNAEE; **Bacia do Rio Itajaí: Caracterização dos Usos e das Disponibilidades Hídricas**. Ministério das Minas e Energia. Brasília, DF. [s.n.], 1984.

DOSWELL III, C. A.; **The Human Element in Weather Forecasting**. *Forecasting – National Weather Digest*, Vol. 11 no. 2, 1986.

\_\_\_\_\_ e BROOKS, H. E.; **Budget Cutting and Value of Weather Services**. *Weather and Forecasting*, Vol. 13, março, p. 206-212, 1998.

DOUGLAS, M.; **Purity and Danger: An Analysis of Conceptions of Pollution and Taboo**. Londres: Routledge Press. 1966.

\_\_\_\_\_ ; **Como as Instituições Pensam**. São Paulo: Editora da USP, 1998, 141p.

\_\_\_\_\_ e WILDAWSKY, A.; **Risk and Culture**. Berkeley, University of California Press, 1982, p. 1 – 48, 174-198.

DURKHEIM, E.; **As formas elementares de vida religiosa: (o sistema totêmico na Austrália)**. São Paulo: Edições Paulinas, 1989. 535p.

\_\_\_\_\_ ; **As regras do método sociológico**. 8. ed. - São Paulo: Nacional, 1977. 128 p.

ECMWF/CPTEC; **Users Guide for MicroMAGICS (Meteorological Applications Graphics Integrated Colour System for Microcomputers)** INPE, São José dos Campos, SP.

ELSNER, J. B. e TSONIS, A. A.; **Complexity and Predictability of Hourly Precipitation**. *J. Atmos. Sci.*, vol 50, nº. 3, 1993, p. 400-405.

FABRY, F.; **On the determination of scale ranges for precipitation fields**. *J. Geophys. Res.*, 101, 12819-12826. 1996

\_\_\_\_\_ ; **Can radars tell us by how much are their waves being attenuated?** Proceedings of Fifth International Symposium on Hydrological Applications of Weather Radar. Kyoto, Japan. 2001.

FAPESP; **Fenômeno El Niño: Ações do Governo do Estado de São Paulo 97/98**. Relatório FAPESP da Anomalia Climática – EL Niño. Outubro de 1997.

FELS, S. B., e SCHWARTZKOPF, M. D.; **The simplified exchange approximation: A new method for radiative transfer calculations**. *J. Atmos. Sci.*, 32, 1475-1488. 1975.

FERRAZ, S. E. T. e A. M. GRIMM; **Oscilações intrasazonais presentes nas séries de precipitação no Sul e Sudeste do Brasil e Sul da América do Sul**. Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, (em CD, CL00028), Rio de Janeiro, outubro de 2000, Sociedade Brasileira de Meteorologia. 2000a .

\_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_ ; **Modos de variabilidade intrasazonal no Sul e Sudeste do Brasil e Sul da América do Sul durante o verão**. Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, (em CD, CL00096), Rio de Janeiro, outubro de 2000, Sociedade Brasileira de Meteorologia. 2000b.

\_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_; **Relação entre variabilidade intrasazonal no Sudeste do Brasil e deslizamentos de terra no Estado de São Paulo.** Proceedings of the 4th Inter-American Dialogue on Water Management, (em CD, nº 191), Foz do Iguaçu, setembro de 2001, The Organization of American States, Brazilian Ministry of Environment and Inter-American Water Resources Network. 2001

FIPEC; **Relatório Final do Estudo Climatológico e Implantação de Análise Objetiva do Tempo para o Estado de Santa Catarina** (Proc. FIPEC/BB: 1-1588-1), Anexo 5, 231 pp. 1990.

FLOHN, H.; **Local Wind Systems.** In: *General Climatology*, 2. H. Flohn (ed). World Survey of Climatology, Vol. 2. Elsevier Publishing Company, Amsterdã. Holanda, 1969.

FRANCO, M. A. R.; **Planejamento Ambiental para a Cidade Sustentável.** São Paulo: Annablume: FAPESP, 2000.

FRANK, B.; SILVA, H. S.; LOESCH, C. e CORDERO, A.; **Projeto Crise – Uma Tentativa de Reduzir o Problema das Enchentes no Vale do Itajaí.** In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE METEOROLOGIA, 1., 1986, Brasília. **Anais ...** Brasília: FUNCEP, 1986. Vol II, p. 263-267.

\_\_\_\_\_; **Projeto Crise.** In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL – ESTRATÉGIAS E AÇÕES FRENTE A DESASTRES NATURAIS, 1987, Salvador. **Anais ...** Salvador: MHU/PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento no Brasil, 1987, p. 30-46.

FRITSCH, J. M. e CHAPPELL, C. F.; **Numerical prediction of convectively driven mesoscale pressure systems. Part I: convective parameterization.** *J. Atmos. Sci.*, 37, p. 1722-1733. 1980.

GATES, D. M.; **The Flow of Energy in the Biosphere.** *Scientific American* 224:89, Setembro, 1971.

GRIMM, A. M.; **Relação entre Temperaturas da Superfície do Mar no Pacífico Leste e Precipitação no Sul do Brasil.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 8., 1994, Belo Horizonte. **Anais ...** Belo Horizonte: CETEC, 1994, vol. 2, p. 130-134.

\_\_\_\_\_ e SILVA DIAS, P. L.; **Analysis of Tropical-Extratropical Interactions with Influence Functions of a Barotropic Model.** *J. Atmos. Sci.*, 52, p. 3538-3555. 1995.

GASS, A. J.; **A split-explicit integration scheme for numerical weather prediction.** *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 104, 569-582. 1978.

GUEDES, R. L.; **Projeto Prognóstico Meteorológico (PROGMET).** In: Pessoa, M. L. et al. (Org.) *Telemetria e Sensoriamento Remoto com Aplicações em Hidrologia e Meteorologia.* Curitiba: FINEP, 1992. p. 127-137.

GUIVANT, J.; **A Trajetória das Análises de Risco: da periferia ao centro da teoria social** (in) BIB, nº 46, 2º semestre de 1998, p. 3-38.

HAAS, R.; **Utilização da Previsão Meteorológica Quantitativa de Chuva na Previsão de Afluências.** (Disponível em:

<[http://www.cienciaonline.org/revista/01\\_05/meteorologia/index.html](http://www.cienciaonline.org/revista/01_05/meteorologia/index.html)> Acesso em: 12 jul. 2002a.

\_\_\_\_\_; **Simulações da Chuva Orográfica Associada a um Ciclone Extratropical, no Litoral Sul do Brasil.** São Paulo, 2002b. 177p. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto de Astronomia, Meteorologia e Geofísica da USP.

