

| | | | |
|---|-----------------------------|---|---|
| 1. Classification <i>INPE-COM.4/RPE</i> <i>C.D.U.: 551.577.38</i> | | 2. Period | 4. Distribution Criterion |
| 3. Key Words (selected by the author) <i>DROUGHT; FORECASTING; NORTHEAST</i> | | | internal <input type="checkbox"/> external <input checked="" type="checkbox"/> |
| 5. Report No. <i>INPE-1750-RPE/143</i> | 6. Date <i>May, 1980</i> | 7. Revised by <i>Vernon E. Kousky</i> Vernon E. Kousky | |
| 8. Title and Sub-title <i>WORKSHOP ON DROUGHT FORECASTING FOR NORTHEAST BRAZIL - PANEL REPORT</i> | | 9. Authorized by <i>Nelson de Jesus Parada</i> Nelson de Jesus Parada Director | |
| 10. Sector <i>DME</i> | Code | 11. No. of Copies <i>200</i> | |
| 12. Authorship <i>Joseph Smagorinsky</i> <i>Hebert Riehl</i> <i>Jagadish Shukla</i> <i>James Rasmussen</i> <i>John O. Roads</i> <i>Stefan Hastenrath</i> <i>William M. Gray</i> | | 14. No. of Pages <i>68</i> | |
| 13. Signature of first author <i>for [Signature]</i> | | 15. Price | |
| 16. Summary/Notes <i>This report was produced by a panel composed of the authors above, based on the presentations and discussions during a Workshop on Drought Forecasting for Northeast Brazil, sponsored by the National Research Council - CNPq, and held at its Institute for Space Research - INPE, at São José dos Campos, São Paulo, from February 11 to 15, 1980.</i> | | | |
| 17. Remarks <i>The Workshop on Drought Forecasting for Northeast Brazil, which originated this Report, was partially financed by the "Programa de Trópicos Semi-Árido".</i> | | | |

REPORT BY

William M. GRAY, Colorado State University, Fort Collins, Colorado,

Stefan HASTENRATH, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin,

James L. RASMUSSEN, World Meteorological Organization, Geneva,

Herbert RIEHL, Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences,
Boulder, Colorado,

John O. ROADS, Scripps Institution of Oceanography, Climate Research Group,
La Jolla, California,

Jagdish SHUKLA, Goddard Laboratory for Atmospheric Sciences, NASA/GSFC,
Greenbelt, Maryland,

Joseph SMAGORINSKY, National Oceanic and Atmospheric Administration,
Princeton, New Jersey, Panel Chairman,

to the

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO - CNPq

based on a

WORKSHOP ON DROUGHT FORECASTING FOR NORTHEAST BRAZIL

held at

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE
São José dos Campos - São Paulo - Brasil

February 11 to 15, 1980

TABLE OF CONTENTS

| | |
|--|----|
| I - INTRODUCTION | 1 |
| A. THE PROBLEM | 1 |
| B. WORKSHOP PROCEDURES | 2 |
| C. PROPOSED NATIONAL STRATEGY | 3 |
| II - DATA DEFINITION ,ACQUISITION AND ARCHIVING | 5 |
| A. BRAZILIAN HISTORICAL DATA | 6 |
| B. BRAZILIAN "REAL-TIME" DATA | 6 |
| C. DATA FROM OUTSIDE BRAZIL | 6 |
| III - OBSERVATIONAL STUDIES | 8 |
| A. VARIABILITY OF DROUGHT OCCURRENCE | 8 |
| B. RELATION OF PRINCIPAL CLIMATIC CONTROLS TO DROUGHT VARIABILITY | 8 |
| C. OCCURRENCE AND STRUCTURE OF RAIN-BEARING WEATHER SYSTEMS | 9 |
| IV - EMPIRICAL PROGNOSIS | 10 |
| V - MODELLING AND SIMULATION | 12 |
| A. INTRODUCTION | 12 |
| B. SENSITIVITY AND PREDICTABILITY STUDIES | 13 |
| C. MODEL DEVELOPMENT | 14 |
| D. STRATEGY FOR UTILIZATION AND DEVELOPMENT OF MODELS | 16 |
| E. RESOURCE REQUIREMENTS | 16 |
| F. DATA REQUIREMENTS | 17 |
| VI - BILATERAL AND INTERNATIONAL PROGRAMS | 19 |
| VII - TRAINING | 22 |
| A. RESEARCH SCIENTISTS AND UNIVERSITY FACULTY (Ph.D.) | 22 |
| B. RESEARCH SUPPORT SCIENTISTS (M.Sc. and B.Sc.) | 23 |
| C. TECHNICIANS | 23 |
| D. OBSERVERS | 23 |

- APPENDIX A - AVAILABILITY OF CLIMATOLOGICAL DATA
- APPENDIX B - METEOROLOGICAL RESEARCH IN BRAZIL
- APPENDIX C - THE DRY CLIMATE OF NORTHEAST BRAZIL - A BRIEF SURVEY OF SOME STUDIES PERFORMED IN BRAZIL
- APPENDIX D - THE WORLD CLIMATE PROGRAM, by J. Rasmussen
- APPENDIX E - TOWARDS THE MONITORING AND PREDICTION OF NORTHEAST BRAZIL DROUGHTS, by Stefan Hastenrath
- APPENDIX F - SUGGESTIONS FOR PLAN OF RESEARCH ON THE BRAZIL NORTHEAST DROUGHT PROBLEM, by Herbert Riehl
- APPENDIX G - LIKELY PHYSICAL PROCESSES RELEVANT TO THE BRAZIL DRY ZONE AND SUGGESTED RESEARCH STRATEGY, by William M. Gray
- APPENDIX H - PREDICTABILITY OF TIME AVERAGES, by J. Shukla
- APPENDIX I - LIST OF PARTICIPANTS
- APPENDIX J - DATA REQUIREMENTS FOR A BROADLY BASED CLIMATE PROGRAM

I - INTRODUCTION

A. THE PROBLEM

The Northeast (NE) portion of the Brazilian territory, covering an area of over 1 000 000 square kilometers, has been afflicted by droughts at least as far back into the past as the colonial times. From the point of view of economic and social impact, the Northeast Brazil droughts, together with frost and floods in the Southern portion of the country, are the most significant examples of the influence of climate upon human activities in Brazil. However, the drought problem is by far the most serious one, due to the large population affected and to the fragility of the economic structure of the region. In instances of severe drought, in Northeast Brazil, the social and economic cost to the country is enormous.

Even though the so-called "drought problem" has many aspects, ranging from the meteorological one to the hydrological, sociological and economical aspects, this workshop concentrated only on the aspect of predicting precipitation in time scales of one month to a season, and in space scales of about 50 000 square kilometers and less. The fact that this might not necessarily correspond to the need of users, makes it necessary to raise at this early stage the point that it will be necessary in the future to develop appropriate interfaces with users in the areas of agriculture, water management and others.

A predictive effort must include the specification of how far into the future these predictions are needed. Even though it cannot be affirmed categorically that this is possible, a definition of a target of a few months is necessary in order to separate it from the different problems of predictions over a few days as well as from the problem of predictions a year or more in advance, for which there are no indications that it might be feasible at this time.

It is also important to define what is meant by forecasting.

In the context of this workshop, the view is taken that it means obtaining *a priori* knowledge of climate variations around the normal values. Thus the value of a forecast is related to information gained beyond long-term average conditions. The variable to be predicted is precipitation. A verification method must be established based on a network of stations.

It is realized that drought in Northeast Brazil is a local manifestation of larger scale characteristics of the atmosphere and even the oceans, a fact which permeates the recommendation of the workshop.

The objectives presented to the workshop were:

- "1. to assess the state of the knowledge on climate variability | and predictability |, with a focus on the possibility of forecasting extreme events in Northeast Brazil.
2. to contribute to the establishment of a National research program, coordinated by the National Research Council, through its Institute for Space Research, devoted to the study of climate and its variations in Northeast Brazil, as well as to the development of forecasting techniques".

B. WORKSHOP PROCEDURES

The workshop was structured in three parts:

1. information was provided to the workshop by the Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE. Appended are information papers relevant to the recommendations in this report regarding the availability of data (Appendix A), research personnel (Appendix B), and a summary of previous work done in Brazil on the subject (Appendix C).
2. A series of seminars on various aspects of the problem was presented by participants. Brief summaries of certain relevant presentations are appended.

| <u>Speaker</u> | <u>Title</u> |
|------------------|---|
| ● J. Rasmussen | The World Climate Program (Summary in Appendix D) |
| ● S. Hastenrath | Towards the Monitoring and Prediction of Northeast Brazil Droughts (Summary in Appendix E) |
| ● H. Riehl | Upper Air Patterns - Dry and Wet - Rainy Seasons (Summary with suggestions in Appendix F) |
| ● W. Gray | Likely Physical Processes Relevant to the Northeast Brazil Drought Problem (Summary with suggestions in Appendix G) |
| ● J. Shukla | Predictability of Time Averages (Summary in Appendix H) |
| ● J. Roads | Possible Dynamical Theories for Climate Prediction |
| ● J. Smagorinsky | Simulation Capability of General Circulation Models Monthly Numerical Prediction |

3. The workshop divided into four working groups to develop the specific recommendations of the workshop and draft the report that follows.

A list of participants in the workshop is attached (Appendix I) with institutional addresses. Brazilian participants contributed significantly in all aspects of the discussions and were particularly helpful in providing factual material.

The recommendations of the foreign participants in the Workshop are contained in the following report.

C. PROPOSED NATIONAL STRATEGY

The Workshop deals with the overall problem in several major streams such as data and data acquisition, diagnostic and empirical research and numerical model development. These streams are to some extent overlapping,

and they are interdependent, and will require resources, facilities and trained personnel. It will be necessary for Brazil to develop a strategy to determine priorities within each of these, bearing in mind their interdependence.

The workshop suggested that consideration should be given to ensure that activities which will potentially yield results at an early date (e.g. data acquisition, certain diagnostic and empirical forecasting, Ph. D. training) should be undertaken immediately with other activities carefully phased so as to provide a long term potential in other activities such as numerical model development.

The workshop suggested some mechanisms which might facilitate specific activities including a coordinated Brazilian effort, as well as regional, bilateral and international cooperation.

II - DATA DEFINITION, ACQUISITION AND ARCHIVING

The National Research Council of Brazil has recently established an Advisory Committee to the Semi-Arid Tropics Program, charged with: promoting the processing and validation of climatological data; establishing priorities for the processing; establishing uniform validation criteria, and promoting easy access to data for research purposes. We recommend the full and rapid implementation of the goals of the advisory committee. The present section is intended to be in support of this effort.

The primary objective of the Northeast Brazil Drought Forecasting Program is to provide operational seasonal-monthly forecasts of precipitation. In order to do this, the relevant data must be gathered, archived, and analyzed. In the present section, we shall describe the Brazil data sets needed to define the drought, and the global data sets required to diagnose the mechanisms of drought. These data will be required for a variety of observational studies discussed in section III. Empirical methods to forecast drought and utilization of these data sources are considered in section IV. The data sets will also be used to initialize, calibrate, and validate the numerical models to be described in section V.

Consistent with the central objective of the Northeast Brazil Drought Forecasting Program of providing operational seasonal precipitation forecasts, the following data for all of Brazil seem to be of primary but not exclusive importance:

1. monthly means of precipitation for a large number of stations with continuous and long records;
2. monthly means of the pressure for a relatively small number of stations with continuous and long records;
3. monthly means of upper air data.

Important data sets exist at a variety of Brazilian institutions and elsewhere. A brief orientation is provided in the

following sections (a) through (c). For details of data requirements see Appendix J.

A. BRAZILIAN HISTORICAL DATA

Historical daily precipitation data for Northeast Brazil are available from Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) in the form of magnetic tape. The Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS) may be an additional source of daily rainfall data for the Northeast. Historical daily precipitation data for all of Brazil are available from Instituto Nacional de Meteorologia (INEMET) and Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), with much of the data already on magnetic tape.

Historical daily surface data are available from SUDENE and INEMET, with some of the INEMET data already on magnetic tape.

Historical daily radiosonde and pilot balloon data are currently being processed and placed on magnetic tape. These data are available, but only in their original form. The Instituto de Atividades Espaciais (IAE) is processing the stations run by the Brazilian Air Force (FAB), while the Federal University of Paraíba is about to begin processing the stations in Northeast Brazil run by SUDENE in collaboration with INEMET.

B. BRAZIL "REAL-TIME" DATA

Monthly mean precipitation and surface temperature data are published by INEMET within a period of 15-30 days after the end of each month. In addition, INEMET calculates monthly means for the upper air stations in all of Brazil and sends this information to the WMO.

C. DATA FROM OUTSIDE BRAZIL

A variety of data sets from outside Brazil will be needed, such as upper-air wind, satellite cloud and wind data, long-term ship

observations and others. It is expected that these shall be acquired in due course through exchange at the international level. Therefore, recommendations shall focus on specific Brazilian sources.

RECOMMENDATIONS

While the original *in extenso* data sources described in (A) and (B) above shall be needed in a variety of special studies, it is felt that bulk-processed monthly summaries will form the basis for a great part of the studies discussed in sections III and IV. Accordingly, a high priority shall be given to the archiving of selected ensembles of monthly data in a readily accessible form (magnetic tape) at some suitable government facility. The approximate data priorities are as follows:

1. seasonal prediction on an operational basis will require very specific data sets. These are explicitly discussed in section IV (recommendations,(1)). Construction of these data sets is a task of very high priority;
2. upper air data - radiosonde and pilotballoon - at all existing stations;
3. surface pressure, temperature and humidity (for stations beginning on or before 1950 and in continuous operation until the present);
4. precipitation (for stations beginning on or before 1921 and in continuous operation until the present);
5. hydrological data (for stations beginning on or before 1950 and in continuous operation until the present);
6. wind data from commercial aircraft since 1960's;
7. high atmosphere rocket observations since 1960's.

III - OBSERVATIONAL STUDIES

Investigations of the many factors that govern climate and weather in the Northeast shed light on the impact of the atmosphere on life and economy of the region. They further lead to a rational approach to applications of human activity and set the stage for seasonal drought prediction.

We consider three main topics:

- A. The variability of drought occurrence;
- B. The relation of principal climatic controls to this variability;
- C. The occurrence and structure of rain-bearing weather systems.

Only some examples of problems to be solved under each of these major topics are presented.

A. VARIABILITY OF DROUGHT OCCURRENCE

- 1. Composition of precipitation events, especially efficiency of precipitation for water supply.
- 2. Minimum effective water supply for human applications.
- 3. Definition of drought, its occurrence in space and time in one season. Heat and water budgets for selected areas.
- 4. Extended droughts: persistence over two or more years in different parts of the area.
- 5. Relationship between Northeast Brazil drought and the quasi-biennial, Southern, and other oscillations.

B. RELATION OF PRINCIPAL CLIMATIC CONTROLS TO DROUGHT VARIABILITY

- 1. Space and time scales of anomalies. Some controls are the subtropical anticyclones; vertical structure of basic currents; atmospheric stability, especially temperature inversions; ocean surface

temperatures; soil moisture; precipitable moisture; single and double ITCZ structures; cloud top temperatures.

2. Combinations of anomalies and their patterns on seasonal and shorter term bases in relation to droughts in one season.
3. Persistence and possible persistence prediction of ensembles of factors for 2 and more years.

C. OCCURRENCE AND STRUCTURE OF RAIN-BEARING WEATHER SYSTEMS

1. Composite model or models of structure of rain-bearing weather systems throughout the troposphere in relation to interlatitudinal influences.
2. Time evolution of a single rain system from birth to termination. Propagation of system is included. Variations of structure with time.
3. The effectiveness of rain production from weather systems; relation of effectiveness to drought and rainy periods.
4. Support for or suppression of weather systems under the influence of climate anomaly ensembles given above.
5. Correlation between weather systems and the effectiveness with observed precipitation.
6. Possible rain inhibition from condensation nuclei in the air. Soil moisture content related to precipitation effectiveness by inhibiting or placing no obstacle against large transport of condensation nuclei into the atmosphere.
7. Convective intensity *vs* thermal influences.

IV - EMPIRICAL PROGNOSIS

Some diagnostic studies indicate that droughts in Northeast Brazil are related at least in part to the behavior, and latitudinal position of the low pressure trough, confluence axis, and convergence band in the Atlantic sector. Circulation anomalies seem to evolve well in advance of the northern Northeast Brazil season. Departures in the large-scale circulation may manifest themselves in a variety of parameters, such as surface pressure, wind, and sea surface temperature, cloudiness and precipitation fields in the Atlantic, upper air winds over both ocean and continent, rainfall and pressure over Northern South America, etc.

The essence of the seasonal forecast of precipitation, particularly for the northern portion of the Northeast, appears to rest with:

1. the degree of correlation of the time lag of the Northeast rainfall with these large scale parameters;
2. the degree to which such large scale monthly or multi-monthly parameters can be measured, transmitted, and evaluated at Brazilian government institutions such that seasonal monthly forecasts can be made updated on a timely basis.

A variety of techniques is conceivable and their feasibility should be explored. The following recommendations are not meant to be comprehensive nor are they in order of priority.

RECOMMENDATIONS

1. Apart from the data described in section II and Appendix J very specific data sets will be needed for the actual applications of operational prediction schemes.
 - a. Predictores must be available on a timely basis.

- b. Time series of predictors must be internally homogeneous, although calibration and absolute scale are not of essence;
- c. Sufficiently long series (> 10 years) are needed for reference;
- d. Parameters should have a time resolution of about one month. A spatial resolution of about 2.5 - 5.0 degree squares, or individual station values are desired.

These simultaneous requirements could, for example, potentially be met by satellite cloud and wind data. The construction of a data base satisfying these requirements is a task of very high priority.

- 2. Further diagnostic studies and experimental seasonal forecasts for past years should be undertaken using the kind of data sets described in (a) above, as well as other data. Efforts should concentrate on predictions of the general character of the rainy season as a whole and for a large area (about 500,000 km²) of the semi-arid interior of the northern Northeast as a whole. Initial predictions should be made with a lead time of 6 months. These will be followed by updated forecasts with shorter lead times.
- 3. The possibility of foreshadowing trends over intervals of more than a year to decades by time series and other techniques should be explored.

V - MODELLING AND SIMULATION

A. INTRODUCTION

Mathematical models of the Earth-climate system are tools used by meteorologists to develop, refine, and validate hypotheses for climatic variability. They are also used to suggest the data requirements for climate studies. Because they are based upon the fundamental laws of thermodynamics and hydrodynamics, they can give physical insight into the mechanisms that determine the climate system.

It is generally recognized that the mechanisms responsible for the variability of time averages can be put into two broad classes: (1) the effects of the slowly varying boundary conditions (sea surface temperature, soil moisture, sea ice/snow, etc.) and (2) internal dynamics (instabilities and non-linear interactions). Under these two broad classes we suggest specific modelling studies that may help to understand and predict Northeast Brazil drought. We recognize that this is an incomplete list since climatic variability is not well understood.

It is suggested that particular models may be used for the study of these hypotheses. The models are categorized as regional/process models, designed to study local effects; and global general circulation models that are designed to simulate and predict the Earth's climate. Research should be conducted with all of these models by the meteorological community in Brazil in order to understand the basic reasons for the Brazil climate in general, and that of Northeast Brazil in particular. However, it must be stressed that only certain of these modelling studies will be immediately feasible, because of limitations in computer capability and in highly experienced scientific manpower. We stress that in order to achieve complete understanding and predictability of the drought by numerical models, active resource development by the Brazilian government must be undertaken.

These modelling studies must be performed in close connection with the diagnostic studies and analysis of data since proper definition

of the problem will include the determination of time and space scales of anomalies. Some of the models will also have to be initialized with the proper initial conditions and all models must be eventually validated in terms of the data.

B. SENSITIVITY AND PREDICTABILITY STUDIES

In this section we list the possible sensitivity and predictability studies which might be carried out in order to understand the physical and dynamical mechanisms responsible for climatic variability over Northeast Brazil. We divide these studies into two broad categories, depending upon the role of slowly varying boundary conditions (sensitivity studies) or the role of internal dynamical interaction (predictability studies). The following lists are not written in order of importance nor are they all inclusive, as the relative effects of changes of slowly varying boundary conditions and the effect of the initial conditions are still poorly understood.

Sensitivity Studies

1. Relationship between sea surface temperature (SST) anomalies over tropical Atlantic and eastern Pacific oceans and precipitation over Northeast Brazil.
2. Effects of changes in soil moisture, vegetation and albedo on the circulation over Brazil.
3. Role of Amazon "heat source" in determining the mean circulation over the region. (Possible influence of Amazon deforestation on the local and global climate).
4. Sensitivity of local rainfall to changes in moisture flux convergence.
5. Role of Atlantic SST anomalies in determining the structure and

location of the ITCZ including the dynamical interactions between tropics and midlatitudes.

Predictability Studies

1. Determination of the limits of extended predictability (deterministic prediction of time averages) for the Northeast Brazil region.
2. Interaction between the tropics and the mid-latitudes (North and South Hemispheres) and their role in determining the variability over Northeast Brazil (fluctuations of ITCZ and subtropical highs).
3. Structure and dynamics of transient disturbances (cloud clusters and synoptic waves, etc.) in the region and their interactions with the ITCZ.
4. Structure and dynamics of trade wind inversion (over land and ocean) and its possible effects on precipitation variability.
5. Role of spatial variation of surface friction in determining the local circulation.

C. MODEL DEVELOPMENT

Dynamical models of the earth-ocean-atmosphere climate system consist of mathematical equations describing the physical properties of the relevant variables and their inter-relationships. They are helpful in determining the role of different physical and dynamical processes quantitatively. To properly understand and validate various hypotheses for climate variability suggested previously, several models with varying complexity must be developed and applied. We understand that a program for the development of numerical models for short range prediction is already underway. In this report we have concerned ourselves mainly with the development of climate models for the study of NE Brazil's drought problem. The models required to tackle the problems described in section 2, can be divided in the following broad categories:

1. Global General Circulation Models (GCM)
2. Regional/Process Models

Global General Circulation Models

The utilization of a global GCM should be one of the important components of a program for objective predictions of climate variability by dynamical methods. This should include global models for the atmosphere and simple mixed layer models for the oceans. For the time scale of the NE Brazil problem, it is not necessary to develop models for the deeper circulation of the oceans. Although the primary interest is the drought over NE Brazil, the physical causes of this problem are unquestionably global in character and, therefore, a global GCM is an indispensable tool to understand and predict the climate variability. Sensitivity and predictability studies involving air-sea interaction, land surface processes and dynamical interactions between tropics and extratropics can be carried out with global GCMs.

Regional/Process Models

The process models are simple models used to study quantitative details of various climate hypotheses and their mechanisms. For example, the radiative-convective models could be used to study the influence of local variations in albedo and soil moisture; the statistical-dynamical and energy balance models could be used to study the influence of remote regions such as the Amazon on Northeast Brazil; linear models could be used to study the influence of SST anomalies in the Pacific and Atlantic region and the effects of a changing zonal wind; and high spectrally truncated models could be used to study the influence of remote regions on Northeast Brazil Drought. Simplified general circulation models, which include regional and spectrally truncated models, might be used to study the influence of different initial conditions on the tropical disturbances that produce the precipitation in Northeast Brazil. They can also be used to study the remote region influence such as the strength and location of the midlatitude anomalies, the subtropical highs, and the intertropical convergence zone.

D. STRATEGY FOR UTILIZATION AND DEVELOPMENT OF MODELS

Since there already exist well developed GCM centers in the World, every effort should be made by the Brazilian meteorological community to collaborate with the existing centers. However, since it is not possible to rely completely on these foreign centers to study Brazil's climate problems, improved levels of expertise and facilities should be developed in Brazil. To accomplish this we suggest the following strategy.

The regional/process modelling studies should be immediately undertaken by the individual scientists with present computer facilities. The more complicated GCMs can be studied initially in collaboration with scientists at other institutions. As a number of these highly trained professional^s become available to the meteorological community in Brazil, there should be consideration of developing facilities for GCM studies locally. Encouragement should also be given to develop regional collaboration among the South American countries for the application of modelling techniques to regional problems.

E. RESOURCE REQUIREMENTS

1. Scientific Personnel

To fully achieve the objectives outlined in the previous sections, a sizeable group of well trained scientific personnel is needed in the areas of atmospheric and oceanic modelling, computer sciences and related areas. Simultaneously, there should be established a close collaboration between the Brazilian institutions and existing foreign groups dedicated to climate modelling, so that initially, some studies can be performed in collaboration, while training the personnel. This point is further discussed in section VII.

2. Computing Facility

A fast and dedicated computing facility is very essential

to study the problems of climate variability and dynamical long range prediction. Absence of an adequate upper-air network in the Southern Hemisphere requires an increased dependence on satellite-derived meteorological data. In order to process the massive amount of satellite and conventional data in near real-time, so as to be useful for empirical forecasting and for integrating global models, it is very important to have available a dedicated, high speed, large memory computing facility. A conservative estimate would be to acquire a dedicated computer with a speed of about 10 MIPS for the Northeast Brazil climate problem. This should be accompanied by suitable peripheral and graphical facilities. However in order to tackle several other problems important to Brazil, such as those discussed above as well as numerical weather prediction and other climate problems, it is suggested that a somewhat larger computer be acquired, i.e. about 50 MIPS.

F. DATA REQUIREMENTS

In addition to the development of the physical hypotheses needed to perform climatic studies, the data must also be used to initialize and validate the numerical models. To do this we require first the characteristics of the precipitation variability over Northeast Brazil. This requires the climatic mean, standard deviation, and frequency distribution of the time and space scales of precipitation. Next, since precipitation is a particularly difficult meteorological parameter to model, the space and time scales of associated meteorological parameters such as wind, temperature, and water vapor are required. This becomes particularly important in evaluating the applicability of various theories. Finally, characteristics of various higher order terms such as momentum and heat fluxes are also needed. Modelling studies can be helpful, *inter alia*, in determining the data requirements for climate studies.

RECOMMENDATIONS

1. Carry out a program of sensitivity and predictability studies to determine the mechanisms responsible for climate variability over NE Brazil.

2. Develop and utilize regional/process and global models to simulate the mean climate and its variability over Northeast Brazil.
3. Develop a team of qualified scientific personnel in the area of modelling and simulation.
4. Make available a dedicated computing facility with a computer of speed 10 - 50 MIPS with adequate peripheral and graphical devices.

VI - BILATERAL AND INTERNATIONAL PROGRAMS

The Drought Forecasting Project for Northeast Brazil should be considered in the context of the overall Brazilian climate-related effort which includes the Semi-arid Tropics Program and the Humid Tropics Program.

The World Climate Program (WCP) comprises a wide range of activities including data, applications, impact studies and a research program. The WCP is being planned and implemented by the Member Countries of WMO and many international organizations (e.g. WMO, ICSU, UNEP, FAO, UNESCO, WHO, among others).

The following points, while directed primarily at the Drought Forecasting Project, may be applicable to other Brazilian problems as well (e.g. the climate aspects of the harvest of tropical forest). It is recommended that Brazil participate fully in the planning and implementation of the WCP.

Certain activities may best be undertaken through bilateral arrangements with another country facing similar problems or having technical or scientific resources needed by the Brazilian program. Another mode of the future may be the eventual establishment of a South American center with the participation of all nations of the continent.

Brazil might participate in the WCP in two ways:

1. Brazil may utilize data, information, methodologies, results and technological resources from other countries.
2. Brazil may contribute to the international program through the provision of data, information and results of its own programs.

The following are examples of possible participation in the four component programs of the WCP given to illustrate the type of international participation possible. It should be emphasized that the following list is not comprehensive.

World Climate Data Program (WCDP)

1. The Drought Forecasting Project should specify the data requirements needed and request the WCP to coordinate and facilitate the assembling of data required from international sources.
2. Brazil should organize and make available the Brazilian data required by the WCP. These data may include the following general classifications:
 - a. data provided through the Global Telecommunications System (GTS) of the World Weather Watch. (This implies a continued expansion and improvement of the GTS);
 - b. data provided in delayed mode to international centers;
 - c. data collected and archived in Brazil and made available on request;
3. Brazil will need to comply with the WCP data organization conventions and formats.

World Climate Applications Program (WCAP)

1. The Drought Forecasting Project could be considered as a pilot project* within the WCAP. It will be a valuable test case for methodologies and techniques in the application of Climate Data to food production and water resources.
2. Application methodologies and training material developed by the Project will be useful for programs in other countries and should be exchanged through the WCAP.

* Several pilot projects in the developing world are being planned within the WCAP which entail an integrated approach including observational, data processing and applied services activities.

World Climate Impact Studies Program (WCIP)

The Drought Forecasting Project is an excellent test case for the WCIP because it deals with a specific problem - Drought Forecasting. The impact of climate change on the socio-economic structure of the area may be more easily treated than in a more complex case (e.g. more than one country). This aspect of the program may be related more to Brazil's Semi-arid Tropics Program than to the limited Drought Forecasting Project.

World Climate Research Program (WCRP)

1. The Drought Forecasting Project should utilize, as much as possible, models developed by other countries participating in the WCP, adapting the models to suit the Project's needs. The following mechanisms are possible:
 - a. post-doctoral training at foreign institutions;
 - b. adapting models to computers available to the Project within Brazil;
 - c. joint efforts with foreign scientists and institutions in developing models and running them on very large computer systems abroad.

2. Research should be undertaken in the Drought Forecasting Project which supplements the continuing Brazilian research efforts and these research results should be exposed to the World community through the WCP, as well as through scientific publications. This research activity might include:
 - a. model development;
 - b. sensitivity and predictability studies utilizing models;
 - c. diagnostic studies.

VII - TRAINING

The necessity of training high quality personnel at all levels to guarantee the success of the Drought Forecasting Project was recognized. Concern was voiced that support facilities such as a technical library are needed. The main areas of emphasis are Atmospheric Sciences, Physical Oceanography and Hidrology. Here, one must take a look at the broad educational picture. The Drought Forecasting Project is only one of the many applications of the overall education.

A. RESEARCH SCIENTISTS AND UNIVERSITY FACULTY (Ph.D.)

Although there are presently a few institutions that can train at the Ph.D. level in Hydrology, there is only one institution which is able to train people at this level in the Atmospheric Sciences. Therefore, the National program requires increased manpower in these disciplines at a crucial level.

In order to alleviate the problem three concurrent strategies are proposed to produce the necessary Ph.D's in an early time frame:

- . short term (aimed at producing results within a two-year period)- a program in which scientists with a Ph.D degree in Physics or Engineering should be trained abroad or at accredited Brazilian institutions at the post-doctoral level in Atmospheric Sciences, Physical Oceanography, or Hydrology. This step is mainly aimed at theoretical modelling efforts;
- . medium term (expansion of current programs aimed at producing results within a 5-year period and continuing) - a program in which Brazilians with high quality M.Sc. or B.Sc. degrees in Meteorology, Mathematics, Physics or Engineering are sent abroad for Ph. D. training;
- . long term (to become effective in 10 years and beyond) - to establish graduate programs at a few selected national institutions for training at the Ph.D. level.

It is recommended that post-doctoral opportunities abroad be provided at reasonable intervals for research scientists holding a Ph.D. degree.

B. RESEARCH SUPPORT SCIENTISTS (M.Sc. and B.Sc.)

There are several national institutions training personnel in various disciplines at these levels. It is recommended that special attention should be given to promote and guarantee training of high quality. It is important to maintain high entrance qualifications for the B.Sc. It is equally important to maintain a balance of the number of B.Sc.'s produced against the needs of the job market.

The employment potential for M.Sc. and B.Sc. personnel covers a wide spectrum of jobs. For example, experience has shown that physical sciences B.Sc. holders may be successfully trained to perform computer programming activities.

Whenever adequate training facilities in Brazil are not available in certain specialized areas provision should be made for on-the-job training abroad. An example is the area of data management.

C. TECHNICIANS

The present national educational infra-structure generally provides good quality personnel at this level. It is foreseen that in special cases on-the-job training should be pursued.

D. OBSERVERS

An adequate training facility to produce geophysical observers is necessary.

APPENDIX A

AVAILABILITY OF CLIMATOLOGICAL DATA

(contribution to the workshop
submitted by INPE)

Beginning in the 1950's, the upper air network over Brazil has gradually expanded until the addition of several stations in Northeast Brazil in 1969. Upper air data are currently being processed and placed on magnetic tape for ready access by investigators in the future.

Rainfall data for about 2000 stations in the Northeast are also being processed and placed on magnetic tape. Many stations were installed in the 1960's, though many others have records of up to 60 - 70 years in length, and a few have record lengths of over 100 years.

Surface data are also being processed, with the period 1961 - 1970 for all of Brazil already available on magnetic tape. In addition, data for the period prior to 1961 is gradually being processed and made available. Some stations in the Northeast, with surface data records of about 60 years are already available.

Polar orbiting satellite data have been received and archived since 1968. Recently, beginning in 1979, geostationary satellite data have become available and are being archived.

Besides the data processed and available in Brazil, data have been purchased from other sources. Upper air and surface data for all of South America, for the period 1968-1976, have been purchased from the National Climatic Center, Ashville, N.C. These data originated from the teletype reports transmitted via the GTS in real time and, in general, have not been checked or corrected.

Microfilm copies of Southern and Northern Hemisphere surface and upper air charts have also been purchased from the NCC. In addition, microfilm copies of polar orbiting satellite data, in the form of mosaics, have recently been added to Brazil's archive of data.

Recognizing the importance that the availability of meteorological data has on research, the Brazilian National Research Council (CNPq) has set up a special commission to oversee the data processing. This commission will establish uniform criteria to control data quality and suggest means whereby rapid access to the data can be obtained by research groups.

APPENDIX B

METEOROLOGICAL RESEARCH IN BRAZIL

(contribution to the workshop
submitted by INPE)

The meteorological research community is rather small in Brazil. There are only 15 professionals holding a Ph.D. degree, and about 40 holding a M.Sc. degree in the country.

There are five major groups in Meteorology working on various aspects of Northeast Brazil climate:

- INPE/CNPq - The Institute for Space Research of the National Research Council has a Department of Meteorology with a research staff of 7 Ph.D. and 11 M.Sc. INPE also maintains an Engineering Division for Meteorological satellite applications, and a graduate program in Meteorology leading to M.Sc. and Ph.D. degrees (up to now 25 M.Sc. degrees have been conferred and there are currently 21 M.Sc. and 7 Ph.D. candidates).
- IAG/USP - The Institute of Astronomy and Geophysics of the University of São Paulo has a Department of Meteorology with a research staff of 5 Ph.D. and 3 M.Sc. in Meteorology. It maintains an undergraduate program and is also training students at the M.Sc. level.
- CCT/UFPb - The Science and Technology Center of the Federal University of Paraíba, in Campina Grande, has a staff of 2 Ph.D. and 10 M.Sc. in Meteorology, teaching an undergraduate course and also training some students at the M.Sc. level. The group is putting some effort on upper air data processing for Northeast (NE) Brazil.
- IAE/CTA - The Institute for Space Activities of the Aerospace Technical Center, of the Air Force Ministry, has a research

group of 5 M.Sc. in Meteorology, and is putting much effort into meteorological data processing. The Institute is also conducting a cloud seeding experiment in the Northeast.

- CETEC - The Technological Center of Minas Gerais State is beginning a research effort with a group of 1 Ph.D. and 3 M.Sc. in Meteorology.

In addition to these institutions, there are several Universities training undergraduates or conducting research in its incipient stages. They are:

- IPM/FEB - The Meteorological Research Institute of the Educational Foundation of Bauru is the only group working with Radar Meteorology.
- IGC/UFRJ - The Geosciences Institute of the Federal University of Rio de Janeiro has a Department of Meteorology with an undergraduate course in Meteorology, in operation since 1964.
- NCGG/UFPa - The Geophysics and Geological Sciences Nucleus of the Federal University of Pará started an undergraduate program in Meteorology in 1976. The research efforts are mainly devoted to the understanding of the Amazon climate.
- INPA/CNPq - The Amazonas Research Institute, of the National Research Council, is conducting some studies related to the exchange of mass, energy and momentum through the soil-forest-atmosphere system. For this purpose, the Institute has installed a 40 m high tower in the middle of the forest.
- UFV - The Federal University of Viçosa, with emphasis in Agrometeorology.
- ESALQ - The Luiz de Queiroz School of Agriculture, with a graduate program in agrometeorology.

The best known institutions with some involvement in agrometeorological research are:

- IAC - The Campinas Institute for Agriculture Research, and
- IPAGRO - The Agriculture Research Institute of Rio Grande do Sul.

Institutions having just recently developed undergraduate programs in Meteorology:

- UFPel - The Federal University of Pelotas, and
- UFAI - The Federal University of Alagoas.

- UFC - The Federal University of Ceará, through its Departments of Physics and Mathematics is contributing with some statistical studies of rainfall distributions in Northeast Brazil.

- FUNCEME - The Ceará State Foundation for Meteorology and Artificial Precipitation has maintained an operational cloud-seeding program in the state of Ceará.