\_\_\_\_\_, AMBRIZZI, T. e PEREIRA F<sup>o</sup>., A. J.; **Simulação de um evento de chuva orográfica prolongada com o modelo ARPS: testes de sensibilidade com as parametrizações da precipitação.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais ...** Foz do Iguaçu: Hotel Mabu Thermas e Resort, 2002. Disponível em CD.

HALTINER, G. J. e MARTIN, F. L.; **Dynamical and Physical Meteorology.** 1<sup>a</sup> ed. New York, NY, McGraw-Hill, 1957. 470 pp.

HILTON, R. W.; **The Determinants of Information Value: Synthesizing Some General Results.** *Manage. Sci.*, 27, p. 57-64. 1981.

HOLLAND, G. J.; **Reconocimiento de Cyclones Tropicales Utilizando la Aerosonda UAV.** *Buletin da Organización Meteorológica Mundial*, vol. 51 n<sup>o</sup> 3, jul. 2002, p. 261-266.

\_\_\_\_\_; WEBSTER, P. e CURRY, J.; **Application of Aerosonde for CAMEX-4.**

HOLTON, J. R.; **An Introduction to Dynamical Meteorology.** New York, NY, Academic Press, 3<sup>a</sup> ed., 1992, 510 pp.

IAGUSP-01; **Histórico do Departamento de Ciências Atmosféricas do IAG.** Disponível em [http://www.iag.usp.br/meteo/meteo\\_historia.htm](http://www.iag.usp.br/meteo/meteo_historia.htm). Acesso em 21 out. 2001.

INMET-95; **Proposta de Modernização da Rede Básica Nacional de Observações Meteorológicas – Situação Atual e Perspectivas.** Brasília: INMET. Setembro, 1995.

INMET-99; **Relatório Anual de Atividades.** Brasília: INMET. 1999.

INMET-00; **Relatório Anual de Atividades.** Brasília: INMET. 2000.

INMET-03; **Apresentação Institucional do INMET.** Disponível em [http://www.inmet.gov.br/conheca\\_inmet/](http://www.inmet.gov.br/conheca_inmet/). Acesso em 10 fev. 2003.

INPE-97; **Relatório Anual das Principais Atividades do INPE.** São José dos Campos: INPE/MCT, 1997.

INPE/CPTEC-99; **Relatório Anual de Atividades do INPE.** São José dos Campos: CPTEC/INPE-MCT, 1999.

INPE/CPTEC-00; **Relatório Anual de Atividades do INPE.** São José dos Campos: CPTEC/INPE-MCT, 2000.

JANJIC, Z.I.; **Forward-backward scheme modified to prevent two-grid-internal noise and its application in sigma coordinate models.** *Contrib. Atmos. Phys.*, 52, 69-84. 1979

\_\_\_\_\_; **Nonlinear advection schemes and energy cascade on semi-staggered grids.** *Mon. Wea. Rev.*, 112, 1234-1245. 1984.

\_\_\_\_\_; **The step-mountain Eta coordinate Model: Further developments of the convection, viscous sublayer, and turbulence closure schemes.** *J. Atmos. Sci.*, 122, 927-945. 1994

- JEFFERY, K. G.; **Metadata: The Future of Information Systems**. Disponível em: <<http://www.wmo.ch/web/www/WDM/ET-IDM/Doc-2-3.html>> Acesso em: 25 mar. 2002.
- JONES, C., D. E. WALISER, J-K. E. SCHEMM; **Prediction skill of the Madden and Julian oscillation in dynamical extended range forecasts**. *Climate Dynamics*, 16, 273-289. 2000.
- KATZ, R. W. e MURPHY, A. H.; **Quality/value relationship for imperfect information in the umbrella problem**. *Am. Stat.*, 41, p. 187-189. 1987.
- \_\_\_\_\_; **Quality/value relationship for imperfect weather forecasts in a prototype multistage decision-making model**. *J. Forecasting*, 9, p. 75-86. 1990.
- \_\_\_\_\_; **Economic Value of Weather and Climate Forecasts**. Cambridge University Press. 1993.
- \_\_\_\_\_ e WINCLER, R. L.; **Assessing the value of frost forecasts to orchardists: A dynamic decision-making approach**. *J. Appl. Meteor.*, 21, p. 518-531. 1982.
- KNORR-CETINA, K.; **The Manufacture Knowledge. An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science**. Oxford: Pergamon Press. 1981.
- KOUSKY, E. V.; **Diurnal rainfall variation in Northeast Brazil**. *Mon. Wea. Rev.*, 108, 488-498, 1980.
- KRISHNAMURTI, E.; C.M. Kishtawal, T. LaRow, D. Bachiochi, Z. Zhang, C.E. Williford, S. Gadgil and S. Surendran). **Multi-model superensemble forecasts for weather and seasonal climate**. *Journal of Climate*, Nov. 2000.
- \_\_\_\_\_, C.M. Kishtawal, T. LaRow, D. Bachiochi, Z. Zhang, C.E. Williford, S. Gadgil and S. Surendran). **Improved skills for weather and seasonal climate forecasts from multi-model superensemble**. *Science*, September 3, 1999.
- \_\_\_\_\_, H.S. Bedi and V. Hardiker. **Introduction to Global Spectral Modeling**. Oxford University Press, New York, 253 pp. 1998, Textbook.
- \_\_\_\_\_; W. Han, B. Jha, and H.S. Bedi). **Numerical Prediction of Hurricane Opal**. *Monthly Weather Review*, 126, 1347-1363. 1998.
- KUO, H. L.; **Further studies of the parameterization of the influence of cumulus convection on large-scale flow**. *J. Atmos. Sci.*, 31, 1232-1240, 1974.
- KURTYKA, J. C.; **Precipitation Measurements Study**. Report of investigation n° 2, State Water Survey Illinois, 1956.
- LACIS A. A., e HANSEN, J. E.; **A parameterization of the absorption of solar radiation in the earth's atmosphere**. *J. Atmos. Sci.*, 31, 118-133. 1974.
- LAGO, P. F.; **Santa Catarina: dimensões e perspectivas**. Florianópolis: UFSC, 1988.
- LANDAUER, T. K.; **The Trouble with Computers – usefulness, usability and productivity**. A Bradford book. MIT Press. 1996, 425 pp.

LANGE JR., F. L.; **Sensoriamento Remoto – A Experiência do Paraná: Uma Proposta de Organização**. In: Pessoa, M. L. et al. (org.) *Telemetria e Sensoriamento Remoto com Aplicações em Hidrologia e Meteorologia*. Curitiba: FINEP, 1992, p. 85-100.