The organizations in charge of operational meteorology in Brazil are:

- INEMET - The National Institute of Meteorology of the Agriculture Ministry is in charge of daily weather forecasting, maintains a climatological surface network, supports an upper air network, and has been conducting climatological studies (e.g. the works of Serra).
- DEPV - The Directorate of Electronics and Flight Protection of the Air Force Ministry operates a network of upper air stations and issues aviation forecasts.

- DHN - The Directorate of Hydrography and Navigation of the Navy is in charge of issuing forecasts for the South Atlantic ocean region.

LIST OF RESEARCH STAFF

INPE/CNPq

- A.D.Moura, Ph.D., Massachusetts Institute of Technology, 1974
- C.M.Dixit, M.Sc., Nagpur University, India, 1941
- C.A.Nobre (currently in a Ph.D. Program at Massachusetts Institute of Technology)
- K.Hada, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1974
(currently at University of Michigan in a Ph.D. Program)
- L.C.B.Molion, Ph.D., University of Wisconsin, 1975
- L.G.Meira Filho, Ph.D. University of Colorado, 1969
- M.A.M.Lemes, M.Sc., University of Wisconsin, 1975
- M.Elias, M.Sc., University of Colorado, 1973
- M.T.Kagano, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1979
- M. Fortune, M.Sc., University of Wisconsin, 1978
- N.J.Ferreira, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1978
- P. Satyamurty, M.Sc., Andhra University, 1965
- P. Bonatti, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1979
- R.P.Santos, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1973
- S.Srivatsangan, Ph.D., Colorado State University, 1975
- V.B.Rao, Ph.D., Andhra University, 1969
- V.E.Kousky, Ph.D., University of Washington, 1970
- Y.Viswanadham, Ph.D., Andhra University, 1965
- Y.Yamazaki, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1974

IAG/USP

- C.L.Ting, Ph.D., McGill University, 1974
- H.S.Chien, Ph.D., Purdue University, 1975
- E.S.Caetano, M.Sc., Universidade de Campinas, 1978 (Física)

- M.A.Dias, Ph.D., Colorado State University, 1979
- M.Moraes, Ph.D., Universidade de São Paulo, 1979 (Hidrologia)
- O.Massambni, M.Sc., Centro de Rádio Astronomia e Astrofísica do Mackenze, 1977 (Rádio Ciência) presently at McGill University, enrolled in a Ph.D. Program)
- P.L.S.Dias, Ph.D., Colorado State University, 1979
- P.M.Santos, M.Sc., Centro de Rádio Astronomia e Astrofísica do Mackenze, 1972 (Rádio Ciência)

CCT/UFPA

- G.O.Lucena, M.Sc., Universidade Federal da Paraíba, 1979 (Water Resources)
- G.N.Sobrinho, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1975
- H.S.Rathor, Ph.D., University of Chicago, 1968
- J.Ceballos, Lic. Física, Universidade de Tucumã, 1966
- J.F.Lima, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1975
- J.O.R.Aragão, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1975
- K.Ragavan, B.Sc., India, 1944
- M.A.V.Silva, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1976
- M.F.Gomes Filho, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1979
- M.R.Aragão, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1977
- P.Chamker, Ph.D., Andhra University, 1972
- P.V.Azevedo, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1974
- T.V.R.Rao, M.Sc., Andhra University
- Z.R.Sobral, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1979

IAE/CTA

- o C.Girardi, Lic.Met., Universidad Buenos Aires, 1961
- o D.M.G.Strang, B.Sc., University of California, 1948

- R.P.L.Ramos, M.Sc., Colorado State University, 1975
- U.Belculfinē, M.Sc., Colorado State University, 1973
- V.A.Perdiz, M.Sc., Instituto de Tecnologia Aeroespacial, 1973
(Ciência Aeroespacial)

CETEC/MG

- F.C.Almeida, Ph.D., University of Wisconsin, 1975
- G.S.S.Nunes, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1976
- H.M.T.Nunes, M.Sc., Florida State University, 1971
- T.Morimoto, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1979

APPENDIX C

THE DRY CLIMATE OF NORTHEAST BRAZIL - A BRIEF SURVEY OF SOME STUDIES

PERFORMED IN BRAZIL

(contribution to the workshop
submitted by INPE)

Drought events in Northeast Brazil have been reported since the 17th Century. The interest in explaining its causes has grown since then. Several scientific studies have been published in Brazil (e.g. Derby, 1885; Hann, 1911; Hull, 1942; Oliveira, 1878; Pompeu, 1859; Sampaio Ferraz, 1925; Serra, 1946; Strang, 1972; Weber, 1911; Aragão, 1975; Gomes Filho, 1979), and in the international journals (e.g., Ackemann, 1900; Freise, 1938; Fukui, 1970; Hastenrath and Heller, 1977; Hastenrath, 1978; Cevas and Hastenrath, 1978; Kousky, 1979; Markham, 1973; Mossman, 1919; Namias, 1972; Ramos, 1975; Ratisbona, 1976; Walker, 1911; Yamazaki and Rao, 1977) but a complete understanding of the climate, its variability and the possible prediction of extreme events is still far from being achieved.

A dramatic account of the way of living of the *nordestinos* (the people who live in the Northeast) is found in the classic *Os Sertões* (The Hinterlands), by Euclides da Cunha.

Works of Denis (1909) and Hull (1942) have tried to establish a frequency relationship of sunspot minima and the occurrence of droughts in the Northeast. Several works by Serra (1945, 1973) are along the same lines followed by Namias (1972), in establishing correlations between several variables (e.g., pressure) in certain locations over the globe, and the rainfall distribution in Northeast Brazil. Some local influences of orography and albedo on vertical motions may be found in Gomes Filho (1979); the influence of local winds and sea breeze is found in Kousky (1980, to be published); frontal influences upon Northeast rainfall can be found in Kousky (1979); and the penetration of cloud clusters from the Atlantic and rainfall in Northeast Brazil was

studied by Yamazaki and Rao (1977).

The Atmosphere of Northeast Brazil should not be isolated. The coupling of midlatitude synoptic systems and the atmospheric circulation over Northeast Brazil should be more explored. It is believed that General Circulation Models can play an important role in testing hypotheses, and in establishing correlations of meteorological variables in some areas of the globe, which lead to precipitation events in Northeast Brazil. Most important, as it has already been noted, is the availability of long records of data. Some effort is already being made to assemble these data.

LIST OF SOME PUBLICATIONS CONCERNING THE CLIMATE AND THE DROUGHT PROBLEM

OF THE NORTHEASTERN BRAZIL REGION

- ACKERMAN, E. The climate and diseases of northern Brazil *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 26: 288-291, 1900.
- ALDAZ, L. *A partial characterization of the rainfall regime of Brazil*. Rio de Janeiro, DINMET, 1971. vol.1. (Brasil. SUDENE. Publicação Técnica, 4)
- _____. Análise dos períodos chuvosos. In: SEMINÁRIO SOBRE SECAS E CHEIAS NO NORDESTE DO BRASIL, Recife, 1971. "Drought Prediction: a proposed method".
- ALENCAR, J. de As secas no Ceará. *Fauna*, 2 (6): 38, 1943. "The Ceará Droughts".
- ALVES, J. Clima cearense. *Revista da Sociedade Cearense de Geografia e História*, 5 (1): 33-46. 1939. "The climate of Ceará".
- ARAGÃO, J.O.R. de *Um estudo da estrutura das perturbações sinóticas do nordeste do Brasil*. M. Sc. thesis, São José dos Campos, INPE, 1975. (INPE-789-TPT/017).
- BEAUREPAIRE ROHAN, H. de *As secas do Ceará*. Rio de Janeiro, Typ.Impr. e Const. de J. Villeneuve, 1877. "The Ceará droughts".
- BRANNER, J.C. Aggraded limestone plains of the interior of Bahia and the climate changes suggested of them. *Bulletin Geological Society of America*, 22: 187-206, 1911.

- BRASIL. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. *Mapas pluviométricos do nordeste do Brasil*. s.l., 1969. vol.1 "Pluviometric maps of NE Brazil".
- . *Observações pluviométricas do Nordeste do Brasil*. s.l., 1969. vol.2 "Pluviometric observations of NE Brazil".
- BRASIL. Escritório de Meteorologia. *Atlas climatológico*. (Reedição de mapas selecionados). Rio de Janeiro. IBG. Divisão de Cartografia, 1969. vol.1 "Climatological atlas. Selected maps".
- . *Contribuição ao estudo da climatologia do Nordeste*. Rio de Janeiro, 1969. "A contribution to the climate study of NE Brazil".
- CALHEIROS GOMES, D. *Chuva artificial e o problema das secas do Nordeste; parecer sobre o projeto nº 794-1951 do Deputado Virgílio Tavora*. Rio de Janeiro, Serviço de Meteorologia, 1952. "Rainmaking and the drought problem of NE Brazil: Comments of the proposal nº 794-1951 by representative Virgílio Tavora".
- CAPANEMA, G.S. de *Apontamentos sobre secas do Ceará*. Rio de Janeiro, 5.c.p., 1278. "Notes on the Ceará droughts".
- CAVIEDES, C.N. Secas and El Niño. Two simultaneous climatological hazards in South America. *Proc. Assoc. Amer. Geog.* 5 : 44-49. 1973.
- COLORADO STATE UNIVERSITY. Dept. of atmospheric science. *Comments in the northeast Brazil. Project by the 1969 class in the atmosphere and water cycle*. Colorado, 1969. (Report. Colorado State University,3)
- CARVALHO, O. Plano Integrado para o Combate Preventivo aos Efeitos das Secas no nordeste. In: CARVALHO, O. *Uma avaliação dos Métodos de Previsão de Secas para o Nordeste do Brasil*. Ministério do Interior 1973, cap. 7, Série Desenvolvimento Regional nº 1: 193-229. "An evaluation of drought forecasting methods for NE Brazil".

- COSTA, J.R.P. da *A nucleação artificial da atmosfera como contribuição na luta contra as secas.* s.l. Bureau de Estados das Secas, 1953.
Artificial nucleation of clouds as a possible contribution to solve the drought problems".
- COVEY, D.L.; HASTENRATH, S. The Pacific El Niño phenomenon and the Atlantic circulation. *Monthly Weather Review*, 106 (9): 1280-1287, sept. 1978.
- CRANDALL, R. General Geography and climate of northeastern Brazil. In: ATTI CONGRESSO INTERNAZIONALE DI GEOGRAFIA, 10., Roma, 1913. p.966-975.
- CUNHA, E. da *Os Sertões* (Campanha de Canudos). Rio de Janeiro, Francisco Alves, 1940. "The hinterlands".
- DEAN, G.A. *The three dimensional wind structure over South America and Associated rainfall over Brazil.* Florida, Florida State University. Dept. of Meteorology, 1971. (Report nº 71)
- DENIS, P. Le Ceará. *Annales de Geographie*, 18: 46-62, 1909.
- DERBY, O.A. As manchas solares e as seccas. *Revista de Engenharia*, 8: 112-114, 1885. "The sun spots and the droughts",
- DRAENERT, F.M. Zun Klima des Staates Ceará, Brasilien. Das Klima von Quixeramobin (Ceará). *Meteorologische Zeitschrift*, 19 (12): 552-559, Dez. 1902.
- FREISE, F.W. The drought region of northeastern Brazil. *The Geographical Review*, 28 (3): 363-378, July 1938.
- FUKUI, E. Climate in the northeastern part of Brazil. *Tokyo Geography Paper*, 14: 11-29, 1970.

- GOMES FILHO, M.F. *Um estudo sobre a influência do albedo diferencial e da orografia na circulação atmosférica: uma aplicação para o nordeste brasileiro*. M. Sc. thesis, São José dos Campos, INPE, 1979. (INPE-1640-TDL/015). "The effects of albedo and orography on vertical motions.
- GOMES, P. Vencendo a seca. *Nordeste Agrícola*, 1 (5/7): 28-130, 1936. "Fighting the droughts".
- HANN, J. Meteorologia e climatologia do Ceará, 1876-1909. Rio de Janeiro, 1911. *Suppl. Boletim Telegraphica*, 21. "Climatology of Ceara State".
- HASTENRATH, S. On the upper-air circulation over the Equatorial America. *Archiv fuer Meteorologie Geophysik und Bioklimatologie*. Serie A, 25 : 309-321, 1977.
- : On modes of tropical circulation and climate anomalies. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 35 (12):2222-2231, Dez 1978.
- HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. *Quartely Journal Royal Meteorological Society*, 103 (435): 77-92, Jan.1977.
- HASTENRATH, S.; LAMB, P. *Climatic atlas of the tropical Atlantic and Eastern Pacific Oceans*. Medison, WI, University fo Wisconsin Press, 1977.
- . *Heat budget atlas of the tropical Atlantic and eastern Pacific Oceans*. Medison, WI, University of Wisconsin Press, 1978.
- HENRY, A. The rainfall of Brazil. *Monthly Weather Review*, 50 (8):412-417, sug. 1922.

- HULL, F.R. A frequência das secas no estudo do Ceará e sua relação com a frequência dos anos de manchas solares mínimas. *Boletim da Secretaria da Agricultura e Obras Públicas*, 4: 58-63, 1942. "Frequency of droughts in Ceará State and its relationship with years of sun spot minima".
- JONES, R.H. Fortaleza, Ceará, Brazil rainfall. *Journal Applied Meteorology*, 15 (3): 307-308, Mar. 1976.
- KOUSKY, V.E. Frontal influences on northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, 107 (9): 1140-1153, Sept. 1979.
- KOUSKY, V.E.; CHU, P.S. Fluctuations in Annual rainfall for northeast Brazil. *Journal Meteorological Society Japan*, 56 (5): 457-465, 1978.
- LIMA, J.F. *Estudos de características estatísticas de precipitações pluviométricas*. M. Sc. thesis. São José dos Campos, INPE, 1975. (INPE-702-TPT/007). "Statistical characteristics of rainfall on northeast Brazil".
- MAGARINOS TORRES, F.E.; SAMPAIO FERRAZ, J.de. Contribuição para o regime das chuvas no brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA, 9., 1942. Anais. "Contribution for the rainfall regime study of NE Brazil".
- MAIO, C.R. Map of the index of aridity of northeastern Brazil. *Revista Geográfica do Instituto Pan-Americano de Geografia e História*, 19 (45): 1-148, 1956.
- MAKSoud, H. O estudo atual dos conhecimentos sobre os recursos de água no nordeste. *Revista Brasileira de Geografia*, 23 (1): 3-119, Jan/mar. 1961.

MARKHAM, C.G. *Climatological aspects of droughts in northeastern Brazil*. Ph.D. Thesis, Los Angeles, University of California, 1967.

———. Apparent periodicities in rainfall at Fortaleza, Ceará, Brazil. *Journal of Applied Meteorology*, 13 (1): 176-179, Feb. 1974.

MARKHAM, C.G.; MCLAIN, D.R. Sea surface temperature related to rain in Ceará, northeastern Brazil. *Nature*, 265 (5592):320-323, Jan. 1977.

MARQUES DE CARVALHO, M. *Apreciação das causas físicas da seca do Ceará e outras províncias limítrofes*. Rio de Janeiro, s.ed., 1877. "An evolution of the physical causes of drought in Ceará and vicinities".

MOLION, L.C.B.; MOURA, A.D. *Um enfoque dos problemas climáticos do Brasil*. São José dos Campos, INPE, 1977. (INPE-1109-PE/083)" "Comments on some climatic problems of Brazil".

MOSSMAN, R.C. Drought in Ceará, Brazil in 1919. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 46 (193), 1920.

———. Rainfall of Fortaleza, Ceará. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 45 (189): 69-79

NAMIAS, J. Influence of Northern Hemisphere circulation on drought in northeast Brazil. *Tellus*, 24 (4): 336-343, 1972.

NIMER, E. Circulação atmosférica do Nordeste e suas consequências - o fenômeno das secas. *Revista Brasileira de Geografia*, 26 (2): 147-157, abr./jun. 1964. Atmospheric Circulo.

———. Climatologia da região nordeste do Brasil; introdução à climatologia dinâmica. *Revista Brasileira de Geografia*, 34 (2): 3-51, abr./jun.1972. "Climatology of NE Brasil:an introduction to dynamic climatology".

OLIVEIRA, A.J. Secca do Ceará. Açudes. *Revista do Instituto Polytécnico Brasileiro*, 13: 83, 1978. "Drought in Ceará".

PEREIRA DE CASTRO, J.A. *Açude de Orós*. Meteorologia (Hidrologia). Boletim da Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas, 7 (2):63-78, abr/jun, 1937. "The Orós Dam. Meteorology (Hydrology)".

POMPEU, T. *Mémoria sobre a conservação das matas e arboricultura como meio de melhorar o clima da provincia do Ceará*. Fortaleza, Typ. Brasileira de Paiva, 1859. "Comments on forest preservation as a means of improving the climate of Ceará".

RAMOS, R.L.P. Precipitation characteristics in the northeast Brazil Dry Region. *Journal Geophysical Research*, 80 (12): 1665-1678, Dez. 1975.

RATISBONA, C.R. The climate of Brazil In: W. Schwerdtfeger and H.E. Landsberg. *Climates of Central and South America* Elsevier, World Survey of Climatology, 1976, vol. 12, 219-293.

SAMPAIO FERRAZ, J. de A atual seca nordestina. *Revista Brasileira de Geografia*, 15 (1): 162-164, jan./mar. 1953. "The present northeast Brazil drought".

———. *Causas prováveis das secas do nordeste brasileiro*. Rio de Janeiro, s.c.p., 1952. "Probable causes of drought occurrence in northeast Brazil: correlation method".

———. Sir Gilbert Walker's formula for Ceará's droughts: suggestion for its physical explanation. *Meteorological Magazine*, 64 (760):81-84, May 1929.

- SEREBRENICK, S. *Aspectos geográficos do Brasil*. (O clima, a terra e o homem). Rio de Janeiro, Serviço de Informação Agrícola, 1942. "Geographycál aspects of Brazil / the climate, the land and man".
- SERRA, A.B. *Aspectos estatísticos das secas nordestinas*. Rio de Janeiro, Departamento Nacional de Meteorologia, 1973. "Statistical aspects of the northeast Brazil droughts".
- . *Meteorologia do nordeste brasileiro*. Tese preparada para a IV Assembléia Geral do Instituto Pan-Americano de Geografia. Rio de Janeiro, IBGE, 1945. "Meteorology of NE Brazil".
- . *Previsão das secas nordestinas*. s.l., Banco do nordeste do Brasil, 1973. "Drought forecasting for NE Brazil".
- . *As secas do nordeste*. Rio de Janeiro, Serviço de Meteorologia, 1964. "The northeastern Brazil drought".
- . Testes estatísticos para a previsão das secas nordestinas. *Boletim Geográfico*, 32 (233): 78-104, mar./abr. 1973. "Drought forecasting for northeast Brazil: statistical tests".
- STERNBERG, H.O. Aspectos da seca de 1951 no Ceará. *Revista Brasileira de Geografia*, 13 (3): 327-369, jul./set. 1951 "Some aspects of the 1951 of drought in Ceará".
- . Geography's contribution to the better use of resources. In: AMERICAN ASSOC. FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *The future of arid land*. Whashington, DC., 1966. p. 200-220.
- STRANG, D.M.G. *Análises climatológicos de precipitação no nordeste do Brasil*. São José dos Campos, CTA, 1972. (Relatório EAE-M-02/72). "Climatological of rainfall in northeast Brazil".

WALKER, G.T. Ceará (Brazil) famines and the general air movement.

Beitrage zur Physik der Frein Atmosphäre, 14 : 88-93, 1928.

WEBER, O. *Meteorologia e Climatologia do Estado do Ceará*, 1896-1909.

Rio de Janeiro, Imprensa Nacional, 1941. Meteorology and climatology of Ceará state".

YAMAZAKI, Y.; VADLAMUDI, B.R. Tropical cloudiness over the south

Atlantic ocean. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 55

(2): 205-207, Apr. 1977.

APPENDIX D

THE WORLD CLIMATE PROGRAM (WCP)

by J. Rasmussen, WMO

The Eighth World Meteorological Congress established the World Climate Program. This program is comprised of the following components:

- World Climate Data Program WCDP
- World Climate Applications Program WCAP
- World Climate Impact Studies Program WCIP
- World Climate Research Program WCRP

The outline plan and basis for the WCP are contained in WMO Publication 540, copies of which were distributed at the Workshop. The project of Drought Forecasting for Northeast Brazil is potentially an important element in the total Brazilian participation in the WCP.

WORLD CLIMATE RESEARCH PROGRAM (WCRP)

The objectives of this program are to determine:

1. To what extent the climate can be predicted
2. The extent of man's influences on climate.

This program is a further development of the internationally coordinated work done under the joint WMO/ICSU Global Atmospheric Research Program. It is guided by a Joint Scientific Committee.

Many of the objectives of the proposed project for Drought Forecasting of Northeast Brazil are research in nature and

fit within the WCRP framework . The various international scientific symposia, workshops, expert meetings, organized within the WCRP would help contribute to the Brazil program and in turn would benefit from the contributions of Brazilian scientists actually working in this field.

WORLD CLIMATE APPLICATIONS PROGRAM (WCAP)

This component of the WCP is aimed at the further development of applied climatic services. The application of climate data and information in the food, water, energy and health sectors of national activities can be an important contribution to development and to solutions to national problems. The following major lines of activity are foreseen within the WCAP:

1. To develop improved and new methodologies for the applications of climate data and information;
2. To increase the awareness of users to the potential benefits of utilizing climate, data and services;
3. To develop methods and techniques for international dissemination of information;
4. To develop international mechanisms for training of the technical personnel in applications, data handling, etc;
5. To organize a few pilot projects addressing specific problems in application of climate data and information with priority given to food production and water resources.

The Project for Northeast Brazil includes, in a very specific way, the objectives of the WCAP and the Project fits the concept of a pilot project from which information regarding its design, implementation, and results might find wider international applications.

The WMO has taken the lead in planning this component of the WCP but by virtue of its broad objectives many other international organizations must be involved (FAO, UNESCO, WHO, etc.).

WORLD CLIMATE IMPACT STUDIES PROGRAM (WCIP)

The objective of this component is to bring to light the importance of climatic considerations in the formulation of rational policy alternatives. The United National Environmental Program has taken the responsibility to plan and implement the international aspects of this program. It will involve regional as much as global studies. The Project certainly includes this impact dimension at the National level.

THE WORLD CLIMATE DATA PROGRAM (WCDP)

The objective of this program is to improve the availability of data for research applications and impact studies. International efforts to:

1. Determine data requirements for the WCAP, WCIP and WCRP;
2. Locate and assemble instrumental observation and making these data internationally available;
3. Organize the countries of the world to establish, maintain and improve observational networks, ocean observations and space based observing systems so that the stated data requirements are met;
4. To prepare and implement an international data management plan;
5. To promote new technology, including space programs which will contribute to the climate data base.

The Project will require some data from a wide (possibly global) area and other data only from Brazil. The international exchange of data may be coordinated through WCDP.

APPENDIX E

TOWARDS THE MONITORING AND PREDICTION OF NORTHEAST BRAZIL DROUGHTS

by Stefan Hastenrath, University of Wisconsin

A prominent feature of the surface circulation in the Brazil-Tropical Atlantic sector is a broad zonally oriented low pressure trough in which is embedded a confluence axis between the quasi-permanent North and South Atlantic anticyclones. The circulation complex migrates seasonally, reaching a southernmost location - still in the Northern hemisphere - during late March, coincident with the Northeast Brazil rainy season which is narrowly centered in March/April.

Drought years in Northeast Brazil are characterized by an equatorward expansion of the South and a poleward retraction of the North Atlantic highs, and associated with this an anomalously far northerly position of the near-equatorial trough of low pressure and convergence band. During years with abundant rainfall in Northeast Brazil anomaly patterns over the Atlantic are approximately inverse. Departure characteristics in the large-scale atmospheric and oceanic fields develop well in advance of the March/April rainy season. Spectral analysis identifies preferred time scales of variability and large-scale couplings.

Diagnostic studies form the basis for the selection of promising parameters for predictive endeavours. Among the most important indicators are the pressure distribution, especially over the South Atlantic and the equatorward side of the North Atlantic high, wind in the equatorial belt, cloudiness in the equatorial North Atlantic, and rainfall in the Guyanas. Monitoring of these fields, and systematic processing of data on a quasi real time basis will be prerequisite for operational forecasting schemes.

APPENDIX F

SUGGESTIONS FOR PLAN OF RESEARCH ON THE BRAZIL NORTHEAST DROUGHT PROBLEM

by Herbert Riehl, CIRES

Experience from other parts of the tropics may be utilized for the Northeast drought in two ways:

1. Identify processes as much as possible
2. Establish synoptic climatology of dry-wet periods.

1. Processes

Satellite photos suggest that the conventionally looking ITC is not present in Brazil. A forcing action of mid-Atlantic trough extension to the northwest is indicated; there is parallelism with the South Pacific trough and the equatorial zone there. At Canton Island, a reversal of the normal dry E Winds accompanies the onset of heavy rains. This suggests a formation of an equatorial trough zone to the South. The correlation T-RH along the vertical indicates cold core rain area in the low and middle troposphere, changing to warm cores in the high troposphere where anvils from hot towers spread out.

All of the foregoing (trough from extratropical, equatorial westerlies cold core rain areas) are typical of synoptic systems in other parts of the tropics.

The corresponding modeling and compositing is proposed as a practical step for Brazil.

2. Synoptic Climatology

Following the Caribbean example, the vertical wind

profile with lower westerlies and upper easterlies in the troposphere (a monsoon profile) is favorable for rainfall while the inverse basic current is unfavorable. The high troposphere during a rainy wet season has anticyclonic flow and warm temperatures on a monthly basis, east winds are located equatorward of subtropical anticyclones.

During suppressed rainy seasons (drought) the upper (200 mb) flow is cyclonic, very cold, convergent with descent. Upper westerlies lie over the equatorial zone. Note similar statements for the Amazon basin made by Ratisbona (Surface only).

A suggested quantitative step: establish the basic current and monthly maps of the active and suppressed dry season in Brazil. The differences from the basic current would be indicated by models.

APPENDIX G

LIKELY PHYSICAL PROCESSES RELEVANT TO THE NE BRAZIL DRY ZONE AND

SUGGESTED RESEARCH STRATEGY

by William M. Gray, Atmospheric Science Dept.,
Colorado State University

The rain-produced condensation energy release from tropical weather systems goes primarily to balance the troposphere's average daily radiation of cooling of about $1^{\circ}\text{C}/\text{d}$. This is accomplished primarily from an up-moist and down-dry vertical circulation which, when averaged over the whole global tropical belt, is largely constant. Areas with heavy rain produce enough condensation energy release in the form of potential energy export by mass divergence at upper levels to balance the radiational loss for the much larger tropical regions with little or no precipitation. The total amount of rain falling in the tropics is largely invariant with time. Regions with above normal precipitation are compensated by areas with below normal precipitation.

Evidence from many sources is beginning to indicate that there is a good likelihood for the development of reasonable skillful seasonal precipitation forecasting at a number of tropical locations. This requires treatment of the seasonal forecast from a broad-scale general circulation point of view. Variability of NE Brazil seasonal precipitation has been shown by a number of authors to be related to the latitude position of the ITCZ, strength of the Atlantic trade winds, middle latitude circulations, Atlantic and Pacific SST's, and other features.

Seasonal rainfall variability in the NE is also related to more local Brazilian features such as the strength of the subsidence temperature inversion over the NE, special return flow subsidence indicative of variations in precipitation at other Brazilian locations, character of the on-shore trade wind flow along the NE Brazil coast, etc.

Precipitation in the NE appears to be primarily produced by 10-15 weather systems which move from East to West across this region, or by occasional cold front penetration from higher latitudes. It seems that seasonal precipitation variability in the NE is determined by the general strength of the NE seasonal subsidence into which these westward travelling disturbances or cold fronts move. Subsidence adversely dries out and stabilizes the middle troposphere layers, and parcel ascent in deep rain clouds is inhibited by dry air entrainment and subsidence stability. If this subsidence and resulting middle troposphere dryness is strong, as is typically the case when the Western Atlantic ITCZ is further North than normal, then the traveling weather systems produce little rain. On the other hand, if the ITCZ should be displaced more southward of its normal position off the Amazon river estuary, then subsidence will be weaker and the middle troposphere not so dry. Westward travelling individual systems or cold front penetration will then be more able to overcome the inhibiting influences of stability and dryness. These latter weather systems will produce significantly more rain than the former ones. It appears that it is not the number of travelling weather systems which is so important for NE Brazil rainfall but rather the environment into which these weather systems move.

Seasonal Prognosis. The essence of the seasonal forecast of precipitation for the northern portion of the NE appears to rest with:

1. the degree of correlation of the time lag of the NE rainfall with these large scale parameters and
2. the degree to which such large scale monthly and multi-monthly parameters can be measured, transmitted, and evaluated at Brazilian government institutions such that seasonal monthly forecasts can be made and updated on a timely basis.

To study the NE seasonal prediction problem properly it is necessary that large quantities of non-Brazilian data be gathered and evaluated. As a first step in this direction it is recommended that

some Brazil research center (such as INPE) act as the central archive for such needed extra-Brazil data sets.

Types of Research Programs to be Instituted. Distinctions need to be made between : 1) the requirements necessary for the implementation of NE seasonal forecast schemes and 2) those requirements necessary for a broadly based and long term climate research program. The first program requirements are much less extensive in human and economic needs than the second program needs.

Development of NE Brazil seasonal forecast schemes generally require only conventional meteorological and satellite data, meteorological processing facilities, and trained meteorological personnel. Successful forecast schemes do not necessarily require a complete physical knowledge of the processes involved with such seasonal forecasts.

The initiation of a broadly based climatological research program will require the services of a variety of trained research specialists in hydrology, oceanography, soil, radiation, tree-rings, agriculture, etc. Special training programs will have to be instituted to meet such requirements. Although the data and modeling needs will be quite varied and extensive, the long term knowledge gains will likely be quite substantial and very worthy of such a commitment as resources are available.

Recommendations

- 1) There appears to be a critical economical need for the development of new NE Brazil seasonal precipitation forecasting schemes as fast as possible. It is recommended that the highest priority be given to the development of such new schemes.
- 2) It is recommended that a broadly based climatological Research Program also be instituted in Brazil to the extent that National

- G.4 -

resources can be committed above those specifically required for development of the needed empirical seasonal precipitation schemes of 1).

APPENDIX H

PREDICTABILITY OF TIME AVERAGES

by Jagadish Shukla

Goddard Laboratory for Atmospheric Sciences, NASA
Greenbelt, Maryland, USA

It is well known that the deterministic prediction of synoptic scales of atmospheric motions is limited to about 2 weeks. This is mainly due to hydrodynamic instabilities and their nonlinear interactions. There is, however, a possibility that the time averages may be predictable for longer periods. A basis for such a possibility is the existence of low frequency long wave components which carry most of the variance. For considering the predictability of time averages, the day to day fluctuations due to instabilities act as noise in estimating the time mean.

Interannual variability of time averages (monthly and seasonal means) can be due to the following three processes: a) Internal dynamics including the instabilities and their nonlinear interactions; b) Influence of slowly varying boundary conditions (viz: sea surface temperature, soil moisture and vegetation, snow and sea ice etc.); c) sampling error (noise) due to averaging over a correlated time series.

One of the most outstanding problems of the climate variability is to understand the relative contribution of these different mechanisms in explaining the variability of monthly and seasonal means.

A comprehensive study of the analysis of data and application of global general circulation models for sensitivity and predictability studies may help understand the relative contribution of each of the processes towards interannual variability.

A survey of available published literature on the problem of drought in NE - Brazil suggests that the following mechanisms may be operating, individually or collectively, in determining the fluctuations of monthly and seasonal rainfall over NE - Brazil:

- a) Sea surface temperature anomalies over tropical Atlantic and eastern tropical Pacific.
- b) Location and intensity of ITCZ (most of the drought years seem to coincide with the years when ITCZ does not move sufficiently southward)..
- c) Interaction of tropical circulation with extratropics (Northern and Southern Hemisphere). There seems to be possible relationships between the position and intensity of the subtropical highs and large scale circulation in middle latitudes. For example, there seems to be apparent relationships between the blocking situations in the mid and high latitudes and drought over Brazil. Similarly, there appears to be some connection between the seesaw patterns of North and tropical Atlantic circulation.
- d) There appears to be a significant component of quasi-biennial oscillation in the convergence of Atlantic trade winds and Atlantic seesaw. There also appears to be relationship between the "Atlantic Walker circulation", "Pacific Walker circulation" and NE Brazil fluctuations.
- e) Protrusion of Southern hemispheric mid-latitude perturbations seems to be an important factor in determining rainfall in different areas.
- f) Rainfall events over NE Brazil suggest that time average rainfall consists of rainfall produced by individual cloud clusters and synoptic waves. It may be useful to study the structure and dynamics of tropical disturbances over this region and their interaction with the ITCZ.
- g) It can be hypothesized that the mean climate of NE Brazil may be related to heavy precipitation over Amazon. If this is true, there might be significant implications of deforestation in the Amazon.

h) Finally, since the rainy seasons and dry seasons over NE Brazil appear to be two quasi-stable situations which occur at different times, is it possible that these may be manifestations of multiple quasi-equilibrium states for an interacting tropical-mid latitude flow system.

A systematic study of the space and time scales of monthly and seasonal anomalies and their relationship with slowly varying boundary conditions and extratropical circulations may suggest development of possible empirical and dynamical methods of predicting the variability of precipitation over NE Brazil.

APPENDIX I

LIST OF PARTICIPANTS

I. INVITED PARTICIPANTS

- William M. GRAY, Colorado State University, Professor
Department of Atmospheric Sciences
Fort Collins, Colorado 80523
USA
- Stefan HASTENRATH, University of Wisconsin, Professor
Department of Meteorology
1225 West Dayton Street
Madison, Wisconsin 53706
USA
- James L. RASMUSSEN, World Meteorological Organization, Director
Case Postale 5
Geneva 20
Switzerland CH 1211
- Herbert RIEHL - CIRES, Senior Scientist
3100 Marine Av.
Boulder, Colorado 80303
USA
- John ROADS - Scripps Institution of Oceanography, Assist. Research.
Meteorologist
WCSD; A - 024
La Jolla, C.A. 92093
USA

- Jagadish SHUKLA - NASA, Meteorologist
Code 911
CSFC/NASA
Goddard Space Flight Center
Greenbelt, Maryland 20771
USA

- Joseph SMAGORINSKY - GFDL/NOAA, Director
Princeton University
Box 308
Princeton, New Jersey 08540
USA

2. NATIONAL PARTICIPANTS

- COMPANHIA DO DESENVOLVIMENTO DO VALE DO SÃO FRANCISCO (CODEVASF)
SBN, Edifício Central - 8º andar
Brasília - DF
. José Otamar de CARVALHO, Economista

- DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA SECAS - (DNOCS)
Av. Duque de Caxias, 1700
sala 111
Fortaleza - CE
. Godofredo Chaves QUEIROZ, Assessor do Diretor Geral
. José Amaury de Aragão ARAÚJO, Assessor do Diretor Geral

- DIRETORIA DE ELETRÔNICA E PROTEÇÃO AO VÔO - (DEPV)
Aeroporto Santos Dumont - 5º andar
Rio de Janeiro - RJ
. Farid Cezar CHEDE, chefe da Divisão de Meteorologia

● FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

Rodovia Carlos Tonnaní, s/n

Jaboticabal - SP

. Clóvis Alberto VOLPE, Professor

. Romísio Geraldo Boohid ANDRE, Professor

● FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E CHUVAS ARTIFICIAIS - (FUNCEME)

Av. Bezerra de Menezes, 1820

Fortaleza - CE

. João Monteiro GONDIM, Superintendente Técnico

. Rubenaldo Alves da SILVA, Meteorologista

● FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS (CETEC)

Av. José Cândido da Silveira, 2000

Belo Horizonte - MG

. Fausto Carlos de ALMEIDA, Pesquisador

. Getúlio Soriano de Souza NUNES, Pesquisador

. Heloíza Moreira Torres NUNES, Pesquisador

● FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DE BAURU (FEB)

Rua Campos Sales 49/93

Bauru - SP

. Roberto Vicente CALHEIROS, Diretor

● INSTITUTO ASTRONÔMICO E GEOFÍSICO - (IAG/USP)

Av. Miguel Stefano, 4200 - CP 30627

Água Funda - SP

. Adolpho José MELFI, Diretor

. Maria Assunção Faus da Silva DIAS, Professora-Assist. Doutora

. Pedro Leite da Silva DIAS, Professor-Assist. Doutor

. Sylvio Ferraz MELLO, Chefe Com. Supervisora do Depto. de Meteorologia

. Paulo NOBRE, Estudante

● INSTITUTO DE ATIVIDADES ESPACIAIS - (IAE/CTA)