LANNA, A. E.; **Gestão dos Recursos Hídricos**. In: *Hidrologia – Ciência e Aplicação*. TUCCI, C.E. M. (Org.); Editora da Universidade/UFRGS, Porto Alegre, 2001. 2ª. ed., p. 727-768.

LATOURE, B.; **Jamais Fomos Modernos – ensaio de antropologia simétrica**. Tradução de Rio de Janeiro: Ed. 34, 1994. 152 p. (Coleção TRANS)

\_\_\_\_\_ e WOOLGAR, S.; **A Vida de Laboratório: a produção dos fatos científicos**. Tradução de Rio de Janeiro: Editora Relume Dumará, 1997, 310 p.

\_\_\_\_\_; **Ciência em Ação – como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora**. Tradução de São Paulo: UNESP, 438 pp. 2000.

\_\_\_\_\_; **A Esperança de Pandora – ensaios sobre a realidade dos estudos científicos**. Tradução de Gilson César Cardoso de Souza. Bauru (SP) EDUSC, 372 pp. 2001.

\_\_\_\_\_; SCHWARTZ, C. e CHARVOLIN, F.; **Crises dos meios ambientes: desafios às ciências humanas**. In: *Tecnociência e Cultura – ensaios sobre o tempo presente*. Hermes Reis de Araújo (Org.); págs. 91-125. São Paulo: Editora Estação Liberdade, 1998.

LEITE, E. A.; **Perspectiva da Meteorologia no Brasil**. *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia*. São José dos Campos: SBMET-INPE,, vol. 25 n<sup>o</sup>. 2, p. 39-41, agosto, 2001.

LEUNG, L. e NORTH, G. R.; **Information Theory and Climate Prediction**. *Journal of Climate*, vol. 3, jan., 1990, p. 5-14.

LÉVY, P.; **A inteligência coletiva: por uma antropologia do ciberespaço**. São Paulo: Editora Loyola, 1998. 212 p.

\_\_\_\_\_; **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 1999. 264 p. (Coleção TRANS)

LIMA, N. T.; **Valores sociais e atividade científica: um retorno à agenda de Robert Merton**. In: *Filosofia, História e Sociologia das Ciências I: abordagens contemporâneas*, (Org.) Vera Portocarrero. Págs. 151-173. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ. 1994.

LISSOVSKY, M.; **As Retinas Artificiais**. In: Marcio Tavares D’Amaral (org.) “*Contemporaneidade e Novas Tecnologias*”, Rio de Janeiro: Sette Letras. 1996, págs. 27-52.

LORENZ, E. N.; **Three approaches to atmospheric predictability**. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 50, 345-349. 1969.

\_\_\_\_\_; **Irregularity: a fundamental property of the atmosphere**. *Tellus*, 36 A, 98-110, 1984..

\_\_\_\_\_; **A Essência do Caos**. Brasília: Editora Universidade de Brasília. 1996. 278 p.

LYNCH, M.; **Scientific practice and ordinary action – Ethnomethodology and social studies of science**. Cambridge University Press, 1993. 333p.

- MANNHEIM, K.; **Ideologia e utopia**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 3<sup>a</sup>. Edição. 1976.
- MACHADO, K. D.; **Equações Diferenciais Aplicadas à Física**. 2. ed. Ponta Grossa: UEPG, 2000, 600 p.
- MAHRER, Y. e PIELKE, R.; **The effects of topography on sea and land breezes in a two-dimensional model**. *Mon. Wea. Rev.*, 105, p. 1051-1162. 1977.
- MARQUES, J. C. J.; **A Situação Atual da Meteorologia no País**. In: Pessoa, M. L. et al. (Org.) *Telemetria e Sensoriamento Remoto com Aplicações em Hidrologia e Meteorologia*. Curitiba: FINEP, 1992. p. 169-176.
- MARQUES, V. S.; **Influência Ibérica na Formação Científica da Meteorologia Brasileira**. Rio de Janeiro: SIMERJ, 6 pp. 1995. *Mimeo*.
- \_\_\_\_\_; **Os Centros Regionais de Meteorologia: sua importância para as pesquisas em Biometeorologia**. 11p. 1999. *Mimeo*.
- \_\_\_\_\_; **Meteorologia após 1964**. *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia*. São José dos Campos: SBMET-INPE,, vol. 24, n<sup>o</sup>. 1, p. 32-35. Agosto, 2000.
- \_\_\_\_\_; **A Meteorologia Brasileira além do ano 2000**. *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia*. São José dos Campos: SBMET-INPE,, vol. 25 n<sup>o</sup>. 2, p. 43-44, agosto, 2001.
- MARSHALL, J. S. e PALMER, W. McK.; **The distribution of raindrops with size**. *J. Meteor.*, 5, 1948, 165-166.
- MARTON, E.; **Oscilações Intrasazonais Associadas à Zona de Convergência do Atlântico Sul no Sudeste Brasileiro**. Tese de Doutorado, Instituto Astronômico e Geofísico da USP, São Paulo SP. 2000.
- MASLANIK, J.; **Applications of Aerosondes to Long-Term Measurements of the Atmosphere and Sea Ice Surface in the Beaufort / Chukchi Sector of the Arctic Ocean**. Artigo disponível em: <http://www.aerosonde.com/drawarticle/75>. Acesso em 22 jun. 2003.
- MASSAMBANI, O.; **A Medida da Precipitação via Radars Meteorológicos**. In: Pessoa, M. L. et al. (Org.) *Telemetria e Sensoriamento Remoto com Aplicações em Hidrologia e Meteorologia*. Curitiba: FINEP, 1992. p. 41-52.
- MELLOR, G. L. e YAMADA, T.; **A hierarchy of turbulence closure models for planetary boundary layers**. *J. Atmos. Sci.*, 31, 1791-1806. 1974.
- MERTON, R. K.; **La Sociologia de la ciencia** . Vol. 1 e 2. Madri: Alianza Universidad. 1948.
- \_\_\_\_\_; **Os Imperativos Institucionais da Ciência**. In: Jorge Dias de Deus (Org.) *A Crítica da Ciência – Sociologia e Ideologia da Ciência*. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 2<sup>a</sup>. Ed. 1979. 37-52.
- MESINGER, F.; **A blocking technique for representation of mountains in atmospheric models**. *Riv. Meteor. Aeronautica*, 44, 195-202. 1984.
- \_\_\_\_\_; JANJIC, Z. I.; NICKOVIC, S.; GAVRILOV, D. e DEAVEN, D. G.; **The step-mountain coordinate: Model description and performance for cases of Alpine lee cyclogenesis and for a case of Appalachian redevelopment**. *Mon. Wea. Rev.*, 116, 1493-1518. 1988

MONTEIRO, C. A. F.; **Clima e Excepcionalismo – conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico**. Florianópolis: Editora da UFSC, 233 pp. 1991.

MOURA, A. D.; **Meteorologia – é possível resgatar o tempo perdido?** *Revista Brasileira de Tecnologia*, Brasília, v(17)1:5-14, jan.-fev., 1986.

MUNARI, B.; **Das Coisas Nascem Coisas**; tradução José Manuel de Vasconcelos – São Paulo: Martins Fontes. 1998.

MURPHY, A. H.; **The value of climatological, categorical and probabilistic forecasts in the cost-loss ratio situation**. *Mon. Wea. Rev.*, 105, p. 803-816, 1977.

\_\_\_\_\_ e BROWN, B. G.; **Forecast Terminology: Composition and Interpretation of Public Weather Forecasts**. *Bulletin American Meteorological Society*, vol. 64, nº 1, 1983.

\_\_\_\_\_ ; **Decision Making and the Value of Forecasts in a Generalized Model of the Cost-loss ratio situation**. *Mon. Wea. Rev.*, 113, 362-369. 1985.

\_\_\_\_\_ e DAAN, H.; **Forecast Evaluation. Probability, Statistics and Decision Making in the Atmospheric Sciences**. In: A. H. Murphy and R. W. Katz, Eds., Westview Press, p. 379-437, 1985.

\_\_\_\_\_ e WINKLER, R. L.; **A General Framework for Forecast Verification**. *Mon. Wea. Rev.*, 115, p. 1330-1338, 1987.

\_\_\_\_\_ ; **What is a Good Forecast? An Essay on the Nature of Goodness in Weather Forecasting**. *Weather and Forecasting*, vol. 8, 1993, p. 281-293.

NAKAZAWA, T.; **Baiu Observation for the JMA/MRI Non-Hydrostatic Model**. Disponível em: <http://pfi.kishou.go.jp/open/frm0211/tnakazawa.pdf> Acesso em 22 jun 2003.

NAMIAS, J.; **Influences of Northern Hemisphere General Circulation on Drought in Northeast Brazil**. *Tellus*, Nº 24, vol. 4, 336-342, 1972.

NEIVA, E. J. F.; **Meteorologia na Marinha**. *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia*. São José dos Campos: SBMET-INPE, vol. 24 nº. 1, , p. 7-15, agosto, 2000.

\_\_\_\_\_ ; **SIPMET – Sistema Paulista de Meteorologia: especificações para implementação**. In: Pessoa, M. L. et al. (Org.) *Telemetria e Sensoriamento Remoto com Aplicações em Hidrologia e Meteorologia*. Curitiba: FINEP, 1992. p. 157-168.

NICOLIS, C.; **Chaotic Dynamics, Markov Processes and Climate Predictability**. *Tellus*, 42 A, p. 401-412, 1990.

NOBRE, C. A. e RENNÓ, N. O.; **Droughts and floods in South America due to the 1982-1983 El Niño / Southern Oscillation episode**. Vol. 15 th Conf. On Hurricanes and Tropical Meteorology. A. M. S. 1985.

NUNES, M. R.; **Henrique Morize, Pai da Meteorologia Brasileira**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 8., 1994, Belo Horizonte. *Anais ...* Belo Horizonte: CETEC, 1994, vol 2, p. 571-572.

OLIVEIRA, I. P. V.; ANDRADE, A. P. C. e VIEIRA, H. J.; **O Impacto do Fenômeno El Niño 97/98 no Estado de Santa Catarina**. In: REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2, 1999, Florianópolis. *Anais ...* Florianópolis: Hotel Maria do Mar, 1999, p. 1668-1677. Disponível em CD.

OLIVEIRA, L. L.; **Modernização da Meteorologia Brasileira.** *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia.* Rio de Janeiro: SBMET-INMET, vol. 21, nº. 1, p. 9-21, 1997.

\_\_\_\_\_; **A Meteorologia e as Catástrofes Naturais.** *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia.* Rio de Janeiro: SBMET-INMET, vol. 22, nº 1, p. 2, 1999.

ORNELAS, W.; **O El Niño e Nós.** Brasília: Senado Federal, Secretaria Especial de Editoração e Publicações, 43 pp. 1998.

ORLANSKI, I.; **A Rational Subdivision of Scales for Atmospheric Processes.** *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 56, 527-530. 1975.

PALÁCIOS, M.; **O Programa Forte da Sociologia do Conhecimento e o Princípio da Causalidade.** In: Vera Portocarrero (org.) *Filosofia, História e Sociologia das Ciências I: abordagens contemporâneas.* Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ. 1994. p. 175-198.

PANOFSKY, H.A. e Brier, G. W.; **Some Applications of Statistics to Meteorology.** University Park, PA: Pennsylvania State University Press, 1968.

PEDRO, R. M. L.; **Cognição do Híbrido.** In: Marcio Tavares D’Amaral (org.) “*Contemporaneidade e Novas Tecnologias*”, Rio de Janeiro: Sette Letras. 1996, p. 53-75.

PEIXOTO, J. P. e OORT, A. H. **Physics of Climate.** American Institute of Physics. New York. 1992. 513 pp.

PEREIRA, E. T.; **Projeto Crise.** *Revista de Divulgação Cultural da FURB*, ano 6, nº 20, p. 1-11, dezembro, 1983.

PEREIRA F<sup>o</sup>, A. J. e NAKAYAMA, P. T.; **Intercomparison of Radar Rainfall Estimates and Rain Gage Measurements in Sao Paulo, Brazil.** *Proceedings of Fifth International Symposium on Hydrological Applications of Weather Radar.* Kyoto, Japan. 2001.

\_\_\_\_\_; **Meteorologia com Radar.** Texto de Curso. X Congresso Brasileiro de Meteorologia. Brasília: SBMET. 1998. 103 p.

\_\_\_\_\_; BRAGA Jr., B. P. F.; BARROS, M. T. L. e CARRERA, C. V. M.; **Previsão de Inundações: Radar meteorológico Resolve?.** In: SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS, 5, 1991, Rio de Janeiro. Anais ... Rio de Janeiro: UFRJ, 1991, v. 3, p. 1-11.

PERROW, C.; **Normal Accidents - Living with High-risk Technologies.** EUA: BasicBooks, 1984, p. 386.