ECA/CTA

Rua Paraibuna s/n

São José dos Campos - SP

- . Carloman Tatagiba de AZEVEDO, Chefe da Div. de Ciências Atmosféricas
- . Douglas Mac Gregor Dore STRANG, Pesquisador Adjunto
- . Juraci SMIDT, Pesquisador Meteorologista
- . Luiz Carlos de CASTRO, Pesquisador
- . Luiz TEIXEIRA, Pesquisador
- . Rodolpho Paes Leme RAMOS, Pesquisador

● INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - (IBGE)

Av. Visconde de Niterói 246-B 6º andar

Rio de Janeiro - RJ

- . Adélia JAPIASSÚ, Analista

● INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS - (INPE)

Av. dos Astronautas, 1758 CP 515

Jardim da Granja

São José dos Campos - SP

- . Antonio Divino MOURA, Pesquisador Associado
- . Carlos Afonso NOBRE, Pesquisador Assistente
- . Chandrakanta M. DIXIT, Pesquisador Assistente
- . José Roberto de OLIVEIRA, Pesquisador Assistente
- . Luiz Carlos Baldicero MOLION, Pesquisador Associado
- . Luiz Gylvan MEIRA FILHO, Pesquisador
- . Marco Antonio Maringolo LEMES, Pesquisador Assistente
- . Marlene ELIAS, Pesquisadora Assistente
- . Mary Toshie KAGANO, Assistente de Pesquisas
- . Moacir Antonio BERLATO, Estudante Pós-Graduado Doutorado
- . Nelson de Jesus PARADA, Diretor
- . Pedro Rubens Alvin de CARVALHO, Engenheiro
- . Sirinivasam SRIVATSANGAM, Pesquisador Associado

- . Vadlamudi Brahamananda RAO, Pesquisador Associado
- . Vernon Edgar KOUSKY, Pesquisador Associado
- . Yelisety VISWANADHAM, Pesquisador Associado

- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - (INEMET)
Praça 15 de Novembro, 2 sala 506
Rio de Janeiro- RJ
 - . Ademilde de Seixas VALENÇA, Meteorologista
 - . Clodomir Padilha Alves da SILVA, Diretor Geral
 - . Yomar Morada SOUZA, Diretor de Divisão

- INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Cidade Universitária
Butantã - SP
 - . Afrânio Rubens de MESQUITA, Oceanógrafo

- UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
Rua Pereira Valente, 1158 - Aldeota
Fortaleza - CE
 - . Airton Fontenele Sampaio XAVIER, Professor
 - . Francisco Alcides GERMANO, Professor

- UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Av. Artur Toscanini, 97 apto. 304
Belo Horizonte - MG
 - . Carlos Magno RIBEIRO, Professor

- UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
Cj. Batista Campos, Bloco Ipacará apto. 102
Belém - PA
 - . José Carvalho de MORAES, Professor Assistente

● UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Av. Aprígio Veloso, 882 - Bodocongó

Campina Grande - PB

. José Oribe Rocha de ARAGÃO, Coordenador do Núcleo de Meteorologia Aplicada

● UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Cidade Universitária - Ilha do Fundão

Rio de Janeiro - RJ

. Julio BUCHMANN, Professor Assistente

. Valdo da Silva MARQUES, Professor

APPENDIX J

DATA REQUIREMENTS FOR A BROADLY BASED CLIMATE PROGRAM

| Parameter/Data Set. | Coverage | Density | Frequency | Source |
|---|---|--------------------|-----------|------------------------|
| Upper Air Data (Rawinsondes, Pibals) | Global | Synoptic | 12 Hrly | Brazil WWW WDC-A |
| Surface Data Temp., Humidity, Pressure | Global | Synoptic Brazil | 6 Hrly | Brazil WWW WDC-A |
| Special Precipitation Data | Brazil | Very Dense | Daily | Brazil WDC-A |
| Hydrological Data Runoff, Storage | Brazil | Major Rivers | Monthly | Brazil |
| Surface Radiation | Brazil | 200 km | Daily | Brazil |
| Satellite Data Images, winds | 20 ^o N - 90 ^S 30 ^o E - 180 ^o W | 500 km | 12 Hrly | Brazil USA |
| Sea Surface Data | W. Pacific Atlantic | 500 km | Weekly | WWW USA |
| Soil Moisture | Brazil | ? | Weekly | Brazil |
| Satellite SST | W. Pacific Atlantic | 500 km | Weekly | WWW USA |
| Ship Data | W. Pacific Atlantic | Synoptic | 12 Hrly | |

| | | | |
|--|------------------------------|--|---|
| 1. Classificação <i>INPE-COM.4/RPE</i> <i>C.D.U.: 551.577.38</i> | | 2. Período | 4. Distribuição |
| 3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor) <i>SECA, PREVISÃO, NORDESTE</i> | | | interna <input type="checkbox"/> externa <input checked="" type="checkbox"/> |
| 5. Relatório nº <i>INPE-1750-RPE/142</i> | 6. Data <i>Maio, 1980</i> | 7. Revisado por <i>Antonio Divino Moura</i> | |
| 8. Título e Sub-Título <i>WORKSHOP SOBRE PREVISÃO DE SECAS PARA O NORDESTE DO BRASIL - RELATÓRIO DO PAINEL</i> | | 9. Autorizado por <i>Nelson de Jesus Parada</i> <i>Diretor</i> | |
| 10. Setor <i>DME</i> | Código | 11. Nº de cópias <i>100</i> | |
| 12. Autoria <i>Joseph Smagorinsky</i> <i>Hebert Riehl</i> <i>Jagadish Shukla</i> <i>James Rasmussen</i> <i>John O. Roads</i> <i>Stefan Hastenrath</i> <i>William M. Gray</i> | | 14. Nº de páginas <i>68</i> | |
| 13. Assinatura Responsável <i>[Assinatura]</i> | | 15. Preço | |
| 16. Sumário/Notas <i>Este relatório foi produzido por um painel composto dos autores acima, baseado nas apresentações e discussões durante o Workshop sobre Previsão de Secas para o Nordeste do Brasil, patrocinado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, e realizado no seu Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE, em São José dos Campos, São Paulo, de 11 a 16 de fevereiro de 1980.</i> | | | |
| 17. Observações <i>O Workshop sobre Previsão de Secas para o Nordeste do Brasil, que deu origem a este Relatório, foi parcialmente financiado pelo Programa do Trópico Semi-Árido.</i> | | | |

O SERTANEJO E A SECA

(Montagem de textos de EUCLIDES DA CUNHA,
por Lucimar Luciano de Oliveira).

O Sertanejo é, antes de tudo, um forte.
Acompanhando morosamente, a passo, pelas chapadas,
o passo tardo das boiadas, o vaqueiro preguiçoso
quase transforma o *campeão* que cavalga na rede ...
Mas se uma rês *alevantada* envereda, esquiva, adiante,
pela caatinga *garranchenta*,
ou se uma ponta de gado, ao longe, se tresmalha,
ei-lo em momentos transformado ...
Não há contê-lo, então, no ímpeto.

A seca não o apavora ...
Enfrenta-a, estóico.
Dois ou três meses antes do solstício de verão,
especa e fortalece os muros dos açudes,
ou limpa as cacimbas.
Os sintomas do flagelo despontam-lhe, então,
encadeados em série, sucedendo-se inflexíveis...
Passam as "chuvas do caju" em outubro, rápidas,
em chuvisqueiros prestes delidos nos ares ardentes ...
... e abaixa-se vagarosamente o nível das cacimbas ...
Os dias, estuando logo ao alvorecer, transcorrem abrasantes,
à medida que as noites se vão tornando cada vez mais frias.

... nos ares,
em bandos,
as primeiras aves emigrantes,
transvoando a outros climas ...

É o prelúdio da sua desgraça.
Vê-o acentuar-se, num crescendo, até dezembro.
... E espera, resignado, o dia 13 daquele mês.
É a experiência tradicional de Santa Luzia ...
Aguarda, paciente, o equinócio da primavera,
para definitiva consulta aos elementos.
Atravessa três longos meses de expectativa ansiosa
e no dia de São José, 19 de março, procura novo augúrio,
o último.
Se durante ele chove, será chuvoso o inverno;
se ao contrário, o sol atravessa abrasadoramente
o firmamento claro,
estão por terra todas as suas esperanças.
A seca é inevitável.

RELATÓRIO POR

William M. GRAY, Colorado State University, Fort Collins, Colorado,

Stefan HASTENRATH, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin,

James L. RASMUSSEN, World Meteorological Organization, Geneva,

Herbert RIEHL, Cooperative Institute for Research in Environmental
Boulder, Colorado,

John O. ROADS, Scripps Institution of Oceanography, Climate Research
Group, La Jolla, California,

Jagadish SHUKLA, Goddard Laboratory for Atmospheric Sciences, NASA/
GSFC, Greenbelt, Maryland,

Joseph SMAGORINSKY, National Oceanic and Atmospheric Administration,
Princeton, New Jersey, Panel Chairman,

ao

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO - CNPq

baseado no

WORKSHOP SOBRE PREVISÃO DE SECAS PARA O NORDESTE DO BRASIL

realizado no

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE
São José dos Campos - São Paulo - Brasil

11 a 16 de Fevereiro de 1980

I - INTRODUÇÃO

A. O PROBLEMA

A região Nordeste do território brasileiro, com uma área de mais de 1.000.000 de quilômetros quadrados, tem sido conhecida pela ocorrência de secas desde os tempos coloniais. Do ponto de vista de im pacto s ocio - e con ôm i co, as secas do Nordeste, juntamente com as en che n tes e g e a d a s no Sul do Brasil, são exemplos significativos da in flu ên cia desastrosa do clima sobre as atividades humanas. Entretanto, o pr o b l e m a da seca é, sem dúvida alguma, o mais sério, devido à grande popu la ç ã o afetada e à frágil estrutura econômica da região. Em casos de se c a s intensas no Nordeste, o País assume um elevado custo s ocio - e con ôm i co.

Apesar de o "problema da seca" apresentar uma grande g a m a de aspectos, do hidrometeorológico ao s ocio - e con ôm i co, este "workshop" tem por objetivo, apenas, aquele de elaboração de previsões de pr e c i p i t a ç ã o, com antecedência de 1 a 3 meses, para áreas de dimensões de 50.000 quilômetros quadrados ou menores. O fato de isto não correspon der necessariamente às exigências dos usuários torna indispensável o d e s e n v o l v i m e n t o, no futuro, de interfaces com esses usuários, nas áreas de agricultura, gerenciamento de recursos hídricos e outros.

Qualquer esforço no sentido de prever secas deve conside r a r e especificar a antecedência necessária às previsões. Apesar de não se poder afirmar categoricamente que tal fato seja possível, uma especi f i ca ç ã o de poucos meses faz-se necessária para separar esse problema de pr e v i s ã o de outros, com períodos de alguns dias ou de 1 ano ou mais de antecedência (para estes últimos não há, presentemente, ind í c i o s de que sejam viáveis).

Faz-se necessário definir o que se considera por pr e v i s ã o. No contexto desse "workshop", o ponto de vista abordado é o de se obter, a p r i o r i, conhecimento das variações climáticas em torno de valores nor

INDICE

| | |
|--|----|
| I - INTRODUÇÃO | 1 |
| A. O PROBLEMA | 1 |
| B. PROCEDIMENTOS DO "WORKSHOP" | 2 |
| C. PROPOSTA DE UMA ESTRATÉGIA NACIONAL | 4 |
| II - DEFINIÇÃO, AQUISIÇÃO E ARQUIVAMENTO DE DADOS | 5 |
| A. DADOS HISTÓRICOS BRASILEIROS | 6 |
| B. DADOS BRASILEIROS EM TEMPO REAL | 6 |
| C. DADOS NÃO-BRASILEIROS | 7 |
| III - ESTUDOS OBSERVACIONAIS | 9 |
| A. VARIABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE SECAS | 9 |
| B. RELAÇÃO DOS PRINCIPAIS CONTROLES CLIMÁTICOS À ESSA VARIABILIDADE | 10 |
| C. OCORRÊNCIA E ESTRUTURA DOS SISTEMAS SINÓTICOS PORTA DORES DE CHUVA | 10 |
| IV - PROGNOSE EMPÍRICA | 13 |
| V - MODELAGEM E SIMULAÇÃO | 15 |
| A. INTRODUÇÃO | 15 |
| B. ESTUDOS DE SENSITIVIDADE E PREVISIBILIDADE | 16 |
| C. DESENVOLVIMENTO DO MODELO | 17 |
| D. ESTRATÉGIA PARA A UTILIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE MODELOS | 19 |
| E. EXIGÊNCIAS DOS RECURSOS | 20 |
| F. REQUISITOS DE DADOS | 21 |
| VI - PROGRAMAS BILATERAIS E INTERNACIONAIS | 23 |

| | |
|--|----|
| VII - TREINAMENTO | 27 |
| A. CIENTISTAS PESQUISADORES E CORPO DOCENTE UNIVERSITÁRIO (Doutorado) | 27 |
| B. CIENTISTAS DE APOIO (Mestrado e Bacharelado)..... | 28 |
| C. TÉCNICOS | 28 |
| D. OBSERVAÇÕES | 28 |
| | |
| APÊNDICE A - DISPONIBILIDADE DE DADOS CLIMATOLÓGICOS | |
| APÊNDICE B - PESQUISA METEOROLÓGICA NO BRASIL | |
| APÊNDICE C - O CLIMA SECO DO NORDESTE BRASILEIRO - UM BREVE LE VANTAMENTO DE ALGUNS ESTUDOS FEITOS NO BRASIL | |
| APÊNDICE D - O PROGRAMA MUNDIAL SOBRE O CLIMA (WCP) | |
| APÊNDICE E - O MONITORAMENTO E A PREVISÃO DE SECAS NO NORDESTE BRASILEIRO | |
| APÊNDICE F - SUGESTÕES PARA UM PLANO DE PESQUISAS SOBRE O PRO BLEMA DA SECA NO NORDESTE BRASILEIRO | |
| APÊNDICE G - PROVÁVEIS FÍSICOS RELEVANTES AO NORDESTE BRASILEIRO E UMA SUGESTÃO PARA UMA ESTRATÉGIA DE PESQUISA | |
| APÊNDICE H - PREVISIBILIDADE DE MÉDIAS TEMPORAIS | |
| APÊNDICE I - LISTA DOS PARTICIPANTES | |
| APÊNDICE J - EXIGÊNCIA DOS DADOS PARA UM EXTENSO PROGRAMA CLI MÁTICO | |

mais. O valor da previsão está relacionado à informação adquirida além das condições médias de longo prazo. A variável a ser prevista é a pre cipitação; e um método de verificação deve ser estabelecido com base na rede de estações.

Sabe-se que as secas no Nordeste são manifestações locais das características de grande escala da atmosfera e mesmo dos oceanos, fato este no qual se baseiam as recomendações do "workshop".

Os objetivos apresentados ao "workshop" foram:

- "1. avaliar o conhecimento presente sobre a variabilidade e pre visibilidade climáticas, com ênfase na possibilidade de pre ver eventos extremos no Nordeste brasileiro.

2. contribuir para o estabelecimento de um programa nacional de pesquisas, coordenado pelo Conselho Nacional de Desenvolvim ento Científico e Tecnológico (CNPq) através do Instituto de Pes quisas Espaciais (INPE), dedicado ao estudo do clima e suas va riações no Nordeste do País e ao desenvolvimento de técnicas de pre visão".

B. PROCEDIMENTOS DO "WORKSHOP"

O "workshop" foi estruturado em 3 partes:

1. Para o "workshop" foram providenciadas informações pelo Insti tu to de Pesquisas Espaciais, sendo que nos apêndices deste traba lho encontram-se aquelas pertinentes às recomendações, referind o-se à disponibilidade de dados (Apêndice A), pessoal enga ja do em pesquisa (Apêndice B) e um resumo de trabalhos anterio res feitos no Brasil, sobre o assunto (Apêndice C).

2. Uma sērie de seminārios sobre os vārios aspectos do problema foi apresentada pelos participantes e os resumos sucintos de algumas apresenta^ções relevantes aparecem nos Apêndices.

- J. Rasmussen Programa Mundial do Clima
(Resumo no Apêndice C)
- S. Hastenrath Monitoramento e Previsão de secas no Nordeste brasileiro
(Resumo no Apêndice E)
- H. Riehl Configurações do ar superior nas estações chuvosas, secas e úmidas
(Resumo com sugestões no Apêndice F)
- W. Gray Prováveis processos físicos relevantes ao problema das secas no Nordeste brasileiro
(Resumo com sugestões no Apêndice G)
- J. Shukla Previsibilidade de médias temporais
(Resumo no Apêndice H)
- J. Roads Possíveis teorias dinâmicas para a previsão de climas
- J. Smagorinsky Habilidade de simulação de modelos de circulação geral
Previsão numérica mensal

3. O "workshop" dividiu-se em quatro grupos de trabalho para elaborar recomendações específicas do mesmo e redigir o presente relatório.

A lista de participantes do "workshop" encontra-se no Apêndice I, juntamente com os endereços das instituições. Os participantes brasileiros contribuíram significativamente em todos os aspectos das discussões, especialmente no fornecimento de informações sobre os fatos relevantes.

As recomendações dos participantes estrangeiros no "workshop" são apresentadas a seguir.

C. PROPOSTA DE UMA ESTRATÉGIA NACIONAL

O "workshop" tratou do problema global das secas sob vários aspectos principais, tais como dados, aquisição de dados, realização de pesquisa empírica e diagnóstica e desenvolvimento de modelos numéricos. Estes vários aspectos até certo ponto se superpõem, são interdependentes e exigirão recursos, facilidades e pessoal qualificado. Devido a isto, o Brasil deverá desenvolver uma estratégia para determinar prioridades em cada um dos aspectos, sempre lembrando a sua interdependência.

O "workshop" sugeriu que deve ser feito um esforço para assegurar que as atividades que potencialmente podem resultar em benefícios em um futuro próximo (por exemplo, aquisição de dados, previsões empíricas, estudos diagnósticos, treinamento em nível de doutorado, sejam iniciadas imediatamente em sincronia com outras, de modo a fornecerem recursos humanos a longo prazo para a consecução de outras atividades como o desenvolvimento de modelos numéricos. Sugeriu, ainda, alguns mecanismos que possam facilitar atividades específicas, incluindo um esforço coordenado por parte do Brasil e uma cooperação bilateral a nível regional e internacional.

II - DEFINIÇÃO, AQUISIÇÃO E ARQUIVAMENTO DE DADOS

Recentemente, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) estabeleceu um Comitê Assessor para o Programa do Trópico Semi-árido, que é responsável pelo processamento e validação de dados climatológicos; estabelecimento de prioridades nesse processamento; estabelecimento de critérios uniformes de validação; e pela facilidade de acesso aos dados para fins de pesquisa. Recomenda-se a rápida e total implementação dos objetivos do Comitê Assessor e endossa-se o esforço nesta direção.