PESSOA, M. L.; **Hidrometeorologia com Radar.** In: C. E. M. Tucci. (org.) *Hidrologia – Ciência e Aplicação.* Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2 ed. ABRH, 2001. p. 877-914.

\_\_\_\_\_; **Sistema Meteorológico para o Paraná – SIMEPAR: Seus Objetivos e as Funções Específicas dos Principais Componentes de sua Base Instrumental.** In: Pessoa, M. L. et al. (org.) *Telemetria e Sensoriamento Remoto com Aplicações em Hidrologia e Meteorologia.* Curitiba: FINEP, 1992. p. 15-28.



\_\_\_\_\_ *et al.*; **Relatório Técnico Preliminar Elaborado pela Companhia Paranaense de Energia – COPEL Propondo a Implantação de um Sistema Meteorológico para o Paraná – SIMEPAR.** In: M. L. Pessoa *et al.* *Telemetria e Sensoriamento Remoto com Aplicações em Hidrologia e Meteorologia.* Curitiba: FINEP, 1992. p. 185-261.

PHILANDER, S. G.; **El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation.** San Diego, California: Academic Press, EUA. 1990. 289 p.

PIELKE, R. A.; **Mesoscale Meteorological Modeling.** Academic Press, EUA, 1984, 612 p.

\_\_\_\_\_ *et al.*; **A Comprehensive Meteorological Modeling System – RAMS.** *Met. Atmos. Phys.*, 49, p. 69-91. 1992.

PRIGOGINE, I. e STENGERS, I.; **A Nova Aliança.** Brasília: Editora da UnB. 1991.

QUEIROZ, E.; **Ação Governamental de Modernização do Instituto Nacional de Meteorologia: Proposta para o Períodos de 1990/94.** Circulação restrita. Brasília: INMET, 1988. 34pp.

RAO, V. B. e HADA, K.; **Characteristics of Rainfall over Brazil: Annual Variations and Connections with the Southern Oscillation.** *Theor. Appl. Climatol.*, 42, p. 81-91. 1990.

RAUPP, C. G. C.; **Supercomputador CRAY.** Monografia Final da disciplina de Sistemas Distribuídos. Universidade Luterana do Brasil. Disponível em: <http://www.ulbra.tche.br/~elgios/sisdis/TrabG12002-1/Cray/> . Acesso em: 26 out. 2002.

REPELLI, C. A.; **O Mercado de Serviços de Meteorologia no Brasil.** *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia.* São José dos Campos: SBMET-INPE, vol. 25 n°. 2, p. 45-50, agosto, 2001.

\_\_\_\_\_ e NOBRE, C. A.; **Modelagem Estatística das Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar sobre o Atlântico Tropical.** In: *Climanálise – 10 Anos.* Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE /Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC. 1996.

ROCHA, R.P.; **Impactos de Parametrizações de Convecção em Ciclogênese sobre o Oceano.** São José dos Campos, 1999. 125p. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

RODRIGUES, M. S.; **Controle de Qualidade on-line de Dados Hidrológicos Teletransmitidos.** Itajubá, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) – Universidade Federal de Itajubá.

RODRIGUES JR., L.; **Sociologia do Conhecimento: aspectos clássicos e contemporâneos.** In: *A Era do Conhecimento. Matrix ou Ágora?.* Máira Baumgarten (Org.), págs. 21-44. Porto Alegre/ Brasília: Editora da Universidade (UFRGS) / Ed. UnB. 2001.

ROZANTE, J. R. e CHOW, S.-C.; **Avaliação das previsões do modelo ETA de alta resolução rodado em uma plataforma de trabalho (workstation).** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002, Foz do Iguaçu. *Anais ...* Foz do Iguaçu: Hotel Mabu Thermas e Resort, 2002, p. 3918-3922. Disponível em CD.

SAMPAIO FERRAZ, J.; **Aviação e a Meteorologia no Brasil.** Rio de Janeiro, Tipografia do Ministério da Agricultura, 1931.

\_\_\_\_\_ ; **Meteorologia Brasileira (esboço elementar de seus principais problemas)**. 1<sup>a</sup>. edição (1934), 2<sup>a</sup> ed., Companhia Editora Nacional, Rio de Janeiro, 1945.

\_\_\_\_\_ ; **A Meteorologia no Brasil**. In: As Ciências no Brasil. Org. Fernando de Azevedo. Vol. I, 2<sup>a</sup>. edição. Editora da UFRJ. Rio de Janeiro, p. 233-271. 1995.

SANTOS, J. M.; (Coord.). **Relatório do Grupo de Trabalho sobre Ensino da Meteorologia no País**. *Boletim Informativo da SBMET*. Rio de Janeiro: SBMET, ano 9, n<sup>o</sup> 1, p. 17-19. 1985.

\_\_\_\_\_ ; **Entrevista concedida ao autor da pesquisa via Internet**. Jaboticabal (SP), 11 jul. 1999.

SARAIVA, J. M. B.; **Previsão do Tempo na Região Sul: Efeitos Locais e Influência da Liberação de Calor Latente**. São Paulo, 1996. 322 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Departamento de Ciências Atmosféricas - Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo.

\_\_\_\_\_ ; CAMPOS, C. R. J. e SALDANHA, R.; **Previsão e monitoramento do tempo para a área de cobertura da CEEE utilizando o modelo RAMS**. *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia*. Brasília: SBMET-INMET, vol. 27 no. 1, p. 19-26, 2003.

SATYAMURTY, P.; **Carta à Comunidade Meteorológica sobre a Atual Crise de Energia no País**. *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia*. São José dos Campos: SBMET-INPE, vol. 25 n<sup>o</sup> 2, p. 35-38, agosto, 2001.

SBMET-A; **Diagnóstico da Situação do Ensino em Meteorologia no Brasil**. *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia*. São Paulo: SBMET-INMET, vol. 20, n<sup>o</sup> 1, p. 35-43. 1996.

SBMET-B; **GT-III: Política Nacional e Seus Reflexos - Workshop sobre a Meteorologia na Década de 90. Salvador, 17-18 de novembro de 1990**. *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia*. Rio de Janeiro: SBMET-INMET, vol. 15, no. 1, p. 10-25, março-abril, 1991.

SBMET-C; **Trabalhos apresentados por sub-área**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2002, Rio de Janeiro. **Anais ...** Rio de Janeiro: CC-UERJ – Centro Cultural da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 2000. Disponível em CD.

SBMET-D; **Pluviômetro**. *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia*. Rio de Janeiro: SBMET-INMET, vol. 14, n<sup>o</sup> 1, p. 9-11, mar., 1990.

SCHUMANN, T. E. W.; **The Fundamentals of Weather Forecasting**. *Weather*, 5, 1950, p. 220-224.

SERRA, A.; **Mudanças Climáticas**. *Revista Brasileira de Meteorologia*. Rio de Janeiro: SBMET-INMET, vol. 2, n<sup>o</sup> 1, p. 101-105, 1987.

SERRES, M.; **Luzes: Cinco Entrevistas com Bruno Latour**. São Paulo: UNIMARCO Editora, 1999, 267 p.

SERRUK, B e KLEMM, S.; **Catalogue of National Standard Precipitation gauges – Instruments and Observing Methods**. Report n<sup>o</sup> 39 - WMO / TD - n<sup>o</sup>. 313. 1989.

SEVERO, D. L.; **Estudo de Casos de Chuvas Intensas no Estado de Santa Catarina.** São José dos Campos, 1994. 97 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Departamento de Meteorologia do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

\_\_\_\_\_; **Aspectos Sinóticos da Enchente de Maio de 1992 no Vale do Itajaí.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10., 1998, Brasília. **Anais ...** Brasília: LBA. Disponível em CD.

SHUKLA, J.; **Predictability of a Large Atmospheric Model.** In: *Predictability of Fluid Motions* (La Jolla Institute-1983). G. Holloway and B. J. West (Eds.), pp. 449-456, American Institute of Physics, New York, 1984 (a).

\_\_\_\_\_; **Predictability of Monthly Means, Part II. Influence of the Boundary Forcings.** In: D. M. Burridge and E. Kallen (Editors), *Problems and Prospects in Long and Medium Range Weather Forecasting.* Springer, Berlin, 274 pp. 1984 (b).

SILVA, H. S.; **Estudo da Circulação Associada a uma Ilha de Calor Urbana com um Modelo de Simulação da Brisa Marítima.** São Paulo, 1986. 86 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Departamento de Meteorologia - Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo.

SILVA, H. S. e SARAIVA, J. M. B.; **Terminologia de Previsão: Composição e Interpretação de Previsões de Tempo para o Público.** In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE METEOROLOGIA, 1., 1986, Brasília. **Anais ...** Brasília: FUNCEP, 1986. Vol II, p. 147-152.

\_\_\_\_\_, e SILVA DIAS, P. L.; **Determinação de Períodos Secos Intramensais no Vale do Itajaí (SC) e sua Relação com a Oscilação Sul.** *Anais do IX Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Campos do Jordão (SP), SBMET, 1, p. 217-220, 1996.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ e SEVERO, D. L.; **Análises Preliminares do evento de cheia no Vale do Itajaí (SC) em agosto de 84.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10., 1998, Brasília. **Anais ...** Brasília: LBA. Disponível em CD.

SILVA, M. E. S.; **Previsão Probabilística de Precipitação em São Paulo no Verão – Baseada em Componentes Principais.** São Paulo, 1994. 139 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Departamento de Ciências Atmosféricas - Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo.

SILVA DIAS, M. A. F.; **Sistema de Mesoescala e Previsão de Tempo a Curto Prazo.** *Revista Brasileira de Meteorologia*, vol. 2, p. 133-150, 1987.

\_\_\_\_\_; **O Projeto LBA – Experimento de grande escala da interação biosfera atmosfera na Amazônia: resultados preliminares.** *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia.* São José dos Campos: SBMET-INPE, vol. 25, nº 1p. 7-14, , abril, 2001.

SILVA DIAS, P. L.; **Sistema Operacional e Redes de Observações.** *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia.* São Paulo: SBMET-USP, vol. 15, nº 1, p. 10-13, mar./abr., 1991.

\_\_\_\_\_; **Sistema de Previsão de Tempo.** *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia.* São Paulo: SBMET-USP, vol. 19, nº 2, p. 9-13, jul./dez., 1995.

SILVADO, A. B.; **Subsídio para a História da Meteorologia no Brasil**. Rio de Janeiro, Imprensa Nacional, 86 pp. (SDGM/RJ) 1912.

SILVEIRA, J. M. B.; GUEDES, R. L., e TEIXEIRA, L.; **Sistema de Análise Meteorológica (SAMET)**. ECA-RS-02/90. São José dos Campos, SP.

SILVEIRA, R. B. *et al.*; **O Modelo Numérico de Previsão de Tempo de Alta Resolução Utilizado no INMET**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2002, Rio de Janeiro. **Anais ...** Rio de Janeiro: CC-UERJ – Centro Cultural da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 2000. p. 3589-3597. Disponível em CD.

\_\_\_\_\_; **Processos de assimilação de dados**. In: Bernardet, L. R., R. B. Silveira, R. P. Rocha e S. Sugahara (Orgs.); *Tópicos de Modelagem Numérica aplicados ao Sistema de Previsão do Tempo do INMET*, págs. 30-66. Brasília: INMET, 2001.

SILVEIRA, A. L. L.; **Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica**. In: *Hidrologia – Ciência e Aplicação*. TUCCI, C.E. M. (Org.); Editora da Universidade/UFRGS, Porto Alegre, 2001. 2ª. ed., p. 35-51.

SMITH, J. A.; BAECK, M. L.; ZHANG, Y. e DOSWELL III, C. A.; **Extreme rainfall and Flooding from Supercell Thunderstorms**. *Journal of Hydrometeorology*, Vol. 2, p. 469-489, outubro, 2001.

SOUZA, E. P.; **Estudo Teórico e Numérico da Relação entre Convecção e Superfícies Heterogêneas na Região Amazônica**. São Paulo, 1999. 121 f. Tese (Doutorado em Meteorologia). Departamento de Ciências Atmosféricas - Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo.

SUGAHARA, S.; **Controle de Qualidade**. In: Bernardet, L. R., R. B. Silveira, R. P. Rocha e S. Sugahara (Orgs.); *Tópicos de Modelagem Numérica aplicados ao Sistema de Previsão do Tempo do INMET*, págs. 121-136. Brasília: INMET, 2001.

\_\_\_\_\_; **Previsão Estatística**. In: Bernardet, L. R., R. B. Silveira, R. P. Rocha e S. Sugahara (Orgs.); *Tópicos de Modelagem Numérica aplicada ao Sistema de Previsão do Tempo do INMET*, págs. 104-120. Brasília: INMET, 2001.

THOMPSON, P. D.; **A Review of the Predictability Problem**. In: *Predictability of Fluid Motions* (La Jolla Institute – 1983). G. Holloway and B. J. West (Eds.). American Institute of Physics, New York, 1 – 10. 1984

\_\_\_\_\_; **A History of Numerical Weather Prediction in the United States**. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 64), 755-769. 1983.