O objetivo principal do Programa de Previsão de Secas para o Nordeste Brasileiro é providenciar previsões mensais-sazonais de precipitação, em caráter operacional. Para isto, os dados relevantes precisam ser reunidos, arquivados e analisados. Nesta seção, descrever-se-ão os conjuntos de dados brasileiros necessários à definição da seca e os conjuntos de dados globais exigidos para diagnosticar os mecanismos de seca. Esses dados serão necessários a vários estudos observacionais, discutidos na seção III. Os métodos empíricos para a previsão de secas e a utilização das fontes de dados são considerados na seção IV. Os conjuntos de dados também serão usados para iniciar, calibrar e validar os modelos numéricos descritos na seção V.

De acordo com o objetivo prioritário do Programa de Previsão de Secas para o Nordeste Brasileiro, ou seja providenciar previsões mensais de precipitação em base operacional, os dados abaixo, para todo o Brasil, parecem ser de importância primária, mas não exclusiva:

1. médias mensais de precipitação para um grande número de estações, com registros longos e contínuos;
2. médias mensais da pressão para um número relativamente pequeno de estações, com registros longos e contínuos;
3. médias mensais de dados de altitude.

Importantes conjuntos de dados existem em várias Instituições brasileiras e em outros locais. Uma breve orientação é dada nas seções de A a C, que se seguem; e maiores detalhes, sobre os requisitos dos dados, encontram-se no Apêndice J.

A. DADOS HISTÓRICOS BRASILEIROS

Os dados históricos de precipitação diária para o Nordeste brasileiro estão disponíveis na Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e arquivados em fitas magnéticas, sendo que o Departamento Nacional de Obras contra a Seca (DNOCS) pode constituir uma fonte adicional destes dados. Os dados históricos de precipitação diária para todo o Brasil estão disponíveis no Instituto Nacional de Meteorologia (INEMET) e no Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), sendo que a maioria deles já em fita magnética.

Os dados históricos de superfície, diários, podem ser encontrados na SUDENE o INEMET, e alguns dados do INEMET já em fita magnética.

Os dados históricos, diários de radiossondas e balões-piloto estão sendo atualmente processados e colocados em fitas magnéticas, embora estejam disponíveis somente em uma forma original. O Instituto de Atividades Espaciais (IAE) juntamente com a Universidade Federal da Paraíba estão prestes a iniciar o processamento dos dados das estações no Nordeste, operados pela SUDENE, em colaboração com o INEMET

B. DADOS BRASILEIROS EM TEMPO REAL

Os dados mensais médios de precipitação e temperatura de superfície são publicados pelo INEMET, dentro de um período de 15 a 30 dias após o término de cada mês. Além disso, o INEMET calcula médias mensais para as estações de ar superior de todo o Brasil e transmite essas informações para a Organização Meteorológica Mundial (OMM).

C. DADOS NÃO-BRASILEIROS

Vários conjuntos de dados, de fora do Brasil, serão necessários, tais como dados de ventos de ar-superior, dados de ventos e cobertura de nuvens obtidos por satélites, observações de navios, a longo prazo, e outros. Espera-se que esses dados sejam adquiridos em tempo hábil através de intercâmbios a nível internacional. As recomendações, a seguir, enfatizam as fontes específicas de dados brasileiros.

RECOMENDAÇÕES

Apesar das fontes de dados *in extenso* descritas nas seções A e B serem necessárias em vários estudos especiais, acredita-se que os sumários mensais globalmente processados formarão a base de uma grande parte dos estudos discutidos nas seções III e IV. Deste modo, dar-se-á uma alta prioridade ao arquivamento de conjuntos selecionados de dados mensais, em uma forma facilmente acessível (fita magnética), em algumas agências governamentais. A seguir, apresenta-se uma lista de prioridades de dados:

1. dados de previsão sazonal em caráter operacional, que exigirão conjuntos bastante específicos de dados, os quais são explicitamente discutidos na seção IV (recomendações (1)); sendo que a construção desses conjuntos de dados é uma tarefa de alta prioridade;
2. dados de altitude - radiossonda e balões-piloto - em todas as estações existentes;
3. dados de pressão de superfície, temperatura e umidade (para todas as estações que iniciaram sua operação em, ou antes de, 1950 e que operam até o presente);
4. dados de precipitação (para estações que iniciaram sua operação em 1921 ou antes, e que operam até o presente);

5. dados hidrológicos (para estações que iniciaram sua operação em 1950 ou antes, e que operam até o presente);
6. dados de ventos de vôos comerciais desde os anos de 1960;
7. dados de observações de foguete da alta atmosfera, desde os anos de 1960.

III - ESTUDOS OBSERVACIONAIS

Estudos de vários fatores que governam o clima e o tempo do Nordeste proporcionam meios para avaliar o impacto da atmosfera na vida econômica da região, conduzem a uma abordagem racional para aplicações da atividade humana e fornecem a base para previsões sazonais de secas.

Consideram-se três tópicos principais:

- A. A variabilidade de ocorrência de secas.
- B. A relação dos principais controles climáticos à essa variabilidade.
- C. A ocorrência e a estrutura dos sistemas sinóticos portadores de chuvas.

Apresentam-se, a seguir, alguns exemplos dos problemas a serem resolvidos dentro de cada um desses tópicos principais.

A. VARIABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE SECAS

1. Composição dos eventos de precipitação, em particular a eficiência da precipitação para o suprimento de água.
2. Mínimo suprimento efetivo de água para aplicações humanas.
3. Definição da seca, sua ocorrência em espaço e tempo em uma estação do ano. Balanço hídrico e térmico para áreas selecionadas.
4. Secas persistentes: persistência por 2 ou mais anos em diferentes partes da área.
5. Relação entre a seca do Nordeste brasileiro e as oscilações quase-bienal, do Sul, entre outras.

B. RELAÇÃO DOS PRINCIPAIS CONTROLES CLIMÁTICOS À ESSA VARIABILIDADE

1. Escalas de tempo e espaço das anomalias. Alguns controles são os anticiclones subtropicais; a estrutura vertical do escoamento básico; a estabilidade atmosférica, especialmente as inversões térmicas; as temperaturas da superfície dos oceanos; a umidade do solo; a umidade precipitável; as estruturas simples e dupla da ITCZ; e as temperaturas de topos de nuvens.
2. Combinações das anomalias e suas configurações em base sazonal ou de menor duração, em relação às secas em uma estação do ano.
3. Persistência e possível previsão de persistência de conjuntos de fatores por 2 ou mais anos.

C. OCORRÊNCIA E ESTRUTURA DOS SISTEMAS SINÓTICOS PORTADORES DE CHUVA

1. Modelo de composição ou modelos da estrutura dos sistemas de tempo portadores de chuva, através da troposfera com relação a influências interlatitudinais.
2. Evolução temporal de um sistema isolado de chuvas, desde o início até o término. A propagação e as variações temporais da estrutura do sistema estão subentendidas.
3. Eficiência dos sistemas de tempo em produzir precipitação; relação da eficiência às secas e aos períodos chuvosos.
4. Suporte ou supressão dos sistemas de tempo, sob a influência dos conjuntos de anomalias climáticas acima mencionados.
5. Correlação entre os sistemas de tempo e sua eficiência, com a precipitação observada.
6. Possível inibição de chuvas de núcleos de condensação no ar. Conteúdo de umidade do solo relacionado à eficiência de pre

cipitação, através da inibição ou não obstrução do grande transporte de núcleos de condensação para a atmosfera.

7. Atividade convectiva versus influências térmicas.

IV - PROGNOSE EMPÍRICA

Alguns estudos diagnósticos indicam que as secas no Nordeste do Brasil estão relacionadas, ao menos em parte, ao comportamento e posição latitudinal do cavado de baixa pressão, eixo de confluência de banda de convergência no setor do Atlântico. Parece que as anomalias na circulação evoluem com certa antecedência em relação à estação do ano no Norte-Nordeste do Brasil. Desvios na circulação, em grande escala, podem manifestar em uma variedade de parâmetros, tais como: pressão de superfície, ventos e temperatura da superfície oceânica, nebulosidade e precipitação no Atlântico, ventos superiores sobre oceano e continente, precipitação e pressão sobre a porção Norte da América do Sul, etc.

A essência da previsão sazonal de precipitação, em particular para a parte norte do Nordeste, parece residir:

1. no grau de correlação com atraso de tempo de precipitação no Nordeste com os parâmetros de grande escala;
2. na extensão em que esses parâmetros, mensais ou multi-mensais, em grande escala podem ser medidos, transmitidos e avaliados em instituições governamentais brasileiros, de modo a permitir a elaboração de previsões mensal-sazonal, atualizadas em tempo hábil.

Concebe-se uma variedade de técnicas e sua viabilidade deve ser explorada. As recomendações, a seguir, não têm intenção de ser abrangentes e nem estão ordenadas de acordo com as prioridades.

RECOMENDAÇÕES

1. Excluindo os dados descritos na seção II e Apêndice J, serão necessários conjuntos de dados específicos às aplicações de esquemas operacionais de previsão.

- a. Os parâmetros de previsão devem estar disponíveis em tempo hábil.
- b. As séries temporais de parâmetros de previsão precisam ser internamente homogêneas, apesar da calibração e da escala absoluta não serem essenciais.
- c. As séries suficientemente longas (≥ 10 anos) são necessárias para referência.
- d. Os parâmetros devem ter uma resolução temporal em torno de um mês e uma resolução espacial, por volta de 2,5 a 5,0 graus quadrados, ou valores dos parâmetros para as estações, são recomendáveis.

Essas exigências simultâneas poderiam, por exemplo, ser potencialmente satisfeitas com dados de vento e nebulosidade obtidos por satélites. A construção de uma base de dados preenchendo esses requisitos é uma tarefa de alta prioridade.

2. Estudos diagnósticos posteriores e previsões sazonais experimentais, para anos passados, deveriam ser feitos usando-se o tipo de conjunto de dados descritos em (a), juntamente com outros dados. De um modo geral, os esforços deveriam se concentrar em previsões do caráter geral da estação chuvosa, para uma grande área (aproximadamente 500.000 Km²) do interior da região semi-árida do Norte-Nordeste. As previsões iniciais deveriam ser feitas com 6 meses de antecedência e refinadas através de previsões atualizadas com menor período de antecedência.
3. A possibilidade de prever tendências por períodos, com duração de mais de um ano até décadas, usando séries temporais e outras técnicas devem ser explorada.

V - MODELAGEM E SIMULAÇÃO

A. INTRODUÇÃO

Os Modelos matemáticos do sistema climático da Terra são ferramentas usadas pelos meteorologistas para desenvolver, refinar e validar hipóteses sobre a variabilidade do clima, além de serem usados para indicar exigências com referências aos dados usados nos estudos climáticos. Devido ao fato de serem baseados em leis fundamentais da termodinâmica e hidrodinâmica, tais métodos podem proporcionar um enfoque físico dos mecanismos que governam o sistema climático.

Sabe-se, de um modo geral, que os mecanismos responsáveis pela variabilidade de médias temporais podem ser enquadrados em duas amplas categorias: (1) os efeitos das condições de contorno lentamente variáveis (temperatura de superfície dos oceanos, umidade do solo, cobertura de gelo/neve, etc) e (2) dinâmica interna (instabilidade e interações não-lineares). Dentro destas duas classes gerais, sugerem-se estudos específicos de modelagem que podem ser valiosos para entender e prever as secas no Nordeste brasileiro. Reconhece-se que tais mecanismos constituem uma lista incompleta, pois a variabilidade climática ainda não é bem entendida.

Sugerem-se que modelos específicos possam ser usados no estudo destas hipóteses. Os modelos são classificados em regional/ou de processos, desenvolvidos para estudar efeitos locais e de circulação global, e construídos para simular e prever o clima da Terra. Pesquisas com todos estes modelos devem ser realizadas pela comunidade meteorológica do Brasil, a fim de se entender as razões básicas do clima em questão e, em particular, o da região Nordeste. Entretanto, enfatiza-se que somente alguns desses estudos de modelagem serão imediatamente viáveis, devido às limitações existentes quanto à capacidade de computação e mão de obra altamente qualificada. Acredita-se que, para se alcançar um completo entendimento e previsibilidade da seca, por modelos numéricos, torna-se necessário um grande desenvolvimento de recursos pelo governo brasileiro.

Esses estudos de modelagem precisam ser realizados em íntima conexão com os estudos diagnósticos e análise dos dados, pois a definição do problema exige o conhecimento das escalas de tempo e espaço das anomalias. Alguns dos modelos deverão também ser inicializados com condições adequadas, e todos eles deverão eventualmente ser validados em termos dos dados.

B. ESTUDOS DE SENSITIVIDADE E PREVISIBILIDADE

Nesta seção listam-se os possíveis estudos de sensibilidade e previsibilidade que poderão ser realizados, buscando um entendimento dos mecanismos físicos e dinâmicos responsáveis pela variabilidade do clima do Nordeste brasileiro. Estes estudos dividem-se em duas categorias bastante gerais, dependendo do papel das condições de contorno lentamente variáveis (estudos de sensibilidade) ou do papel de interação dinâmica interna (estudos de previsibilidade). As listas, que se seguem, não estão ordenadas de acordo com a importância dos estudos e nem são exaustivas, visto que os efeitos relativos às mudanças das condições de contorno lentamente variáveis e o efeito das condições iniciais não são ainda bem entendidos.

Estudos de Sensitividade

1. Relação entre as anomalias na temperatura da superfície dos oceanos, nos Atlântico Tropical e Pacífico leste, e a precipitação sobre o Nordeste do Brasil.
2. Efeitos das mudanças na umidade do solo, na vegetação e no albedo sobre a circulação sobre o Brasil.
3. Papel da região Amazônica, como fonte de calor, na determinação da circulação média sobre a região (possível influência do desmatamento da Amazônia sobre os climas local e global).
4. Sensitividade da precipitação local à mudança na convergência do fluxo de umidade.

5. Papel das anomalias na temperatura da superfície dos oceanos em determinar a estrutura e localização de Zona de Convergência Intertropical (ITCZ), incluindo as interações dinâmicas entre os trópicos e as latitudes médias.

Estudos de Previsibilidade

1. Determinação dos limites de longa previsibilidade (previsão de terminística de médias temporais) para a região do Nordeste brasileiro.
2. Interação entre os trópicos e as latitudes médias (Hemisférios Norte e Sul) e seu papel em determinar a variabilidade sobre o Nordeste do Brasil (flutuação de ITCZ e das altas subtropicais).
3. Estrutura e dinâmica dos distúrbios transientes (aglomerados de nuvens, ondas sinóticas, etc) na região e suas interações com a ITCZ.
4. Estrutura e dinâmica da inversão dos alíseos (sobre o continente e o oceano) e os possíveis efeitos sobre a variabilidade da precipitação.
5. Papel da variação espacial da fricção na superfície em determinar a circulação local.

C. DESENVOLVIMENTO DO MODELO

Os Modelos dinâmicos do sistema climático terra-oceano-atmosfera consistem em equações matemáticas que descrevem as propriedades físicas variáveis relevantes e suas inter-relações. Elas são de grande valor para determinar o papel quantitativo dos diferentes processos físicos e dinâmicos. Para entender convenientemente e validar várias hipóteses sobre variabilidade climática, vários modelos com diferentes graus de complexidade devem ser desenvolvidos e aplicados. Entende-se que um programa de desenvolvimento de modelos numéricos de previsão

de curto prazo já está sendo desenvolvido. Neste relatório, a principal preocupação foi com o desenvolvimento de modelos climatológicos para estudo do problema da seca no Nordeste do País. Os modelos necessários para abordar os problemas descritos na seção 2 podem ser divididos nas seguintes categorias gerais:

1. Modelos Globais de Circulação Geral
2. Modelos Regionais e de Processos

Modelos Globais de Circulação Geral

A utilização de um modelo global de circulação geral deve ser considerado um dos principais componentes, de um programa para previsões de variabilidade de climas, através de métodos dinâmicos. Isto deve incluir modelos globais para a atmosfera e modelos simples da camada de mistura para os oceanos. Para a escala de tempo do problema do Nordeste brasileiro, não é necessário desenvolver modelos para a circulação mais profunda dos oceanos. Apesar do interesse principal ser o problema da seca no Nordeste, as causas físicas do mesmo são, sem dúvida alguma, globais em natureza e, portanto, um modelo global de circulação geral é uma ferramenta indispensável para entender e prever a variabilidade do clima. Os estudos de sensibilidade e previsibilidade envolvendo interação ar/mar, processos sobre a superfície dos continentes, interações dinâmicas entre os trópicos e latitudes extratropicais, podem ser realizadas utilizando-se os referidos modelos.

Modelos Regionais e de Processos

Os modelos de processos são simples, usados para estudar quantitativamente detalhes das várias hipóteses sobre o clima e seus mecanismos. Por exemplo, modelos radiativo-convectivo podem ser utilizados no estudo da influência de variações locais no albedo e na umidade do solo; modelos estatístico-dinâmicos e de balanço de energia podem ser empregados para examinar a influência de regiões remotas, como a Amazônia, sobre o Nordeste brasileiro; modelos lineares encontram aplicações no estudo das influências das anomalias de temperatura da

superfície dos oceanos nas regiões do Pacífico e do Atlântico, e nos efeitos de um vento zonal variável; e modelos espectrais podem ser usados para estudar a influência de regiões remotas sobre as secas do Nordeste do Brasil. Os modelos simplificados de circulação geral, que incluem entre eles modelos regionais e espectrais truncados, são úteis para estudar a influência de diferentes condições iniciais sobre os distúrbios tropicais, responsáveis pela precipitação no Nordeste brasileiro. Podem, em adição, ser utilizados no estudo da influência de regiões remotas, como a intensidade e posição de anomalias de latitudes médias, as altas subtropicais e a zona de convergência intertropical.

D. ESTRATÉGIA PARA A UTILIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE MODELOS

Uma vez que já existem centros de modelagem de circulação geral bastante consolidados em vários países, todo esforço da comunidade meteorológica brasileira deve ser no sentido de colaborar com esses centros. Entretanto, como não é possível depender totalmente desses centros para a elaboração de estudos sobre os problemas climáticos do Brasil, deve-se formar, no País, pessoal qualificado e instalar facilidades. Neste sentido, sugere-se a seguinte estratégia.

Os estudos de modelagem regional e de processos devem ser imediatamente iniciados por cientistas que tem acesso a facilidades de computação. Os modelos de circulação geral mais complexos podem ser inicialmente explorados em estreita colaboração com cientistas de outras instituições. À medida que o número de pessoal qualificado dentro da comunidade meteorológica do Brasil aumenta, deve-se considerar a viabilidade do desenvolvimento de modelos de circulação geral no País. Além disto, deve-se promover a colaboração regional entre os demais países sul-americanos, visando a aplicação de técnicas de modelagem a problemas locais.