\_\_\_\_\_; **Economic Gains from Scientific Advances and Operational Improvements in Meteorological Prediction**. *J. Appl. Meteor.*, 1, 13-17. 1962.

\_\_\_\_\_ e BRIER, G. W.; **The Economic Utility of Weather Forecasts**. *Mon. Wea. Rev.*, 83, 249-254. 1955.

\_\_\_\_\_; **On the Operational Deficiencies in Categorical Weather Forecasts**. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 33, 223-226, 1952.

THUNIS, P. e BORNSTEIN, R.; **Hierarchy of Mesoscale Flow Assumptions and Equations**. *J. Atmos. Sci.*, 53, 380-397. 1996.

TOULMIN, S.; **“From Form to Function: Philosophy and History of Science in the 1950s and Now”**. In: *Daedalus*, 106, pp. 143-162. 1977.

TREMBACK, C. J. e KESSLER, R.; **A Surface Temperature and Moisture Parameterization for Use in Mesoscale Numerical Models**. Preprints, 7<sup>th</sup>. Conference on Numerical Weather Prediction, 17-20 June 1985. Montreal, Canada. AMS.

\_\_\_\_\_ ; **Numerical Simulation of a Mesoscale Convective Complex: Model Development and Numerical Results**. Fort Collins-Colorado (USA), 1990. 247 f. Ph.D. thesis (Doctorate in Atmospheric Sciences). Paper n<sup>o</sup> 465. Department of Atmospheric Science, Colorado State University.

TUBELLIS, A. e NASCIMENTO, F. J. L.; **Meteorologia Descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1984. 374 p.: il.

TUCCI, C.E. M. (Org.); **Hidrologia – Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS e ABRH, 2001. 2<sup>a</sup>. ed., 943 p.: il.

\_\_\_\_\_ ; **Modelos Hidrológicos**. Porto Alegre: Ed. UFRGS e ABRH, 1998. 669 p.: il.

VAREJÃO-SILVA, M. A; **Meteorologia e Climatologia**. Brasília: INMET, 2000. 532 p.

VELASCO, I. e FRITSCH, J. M.; **Mesoscale Convective Complexes over the Americas**. *Journal of Geophysics Research*, 92, 9591-9613. 1987.

VESSURI, H.; **Perspectivas Recientes em El Estudio Social de la Ciencia**. *Interciencia*, mar-abr, vol. 16, no. 2, p. 60-68, 1991.

\_\_\_\_\_ ; **A Construção Disciplinar. Tendências na Sociologia da Ciência**. Revista de Ciências Sociais MOSAICO, ano 2, n<sup>o</sup>. 2, vol. 1, Vitória (ES): CEG/EDUFES, p. 13-45. 1999.

VIANELLO, R. L. e ALVES, A. R.; **Meteorologia Básica e Aplicações**. Universidade Federal de Viçosa. Imprensa Universitária. Viçosa-Mg. 449 pp. 1991.

WHITEMAN, C. D.; **Observations of Thermally Developed Wind Systems in Mountainous Terrain**. In: *Atmospheric Processes Over Complex Terrain*. William Blumen (ed.). American Meteorological Society. Meteorological Monographs, vol. 23, n. 45, June, 1990.

WILKS, D. S. e MURPHY, A. H.; **A Decision-analytic Study of the Joint Value of Seasonal Precipitation and Temperature Forecasts in a Choice-of-crop Problem**. *Atmos.-Ocean*, 24, 353-368. 1986.

\_\_\_\_\_ ; **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**. Academic Press, San Diego, 464 pp. 1995.

WINKLER, R. L. e MURPHY, A. H.; **“Good” Probability Assessors**. *J. Appl. Meteor.*, 7, 751-758. 1968.

\_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_ ; **Decision Analysis**. In: *Probability, Statistics, and Decision Making in the Atmospheric Sciences*; A. H. Murphy and R. W. Katz, Eds., Westview Press, 493-524. 1985.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ e KATZ, R. W.; **The Value of Climate Information: A Decision-analytic Approach**. *J. Climatol.*, 3, 187-197. 1983.

WMO-ISS; **Meteorology is: Part Art – Part Science – Part Mythology. As Sciences increases, so must Understanding Models provide Guidance, not Forecasts.** Disponível em: <http://www.wmo.ch/web/aom/amprog/Training/RalphPetersen-KL-1999/NWP/sld001.htm> Acesso em: 05 nov. 2002.

ZHANG, D.; **The Effect of Parameterized Ice Microphysics on the Simulation of Vortex Circulation with a Mesoscale Hydrostatic Model.** *Tellus*, 41A, 132-147. 1989.

ZHANG, H. e CASEY, T.; **Verification of Categorical Probability Forecasts.** *Weather and Forecasting*, vol. 15 p. 80-89. Fevereiro, 2000.

\_\_\_\_\_ e KRISHNAMURTI, T. N.; **A Perturbation Method for Hurricane Ensemble Predictions.** *Mon. Wea. Rev.*, v. 127, p. 447-469, 1999.

**A N E X O 1 - Dados de Alguns atores da Meteorologia  
Brasileira**

<b>ator</b>	<b>perfil profissional</b>
Luiz Carlos Austin	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Graduação: Bach. Física, modalidade Meteorologia (1967);</li> <li>• <u>Na ocasião da entrevista, ele era Diretor do 6° DISME (RJ).</u></li> </ul>
Valdo da Silva Marques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grad. em Física, modalidade Meteorologia (1967) pela UFRJ; Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (USP); Doutor em Meteorologia pelo INPE e Pós-doutorado na Universidade de Clermont II-França.;</li> <li>• <u>Na ocasião da entrevista, ele era professor da Universidade Estadual do Norte Fluminense e Coordenador do SIMERJ.</u></li> </ul>
Fernando Pimenta Alves	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ex-Diretor do 6.º DISME do INMET; ex-presidente da Sociedade Brasileira de Meteorologia e ex-funcionário da Organização Meteorológica Mundial (aposentado);</li> <li>• <u>Na ocasião da entrevista, ele era consultor da área de Meteorologia com RADAR.</u></li> </ul>
Eugenio J. F. Neiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oficial reformado da DHN/Marinha e Mestre em Meteorologia pelo INPE;</li> <li>• <u>Na ocasião da entrevista, ele era consultor da área de Meteorologia e Análise de Sistemas.</u></li> </ul>
Luiz Carlos Baldicero Molion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Graduado em Física pela USP – 1969; Doutor em Meteorologia pela Univ. de Winsconsin – 1975; Pós-Doutorado na Inglaterra – 1982.</li> <li>• <u>Na ocasião da entrevista, ele era Professor Titular do Departamento de Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas – UFAL</u></li> </ul>
Antonio Divino Moura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Engenheiro Eletricista em 1969 pela UFMG; Ph.D. em Meteorologia em 1974 pelo MIT ; ex-diretor do IRI-EUA;</li> <li>• <u>Na ocasião da entrevista, ele era o Diretor do IRI.</u></li> </ul>
Jesus Marden dos Santos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eng. Agrônomo e Espec. em Agrometeorologia e Instrumentos Meteorológicos, Ambiências e Climatologia Zootécnica.</li> <li>• <u>Na ocasião da entrevista, ele desenvolvia atividades de Agrometeorologia em Botucatu – SP</u></li> </ul>
Hilton Silveira Pinto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eng. Agrônomo e Professor Associado da UNICAMP – Depto. de Fisiologia Vegetal – IB. <u>Pesquisador da área de Agrometeorologia.</u></li> <li>• <u>Na ocasião da entrevista, ele era Coordenador do Centro de Ensino e Pesquisas em Agricultura da UNICAMP (CEPAGRI).</u></li> </ul>
Augusto César Vaz de Athayde	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eng. Agrônomo (área de Ffítotecnia).</li> <li>• <u>Na ocasião da entrevista, ele era o Diretor-Geral do INMET.</u></li> </ul>
Expedito Ronald Gomes Rebello	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grad. Meteorologia pela Universidade Federal do Pará;</li> <li>• <u>Na ocasião da entrevista, ele era o Chefe da Divisão de Meteorologia Aplicada (DIMAP) do INMET, na sede em Brasília.</u></li> </ul>
Ariel C. G.Pares	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ex-integrante da Comissão de Análise do Programa de Modernização da Meteorologia Brasileira.</li> <li>• <u>Na ocasião da entrevista, ele era Diretor do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão do Brasil.</u></li> </ul>



Carlos Afonso Nobre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eng. Eletrônico e Doutor em Meteorologia; ex-Coordenador Geral do CPTEC e ex-coordenador científico do LBA;</li> <li>• <u>Na ocasião da entrevista, ele era o Diretor-geral do CPTEC-INPE.</u></li> </ul>
Paulo César Espinosa Etchichury	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grad. em Meteorologia pela Universidade Federal de Pelotas – RS.</li> <li>• <u>Na ocasião da entrevista, ele era sócio integrante da SOMAR Meteorologia, empresa privada de prestação de serviços na área meteorológica.</u></li> </ul>
Carlos Magno Do Nascimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grad. em Meteorologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – RJ.</li> <li>• <u>Na ocasião da entrevista, ele era sócio integrante da CLIMATEMPO, empresa privada de prestação de serviços na área meteorológica.</u></li> </ul>
Eduardo Alvim Leite	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesquisador do SIMEPAR.</li> <li>• <u>Na ocasião da entrevista, ele era o Coordenador Geral do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR).</u></li> </ul>

Obs. Por força de fechamento do trabalho, o número de entrevistados não pôde ser maior. Apesar disso, este número de entrevistas proporcionou uma visão parcial da Rede Sociotécnica da Meteorologia Brasileira.

**A N E X O 2 - Questões norteadoras das entrevistas  
estruturadas com os atores da  
Meteorologia Brasileira**

## **Florianópolis - 2000**

### **Pergunta 1**

Dê o seu nome, o seu perfil profissional e descreva a sua instituição.

### **Pergunta 2**

Quais foram, na sua opinião, os "nomes-chave" (as pessoas que FORAM mais importantes) na Meteorologia do Brasil? Por que?

### **Pergunta 3**

Quando se iniciou realmente a preocupação concreta com a formação de pessoal da área meteorológica no Brasil e com que intuito?

### **Pergunta 4**

O que você entende por sistema nacional de Meteorologia?

### **Pergunta 5**

Na sua opinião, o que significa o termo "Modernização da Meteorologia"?

### **Pergunta 6**

Qual é o papel da tecnologia e a validade do seu investimento no processo de crescimento da área meteorológica no Brasil?

### **Pergunta 7**

Qual é o papel e a validade das empresas privadas na Meteorologia Brasileira?

### **Pergunta 8**

Dê uma estimativa de quanto foi gasto em Meteorologia na década de 90 ?

### **Pergunta 9**

O uso de tecnologias mais recentes agregou maior grau de acerto às previsões?

### **Pergunta 10**

Quais são HOJE, na sua opinião, os principais "atores" da Meteorologia no Brasil? Por que você acha isso deles?

### **Pergunta 11**

Você poderia me indicar 3(três) nomes de pessoas que você acha que também deveriam ser entrevistadas?

**A N E X O 3 – Usina Hidrelétrica Salto Weissbach,  
em Blumenau – SC.**

FIGURA A3.1 – FOTO AÉREA DA USINA HIDRELÉTRICA SALTO WEISSBACH, LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE BLUMENAU, DA CELESC S. A.



FONTE: CELESC S. A.

FIGURA A3.2 – QUADRO DOS DADOS TÉCNICOS DA USINA HIDRELÉTRICA SALTO WEISSBACH (USINA SALTO), DA CELESC S. A.

USINA HIDRELÉTRICA SALTO		BLUMENAU / SC			
Rio :	Itajaí-Açu	Bacia	Bacia do Rio Itajaí-Açu		
Coordenadas Geográficas	LATITUDE : 26° 53' S LONGITUDE : 49° 06' W	Municípios e Estado	MARGEM Direita: Blumenau / SC MARGEM Esquerda : Blumenau / SC		
<b>POTENCIA ( Instalada / Efetiva ) :</b>		6,70 / 6,30	<b>MW</b>		
<b>NÚMERO DE UNIDADES:</b>		04	--		
<b>VAZÃO MÁXIMA TURBINADA:</b>		89,00	m <sup>3</sup> /s		
<b>QUEDA LÍQUIDA MÁXIMA:</b>		10,10	m		
<b>ÁREA DE DRENAGEM :</b>		11.700,00	km <sup>2</sup>		
<b>ÁREA INUNDADA :</b>		0,0003	km <sup>2</sup>		
Unidade	TURBINAS		GERADORES		Início Operação
	Tipo	Potência (MW)	Potência ( MVA)	Rotação	
01	Francis	1,50	1,75	225	1914
02	Francis	1,50	1,75	225	1915
03	Hélice	1,50	1,75	257	1929
04	Kaplan	2,20	2,60	225	1939

FONTE: CELESC S. A.