E. EXIGÊNCIAS DOS RECURSOS

1. Pessoal científico

A fim de alcançar plenamente os objetivos esboçados na seções anteriores, um grupo considerável de pessoal científico, especificamente treinado, será necessário às áreas de modelagem atmosférica e oceânica, ciência de computação e áreas correlatas. Simultaneamente, deve-se estabelecer uma estreita cooperação entre as Instituições brasileiras e os grupos dedicados a modelagem de clima no exterior, de modo que inicialmente alguns estudos possam ser realizados dentro desse programa de colaboração ao mesmo tempo que se forma o pessoal. Este aspecto será discutido, posteriormente, na Seção VII.

2. Facilidades de Computação

Um centro de computação rápida e dedicada, é essencial para o estudo dos problemas de variabilidade climática e previsões dinâmicas de longo prazo. A inadequação da rede de observações de ar-superior no Hemisfério Sul exige uma dependência sempre crescente dos dados meteorológicos derivados de observações de satélites. Para se processar a enorme quantidade de dados de satélites e os convencionais, em tempo quase-real, de modo que sejam úteis na elaboração de previsões empíricas e na integração de modelos numéricos, é de suma importância contar com um centro de facilidades de computação, que seja rápido, com grande capacidade de memória e sobretudo com um tempo de dedicação grande. Uma estimativa conservadora seria um computador dedicado com uma velocidade de cerca de 10 MIPS (milhões de instruções por segundo), juntamente com facilidades gráficas e periféricas apropriadas, para abordar o problema do clima do Nordeste brasileiro. Entretanto, para o estudo de outros problemas importantes ao Brasil, como aqueles mencionados acima e os de previsão numérica de tempo e outros de climas, sugere-se que seja adquirido um computador maior (cerca de 50 MIPS).

F. REQUISITOS DE DADOS

Paralelamente ao desenvolvimento das hipóteses físicas necessárias à realização de estudos climáticos, devem ser usados dados meteorológicos para inicialização e validação de modelos numéricos. Para isto, exige-se, em primeiro lugar, o conhecimento das características e variabilidade da precipitação no Nordeste brasileiro, que inclui a média climática, o desvio padrão e a frequência da distribuição das escalas em tempo e espaço da precipitação. Em seguida, as escalas em espaço e tempo de outros parâmetros meteorológicos associados, ao vento, à temperatura e ao vapor d'água são necessárias, uma vez que a precipitação é um parâmetro difícil de ser modelado. Esta fase é bastante importante na avaliação da aplicabilidade das várias teorias. Finalmente, as características dos vários termos de ordem superior, como quantidade de movimento e fluxos de calor também são necessários. Os estudos de modelagem podem ser usados "*inter alia*", para a especificação das exigências que os dados devam preencher, à realização de estudos climáticos.

RECOMENDAÇÕES

1. Realizar um programa de estudos de sensibilidade e previsibilidade para conhecer os mecanismos responsáveis pela variabilidade de climática no Nordeste brasileiro.
2. Desenvolver e utilizar modelos regionais de processos e globais para simular o clima básico e sua variabilidade no Nordeste brasileiro.
3. Desenvolver uma equipe de pessoal científico qualificada na área de modelagem e simulação.
4. Dispor de um centro de computação dedicado, com um computador, de velocidade entre 10 - 50 MIPS, juntamente com os periféricos e as facilidades gráficas adequadas.

VI - PROGRAMAS BILATERAIS E INTERNACIONAIS

O Projeto de Previsão de Secas para o Nordeste do Brasil deve ser considerado no contexto geral de uma programação brasileira sobre estudos climáticos, que inclua o Programa do Trópico Semi-árido e o Programa do Trópico Úmido.

O Programa Mundial do Clima (WCP) abrange uma grande gama de atividades como dados, aplicações, estudos de impacto e um programa de pesquisa. O WCP está sendo planejado e implantado pelos países membros da Organização Meteorológica Mundial (OMM) e de outras organizações internacionais (por exemplo: Conselho Internacional de União Científicas (ICSU), Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP), Organização para Alimentação e Agricultura (FAO), Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), Organização Mundial de Saúde (WHO), (entre outras).

Os aspectos, a seguir, embora voltados principalmente para o Projeto de Previsão de Secas, podem ser aplicáveis a outros problemas nacionais (por exemplo: os aspectos climáticos da colheita de floresta tropical). Recomenda-se que o Brasil participe plenamente do planejamento e da implantação do WCP.

Algumas das atividades podem ser realizadas através de acordos bilaterais com outro país que enfrenta problemas similares ou tenha recursos técnicos ou humanos necessários a consecução do programa brasileiro. Uma outra alternativa seria o eventual estabelecimento de um centro sul-americano, com a participação de todos os países do continente.

O Brasil pode participar do WCP de dois modos:

1. usando dados, informações, metodologias, resultados e recursos tecnológicos de outros países; e

2. contribuindo com o programa internacional através de fornecimento de dados, informações e resultados de seus próprios programas.

Apresentam-se, a título de ilustração, exemplos de uma possível participação internacional, nos quatro programas componentes do WCP.

Programa Mundial de Dados Climáticos (WCDP)

1. O Projeto de Previsão de Secas deve especificar as exigências dos dados necessários e solicitar a WCP a coordenação e os meios de adquirir esses dados de fontes internacionais.
2. O Brasil deve organizar e tornar disponíveis os dados brasileiros exigidos pelo WCP, os quais podem enquadrar-se nas seguintes classificações gerais:
 - a. dados obtidos através do Sistema Global de Telecomunicações (GTS) da Vigilância Mundial do Tempo (WWW), implicando em uma contínua expansão e melhoramento do GTS;
 - b. dados de anos anteriores para centros internacionais;
 - c. dados coletados e arquivados no Brasil e disponíveis quando solicitados.

Programa Mundial de Aplicações Climáticas (WCAP)

1. O Projeto de Previsão de Secas pode ser considerado um projeto piloto* do WCAP e será um valioso teste de verificação de técnicas e metodologias na aplicação de Dados Climáticos em produção de alimentos e recursos hídricos.

* *Vários projetos pilotos de países em desenvolvimento estão sendo planejados dentro do WCAP e caracterizados por uma abordagem integrada de atividades, como processamento de dados, estudos observacionais e aplicações.*

2. As metodologias de aplicações e o material de treinamento desenvolvidos dentro do Projeto serão úteis a programas de outros países e deveriam ser trocados através do WCAP.

Programa Mundial de Estudos sobre Impactos Climáticos (WCIP)

O Projeto de Previsão de Secas é um excelente teste para o WCIP, pois aborda um problema específico - o da previsão de secas. O impacto de mudanças climáticas na estrutura sócio-econômica da área pode ser mais facilmente tratado do que em casos mais complexos (por exemplo: envolvendo mais que um país). Este aspecto do programa pode ser mais relacionado ao Programa do Trópico Semi-árido do que ao limitado Projeto de Previsão de Secas.

Programa Mundial de Pesquisas Climáticas (WCRP)

1. O Projeto de Previsão de Secas deve utilizar, o máximo possível, modelos desenvolvidos por outros países participantes do WCP, procurando adaptá-los às necessidades do Projeto. Os seguintes mecanismos são possíveis:
 - a. O treinamento pós-doutoramento deve ser feito em Instituições estrangeiras;
 - b. Deve haver adaptação de modelos a computadores disponíveis, ao Projeto, no Brasil.
 - c. Deve haver um esforço combinado entre cientistas e Instituições estrangeiras, visando o desenvolvimento de modelos e testes dos mesmos em computadores de grande porte existentes no exterior.
2. As Pesquisas a serem realizadas no Projeto de Previsão de Secas devem complementar e dar continuidade a pesquisas já em andamento no Brasil; os resultados das pesquisas devem ser expostos

ã comunidade mundial atravēs nã sã da WCP, mas tambēm de publi
cações científicas.

As atividades de pesquisa podem incluir:

- a. desenvolvimento de modelos;
- b. estudos de sensibilidade e previsibilidade utilizando esses modelos;
- c. estudos diagnósticos.

VII - TREINAMENTO

A necessidade de promover cursos de treinamento e aperfeiçoamento de pessoal em todas as etapas do Projeto de Previsão de Secas, e de obter facilidades de suporte, como uma biblioteca técnica, foi conhecida como indispensável para assegurar o sucesso do mesmo. As principais áreas a serem enfatizadas são Ciências Atmosféricas, Oceanografia Física e Hidrologia, com especial atenção à área educacional.

A. CIENTISTAS PESQUISADORES E CORPO DOCENTE UNIVERSITÁRIO (Doutorado)

Apesar de haver, atualmente, poucas Instituições que mantêm um programa de doutorado em Hidrologia, há somente uma no País, capaz de formar pessoal a esse nível na área de Ciências Atmosféricas. Assim sendo, o programa nacional exige uma crescente mão-de-obra nessas disciplinas.

Para aliviar o problema, propõem-se três estratégias simultâneas para formar doutores em um futuro próximo:

- . a curto prazo (visa a produção de resultados dentro de um período de 2 anos) - um programa no qual cientistas com título de doutor em Física ou Engenharia deveriam ser formados, a nível de pós-doutorado, nas áreas de Ciências Atmosféricas, Oceanografia Física e Hidrologia, no exterior ou em Instituições brasileiras creditadas. Este passo é direcionado principalmente para a área teórica de modelagem.
- . a médio prazo (expansão de programas atuais voltados para a produção de resultados dentro de um período de 5 anos) - um programa no qual brasileiros com níveis de mestrado e bacharelado nas áreas de Meteorologia, Matemática, Física e Engenharia são enviados ao exterior, para a obtenção do título de doutor.

- . a longo prazo (a tornar efetivo em 10 ou mais anos) - estabelecer programas de doutorado em algumas e selecionadas Instituições nacionais. Recomenda-se que cursos de pós-doutorado no exterior sejam oferecidos, a intervalos razoáveis, a cientistas pesquisadores com títulos de doutor.

B. CIENTISTAS DE APOIO (Mestrado e Bacharelado)

Há várias Instituições nacionais formando pessoal, nesses níveis, em várias disciplinas. Recomenda-se especial atenção no sentido de promover e garantir a formação de pessoal qualificado, mantendo um equilíbrio entre o número de bacharéis formados e a necessidade do mercado de trabalho.

O potencial de emprego para pessoal a nível de mestrado e bacharelado cobre uma grande faixa do espectro de trabalho. Por exemplo, a experiência mostra que bacharéis em Ciências Físicas podem ser treinados com sucesso para atividades de programação de computadores.

Quando não houver disponibilidade de treinamento adequado em certas áreas no Brasil, deve-se planejar para que este ocorra no exterior; por exemplo: na área de gerenciamento de dados.

C. TÉCNICOS

A presente infra-estrutura educacional brasileira, de um modo geral, forma pessoal de bom nível técnico, além de prever, em casos especiais, treinamento em serviço.

D. OBSERVAÇÕES

Para formar observadores geofísicos, é necessária uma infra-estrutura adequada.

APÊNDICE A

DISPONIBILIDADE DE DADOS CLIMATOLÓGICOS

(Contribuição ao "Workshop" submetida
pelo INPE)

Desde o início de sua implantação, na década de 50, a rede de observação de ar superior no Brasil tem sido gradualmente ex p a n d i d a até implantação de várias estações, no Nordeste do País, em 1969. Dados de altitude estão atualmente sendo processados e colocados em fitas magnéticas, na forma conveniente, para uso no futuro.

Dados de precipitação em cerca de 2000 estações, no Nordeste, estão também sendo processados e transcritos em fitas magnéticas. Muitas estações foram instaladas na década de 60, outras têm registros de até 60-70 anos e poucas têm registros, que excedem 100 anos.

Dados de superfície estão sendo processados, sendo que os referentes ao período de 1961 a 1970, de todas as estações brasi leiras já estão disponíveis em fita magnética. Por outro lado, dados para o período anterior a 1961, estão sendo gradualmente processados e colocados à disposição dos usuários. Algumas estações no Nordeste têm registros de dados de superfície de cerca de 60 anos, já à dispo sição dos pesquisadores.

Dados de satélite de órbita polar são recebidos e arqui vados desde 1968. Recentemente, no início de 1980, iniciou-se a recep ção e arquivamento de dados de satélites geostacionários.

Além dos dados disponíveis no Brasil, processados ou não e já descritos, outros foram adquiridos de outras fontes. Dados de altitude e superfície para toda a América do Sul, de 1968-1976, fo ram comprados do National Climatic Center (NCC), Asheville, N.C. Es

ses dados originaram-se de mensagens de teletipo, transmitidos através do Sistema Global de Telecomunicações (GTS), em tempo real, e que se encontram, em geral, na forma original.

Cópias em microfilmes de cartas de superfície e altitude para os hemisférios Norte e Sul também foram adquiridos junto ao NCC. Em acréscimo, cópias de dados de satélite de órbita polar, em microfilmes, na forma de mosaicos, foram recentemente adquiridos e incorporados ao acervo brasileiro de dados.

Reconhecendo a importância que os dados desempenham na pesquisa meteorológica, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) formou uma comissão especial para supervisionar o processamento de dados. Esta comissão estabelecerá critérios uniformes de controle de qualidade dos dados e recomendará meios pelos quais será possível um rápido acesso às informações pelos grupos de pesquisa.

APÊNDICE B

PESQUISA METEOROLÓGICA NO BRASIL

(Contribuição ao "Workshop" submetida
pelo INPE)

No Brasil, a comunidade meteorológica, envolvida em trabalho de pesquisa é pequena. Há somente 15 profissionais com grau de doutor e cerca de 40 com títulos de mestre.

Há 5 grupos principais em Meteorologia trabalhando nos vários aspectos do clima do Nordeste brasileiro.

- INPE/CNPq - O Instituto de Pesquisas Espaciais do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, tem um Departamento de Meteorologia com um grupo de pesquisadores que conta com 7 doutores e 11 mestres. O INPE mantém, também, uma Divisão de Engenharia para aplicações de satélites meteorológicos e um programa de pós-graduação em Meteorologia a nível de mestrado e doutoramento (até o presente, foram conferidos 25 títulos de mestre, e atualmente há 21 estudantes no programa de mestrado e 7, no programa de doutoramento).
- IAG/USP - O Instituto de Astronomia e Geofísica da Universidade de São Paulo têm um Departamento de Meteorologia com um corpo de 5 doutores e 3 mestres em Meteorologia. Mantém um curso de graduação, bem como um programa de mestrado na área de Meteorologia.
- CCT/UFPb - O Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, em Campina Grande, tem um grupo de 2 doutores e 10 mestres em Meteorologia, com programas de graduação e de mestrado. O grupo está envolvido no processamento de dados de altitude do Nordeste brasileiro.

- IAE/CTA - O Instituto de Atividades Espaciais do Centro Técnico Aeroespacial, do Ministério da Aeronáutica tem um grupo de pesquisadores (5 mestres) em Meteorologia, que atualmente está envolvido em processamento de dados meteorológicos e realiza experimentos de semeadura de nuvens no Nordeste.
- CETEC - O Centro Tecnológico do Estado de Minas Gerais está iniciando atividades de pesquisa com um grupo de 1 doutor e 3 mestres em Meteorologia.

Ao lado destas instituições, há várias universidades com programa de graduação e realizando atividades de pesquisas, se bem que de forma incipiente. São elas:

- IPM/FEB - O Instituto de Pesquisas Meteorológicas da Fundação Educacional de Bauru é o único grupo trabalhando em Meteorologia com radar.
- IGC/UFRJ - O Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro têm um Departamento de Meteorologia com cursos de graduação em Meteorologia, desde 1964.
- NCGG/UFPa - O Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas da Universidade Federal do Pará iniciou um programa de graduação em Meteorologia, em 1976. A pesquisa em andamento esta voltada para a compreensão do clima da Amazônia.
- INPA/CNPq - O Instituto de Pesquisas da Amazônia, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, está realizando alguns estudos relacionados com o intercâmbio de massa de energia e de quantidade de movimento, através do sistema solo-floresta-atmosfera. Para este propósito, o Instituto instalou uma torre de 40 metros no meio da floresta.
- UFV - A Universidade Federal de Viçosa, dá ênfase em Agrometeorologia.

- ESALQ - A Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, tem um programa de graduação em Agrometeorologia.

As instituições mais conhecidas com alguns envolvimento na área de pesquisa agrometeorológica são:

- IAC - Instituto de Agrônomo de Campinas e
- IPAGRO - Instituto de Pesquisas Agronômicas do Rio Grande do Sul.

As instituições que recentemente iniciaram programas de graduação em Meteorologia são:

- UFPEl - Universidade Federal de Pelotas e,
- UFAI - Universidade Federal de Alagoas;
- UFC - Universidade Federal do Ceará, que através de seu Departamento de Física e Matemática está contribuindo com estudos estatísticos sobre a distribuição de precipitação no Nordeste brasileiro.
- FUNCEME - Fundação do Estado do Ceará para Meteorologia e Precipitação Artificial, que mantém operacional um programa de semeadura de nuvens no Estado do Ceará.

As organizações responsáveis pelo aspecto operacional de Meteorologia no País são:

- INEMET - Instituto Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura que é responsável pelas previsões diárias, mantendo uma rede de estações climatológicas de superfície. Apõia a rede de ar superior e tem realizado estudos climatológicos (p. ex.: os trabalhos de Serra).

- DEPV - Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Vôo do Ministério da Aeronáutica, que opera uma rede de estações de ar superior e emite previsões para a aviação.
- DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação do Ministério da Marinha é responsável pelas previsões da região do Oceano Atlântico Sul.

LISTA DE PESSOAL CIENTÍFICO

INPE/CNPq

- A.D. Moura, Ph.D., Massachusetts Institute of Technology, 1974
- C.M. Dixit, M.Sc., Nagpur University, India, 1941
- C.A. Nobre (atualmente no programa de doutoramento no Massachusetts Institute of Technology)
- K. Hada, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1974 (atualmente no programa de doutoramento na University of Michigan)
- L.C.B. Molion, Ph.D., University of Wisconsin, 1975
- L.G. Meira Filho, Ph.D. University of Colorado, 1969
- M.A.M. Lemes, M.Sc., University of Wisconsin, 1975
- M. Elias, M.Sc., University of Colorado, 1973
- M.T. Kagano, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1979
- M. Fortune, M.Sc., University of Wisconsin, 1978
- N.J. Ferreira, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1978
- P. Satyamurty, M.Sc., Andhra University, 1965
- P. Bonatti, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1979
- R.P. Santos, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1973
- S. Srivatsangan, Ph.D., Colorado State University, 1975
- V.B. Rao, Ph.D., Andhra University, 1969
- V.E. Kousky, Ph.D., University of Washington, 1970
- Y. Viswanadham, Ph.D, Andhra University, 1965
- Y. Yamazaki, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1974

IAG/USP

- C.L. Ting, Ph.D., McGill University, 1974
- H.S. Chien, Ph.D., Purdue University, 1975
- E.S. Caetano, M.Sc., Universidade de Campinas, 1978 (Física)
- M.A. Dias, Ph.D., Colorado State University, 1979
- M. Moraes, Ph.D., University de São Paulo, 1979 (Hidrologia)
- O. Massambni, M.Sc., Centro de Rádio Astronomia e Astrofísica do Mackenzie, 1977 (Rádio Ciência) atualmente no programa de doutoramento na McGill University
- P.L.S. Dias, Ph.D., Colorado State University, 1979
- P.M. Santos, M.Sc., Centro de Rádio Astronomia e Astrofísica do Mackenzie, 1972 (Rádio Ciência)

CCT/UFPb

- G.O. Lucena, M.Sc., Universidade Federal da Paraíba, 1979 (Recursos Hídricos)
- G.N. Sobrinho, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1975
- H.S. Rathor, Ph.D., University of Chicago, 1968
- J. Ceballos, Lic. Física, Universidade de Tucumã, 1966
- J.F. Lima, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1975
- J.O.R. Aragão, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1975
- K. Ragavan, B.Sc., India, 1944
- M.A.V. Silva, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1976
- M.F. Gomes Filho, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1979
- M.R. Aragão, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1977
- P. Chamker, Ph.D., Andhra University, 1972

- P.V. Azevedo, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1974
- T.V.R. Rao, M.Sc., Andhra University
- Z.R. Sobral, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1979

IAE/CTA

- C. Girardi, Lic. Met., Universidad Buenos Aires, 1961
- D.M.G. Strang, B.Sc., University of California, 1948
- R.P.L. Ramos, M.Sc., Colorado State University, 1975
- U. Belculfinē, M.Sc., Colorado State University, 1973
- V.A. Perdiz, M.Sc., Instituto de Tecnologia Aeroespacial, 1973
(Ciência Aeroespacial)

CETEC/MG

- F.C. Almeida, Ph.D., University of Wisconsin, 1975
- G.S.S. Nunes, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1976
- H.M.T. Nunes, M.Sc., Florida State University, 1971
- T. Morimoto, M.Sc., Instituto de Pesquisas Espaciais, 1979

APÊNDICE C

O CLIMA SECO DO NORDESTE BRASILEIRO - UM BREVE LEVANTAMENTO DE ALGUNS ESTUDOS FEITOS NO BRASIL

Os eventos de seca no Nordeste Brasileiro são relatados desde o século XVII. O interesse em explicá-los tem aumentado bastante desde então. Alguns estudos científicos foram publicados no Brasil (p.ex.: Derby, 1885; Hann, 1911; Hull, 1942; Oliveira, 1878; Pompeu, 1859; Sampaio Ferraz, 1925; Serra, 1946; Strang, 1972; Weber, 1911; Aragão, 1975; Gomes Filho, 1979) e em revistas internacionais (p.ex.: Ackemann, 1900; Freise, 1938; Fukui, 1970; Hastenrath e Heller, 1977; Hastenrath, 1978; Covey e Hastenrath, 1978, Kousky, 1979; Markham, 1973; Mossman, 1919; Namias, 1972; Ramos, 1975; Ratisbona, 1976; Walker, 1928; Yamazaki e Rao, 1977), mas um entendimento completo do clima básico e sua variabilidade, bem como o aspecto de previsão de eventos extremos ainda não foi alcançado.

Uma narrativa dramática do modo de vida dos nordestinos é encontrado no clássico "Os Sertões", de Euclides da Cunha.

Os trabalhos de Denis (1909) e Hull (1942) tentaram estabelecer uma relação entre a frequência dos mínimos de manchas solares e a ocorrência de secas no Nordeste. Vários trabalhos de Serra (1945, 1973), que estão nas mesmas linhas de Namias (1972), tentam estabelecer correlações entre as diversas variáveis (p.ex.: pressão), em certas localidades do globo, e a distribuição de chuvas no Nordeste brasileiro. Algumas influências locais da topografia e do albedo nos movimentos verticais foram estudadas por Gomes Filho (1979); a influência de ventos locais e a brisa marítima foi abordada por Kousky (1980, a ser publicado); influências frontais no regime de precipitação no Nordeste foram discutidas por Kousky (1979); e a penetração de aglomerados de nuvens do Atlântico e sua influência em provocar precipitação no Nordeste foram estudadas por Yamazaki e Rao (1977).

A atmosfera do Nordeste brasileiro não deve ser considerada como um sistema isolado. O acoplamento entre os sistemas sinóticos de latitudes médias e a circulação sobre o Nordeste brasileiro deve ser estudado. Acredita-se que os modelos de circulação geral possam ser úteis para testar hipóteses e estabelecer correlações de variáveis meteorológicas em áreas remotas do globo, uma vez que explicam os eventos de precipitação do Nordeste brasileiro. O mais importante, como já foi mencionado, é a disponibilidade de longos registros de informações. Alguns esforços no sentido de reunir esses dados já foram iniciados.

LISTA DE ALGUMAS PUBLICAÇÕES REFERENTES AO PROBLEMA
DA SECA DO NORDESTE BRASILEIRO

- ACKERMAN, E. The climate and diseases of northern Brazil *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 26: 288-291, 1900.
- ALDAZ, L. *A partial characterization of the rainfall regime of Brazil*. Rio de Janeiro, DNMET, 1971, vol. 1 (Brasil. SUDENE. Publicação Técnica, 4)
- . Análise dos períodos chuvosos. In: SEMINÁRIO SOBRE SECAS E CHEIAS NO NORDESTE DO BRASIL, Recife, 1971.
- ALENCAR, J. de As secas no Ceará. *Fauna*, 2 (6): 38, 1943.
- ALVES, J. Clima cearense. *Revista da Sociedade Cearense de Geografia e História*, 5 (1): 33-46. 1939.
- ARAGÃO, J.O.R. de *Um estudo da estrutura das perturbações sinóticas do nordeste do Brasil*. Dissertação de mestrado, São José dos Campos, INPE, 1975. (INPE-789-TPT/017).
- BEAUREPAIRE ROHAN, H. de *As secas do Ceará*. Rio de Janeiro, Typ. Impr. e Const. de J. Villeneuve, 1877.
- BRANNER, J.C. Aggraded limestone plains of the interior of Bahia and the climate changes suggested of them. *Bulletin Geological Society of America*, 22: 187-206, 1911.
- BRASIL. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. *Mapas pluviométricos do nordeste do Brasil*. s.l., 1969, vol. 1.
- . *Observações pluviométricas do Nordeste do Brasil*. s.l., 1969. vol. 2.

- BRASIL. Escritório de Meteorologia. *Atlas climatológico*. (Reedição de mapas selecionados). Rio de Janeiro. IBG. Divisão de Cartografia, 1969. vol. 1.
- . *Contribuição ao estudo da climatologia do Nordeste*. Rio de Janeiro, 1969.
- CALHEIROS GOMES, D. *Chuva artificial e o problema das secas do Nordeste; parecer sobre o projeto nº 794-1951 do Deputado Virgílio Tavora*. Rio de Janeiro, Serviço de Meteorologia, 1952.
- CAPANEMA, G.S. de Apontamentos sobre secas do Ceará. Rio de Janeiro, 5.c.p., 1278.
- CAVIEDES, C.N. Secas and El Niño. Two simultaneous climatological hazards in South America. *Proc. Assoc. Amer. Geog.* 5:44-49. 1973.
- COLORADO STATE UNIVERSITY. Dept. of atmospheric science. *Comments in the northeast Brazil. Project by the 1969 class in the atmosphere and water cycle*. Colorado, 1969. (Report. Colorado State University, 3)
- CARVALHO, O. Plano Integrado para o Combate Preventivo aos Efeitos das Secas no nordeste. In: CARVALHO, O. *Uma avaliação dos Métodos de Previsão de Secas para o Nordeste do Brasil*. Ministério do Interior 1973, cap. 7, Série Desenvolvimento Regional nº 1:193-229.
- COSTA, J.R.P. da *A nucleação artificial da atmosfera como contribuição na luta contra as secas*. s.l Bureau de Estudos das Secas, 1953.
- COVEY, D.L.; HASTENRATH, S. The Pacific El Niño phenomenon and the Atlantic circulation. *Monthly Weather Review*, 106 (9) :1280-1287, sept. 1978.

- CRANDALL, R. General Geography and climate of northeastern Brazil. In: ATTI CONGRESSO INTERNAZIONALE DI GEOGRAFIA, 10., Roma, 1913. p. 966-975.
- CUNHA, E. da *Os Sertões* (Campanha de Canudos). Rio de Janeiro, Francisco Alves, 1940.
- DEAN, G.A. *The three dimensional wind structure over South America and Associated rainfall over Brazil*. Florida, Florida State University. Dept. of Meteorology, 1971. (Report nº 71)
- DENIS, P. Le Ceará. *Annales de Geographie*, 18 : 46-62, 1909.
- DERBY, O.A. As manchas solares e as secas. *Revista de Engenharia*, 8: 112-114, 1885.
- DRAENERT, F.M. Zun Klima des Staates Ceará, Brasilien. Das Klima von Quixeramobim (Ceará). *Meteorologische Zeitschrift*, 19(12):552-559, Dez. 1902.
- FREISE, F.W. The drought region of northeastern Brazil. *The Geographical Review*, 28 (3): 363-378, July 1938.
- FUKUI, E. Climate in the northeastern part of Brazil. *Tokyo Geography Paper*, 14: 11-29, 1970.
- GOMES FILHO, M.F. *Um estudo sobre a influência do albedo diferencial e da orografia na circulação atmosférica: uma aplicação para o nordeste brasileiro*. Dissertação de mestrado, São José dos Campos, INPE, 1979. (INPE-1640-TDL/015).
- GOMES, P. Vencendo a seca. *Nordeste Agrícola*, 1(5/7):28-130, 1936.
- HANN, J. Meteorologia e climatologia do Ceará, 1876-1909. Rio de Janeiro, 1911. *Suppl. Boletim Telegraphico*, 21.

- HASTENRATH, S. On the upper-air circulation over the Equatorial America. *Archiv fur Meteorologie Geophysik und Bioklimatologie. Série A*, 25:309 - 321, 1977.
- . On modes of tropical circulation and climate anomalies. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 35(12):2222-2231, Dez. 1978.
- HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. *Quartely Journal Royal Meteorological Society*, 103 (435): 77-92, Jan. 1977.
- HASTENRATH, S.; LAMB, P. *Climatic atlas of the tropical Atlantic and Eastern Pacific Oceans*. Madison, WI, University of Wisconsin Press, 1977.
- . *Heat budget atlas of the tropical Atlantic and eastern Pacific Oceans*. Madison, WI, University of Wisconsin Press, 1978.
- HENRY, A. The rainfall of Brazil. *Monthly Weather Review*, 50 (8): 412-417, sug. 1922.
- HULL, F.R. A frequência das secas no estudo do Ceará e sua relação com frequência dos anos de manchas solares mínimas. *Boletim da Secretaria da Agricultura e Obras Públicas*, 4: 58-63, 1942.
- JONES, R.H.; KEARNS, J.P. Fortaleza, Ceará, Brasil rainfall. *Journal Applied Meteorology*, 15 (3):307-308, Mar. 1976.
- KOUSKY, V.E. Frontal influences on northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, 107 (9): 1140-1153, Sept. 1979.
- KOUSKY, V.E.; CHU, P.S. Fluctuations in Annual rainfall for northeast Brazil. *Journal Meteorological Society Japa*, 56(5):457-465, 1978.

- LIMA, J.F. *Estudos de características estatísticas de precipitações pluviométricas*. Dissertação de mestrado, São José dos Campos, INPE, 1975. (INPE-702-TPT/007).
- MAGARINOS TORRES, F.E.; SAMPAIO FERRAZ, J. de Contribuição para o regime das chuvas no nordeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA, 9., 1942. Anais.
- MAIO, C.R. Map of the index of aridity of northeastern Brazil. *Revista Geográfica do Instituto Pan-Americano de Geografia e História*, 19(45): 1-148, 1956.
- MAKSoud, H. O estudo atual dos conhecimentos sobre os recursos de água no Nordeste. *Revista Brasileira de Geografia*, 23 (1) : 3-119, Jan/mar. 1961.
- MARKHAM, C.G. *Climatological aspects of droughts in northeastern Brazil*. Ph.D. Thesis, Los Angeles, University of California, 1967.
- . Apparent periodicities in rainfall at Fortaleza, Ceará, Brazil. *Journal of Applied Meteorology*, 13 (1):176-179, Feb. 1974.
- MARKHAM, C.G.; MCLAIN, D.R. Sea surface temperature related to rain in Ceará, northeastern Brazil. *Nature*, 265(5592):320-323, Jan. 1977.
- MARQUES DE CARVALHO, M. *Apreciação das causas físicas da seca do Ceará e outras províncias limitrofes*. Rio de Janeiro, s.ed., 1877.
- MOLION, L.C.B.; MOURA, A.D. *Um enfoque dos problemas climáticos do Brasil*. São José dos Campos, INPE, 1977. (INPE-1109-PE/083).
- MOSSMAN, R.C. Drought in Ceará, Brazil in 1919. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 46(193), 1920.

———. Rainfall of Fortaleza, Ceará. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 45 (189): 69-79, 1919.

NAMIAS, J. Influence of Northern Hemisphere circulation on drought in northeast Brazil. *Tellus*, 24 (4):336-343, 1972.

NIMER, E. Circulação atmosférica do Nordeste e suas consequências - o fenômeno das secas. *Revista Brasileira de Geografia*, 26 (2): 147-157, abr./jun. 1964.

———. Climatologia da região nordeste do Brasil, introdução à climatologia dinâmica. *Revista Brasileira de Geografia*, 34 (2):3-51, abr/jun 1972.

OLIVEIRA, A.J. Seca do Ceará. Açudes. *Revista do Instituto Polytécnico Brasileiro*, 13: 83, 1878.

PEREIRA DE CASTRO, J.A. Açude de Orós. Meteorologia (Hidrologia). Boletim da Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas, 7(2):63-78, abr/jun, 1937.

POMPEU, T. *Memória sobre a conservação das matas e arboricultura como meio de melhorar o clima da província do Ceará*. Fortaleza, Typ. Brasileira de Paiva, 1859.

RAMOS, R.L.P. Precipitation characteristics in the northeast Brazil Dry Region. *Journal Geophysical Research*, 80(12): 1665-1678, Dez. 1975.

RATISBONA, C.R. The climate of Brazil In: W. Schwerdtfeger and H.E. Landsberg. *Climates of Central and South America* Elsevier, World Survey of Climatology, 1976, vol. 12, 219-293.

SAMPAIO FERRAZ, J. de A atual seca nordestina. *Revista Brasileira de Geografia*, 15(1): 162-164, jan/mar 1953.

- . *Causas prováveis das secas do nordeste brasileiro*. Rio de Janeiro, 1925.
- . Sir Gilbert Walker's formula for Ceará's droughts: suggestion for its physical explanation. *Meteorological Magazine*, 64 (760): 81-84, May 1929.
- SEREBRENICK, S. *Aspectos geográficos do Brasil*. (O clima, a terra e o homem). Rio de Janeiro, Serviço de Informação Agrícola, 1942.
- SERRA, A.B. *Aspectos estatísticos das secas nordestinas*. Rio de Janeiro, Departamento Nacional de Meteorologia, 1973.
- . *Meteorologia do nordeste brasileiro*. Tese preparada para a IV Assembléia Geral do Instituto Pan-Americano de Geografia. Rio de Janeiro, IBGE, 1945.
- . *Previsão das secas nordestinas*. s.l., Banco do nordeste do Brasil, 1973.
- . *As secas do nordeste*. Rio de Janeiro, Serviço de Meteorologia, 1964.
- . Testes estatísticos para a previsão das secas nordestinas. *Boletim Geográfico*, 32 (233): 78-104, mar/abr 1973.
- STERNBERG, H.O. Aspectos da seca de 1951 no Ceará. *Revista Brasileira de Geografia*, 13 (3): 327-369, jul/set 1951.
- . Geography's contribution to the better use of resources. In: AMERICAN ASSOC. FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *The future of arid land*. Washington, DC., 1966. p. 200-220.
- STRANG, D.M.G. *Análises climatológica da precipitação no nordeste do Brasil*. São José dos Campos, CTA, 1972. (Relatório EAF-M-02/72).

WALKER, G.T. Ceará (Brazil) famines and the general air movement.
Beitrage zur Physik der Frein Atmosphere, 14: 88-93, 1928.

WEBER, O. *Meteorologia e Climatologia do Estado do Ceará*, 1896-1909.
Rio de Janeiro, Imprensa Nacional, 1911.

YAMAZAKI, Y.; VADLAMUDI, B.R. Tropical cloudiness over the south
Atlantic ocean. *Journal of the Meteorological Society of Japan*,
55(2): 205-207, Apr. 1977.

APÊNDICE D

O PROGRAMA MUNDIAL SOBRE O CLIMA (WCP)

por J. Rasmussen, OMM

O Oitavo Congresso Mundial em Meteorologia estabeleceu o Programa Mundial sobre o Clima. Este programa consiste dos seguintes aspectos:

- Programa Mundial de Dados Climáticos (WCDP)
- Programa Mundial de Aplicação Climática (WCAP)
- Programa Mundial de Impactos Climáticos (WCJP)
- Programa Mundial de Pesquisas Climáticas (WCRP)

O esboço para o WCP é apresentado na Publicação da OMM, número 540, que foi distribuída no "Workshop". O Projeto de Previsão de Secas para o Nordeste do Brasil é potencialmente um elemento importante na participação total do País no WCP.

PROGRAMA MUNDIAL DE PESQUISAS CLIMÁTICAS (WCRP)

Os objetivos desse programa são determinar:

1. até que ponto o clima pode ser previsto; e
2. a extensão das influências exercidas pelo homem sobre o clima.

Esse programa é um desenvolvimento posterior do trabalho coordenado internacionalmente pelo Programa de Pesquisa Atmosférica Global da OMM/ICSU. É orientado por um Comitê Científico Conjunto.

Muitos dos objetivos do projeto, propostos para previsão de secas do Nordeste brasileiro são de natureza de pesquisa e se enqua

dram dentro WCRP. Os vários simpósios, "workshops", reuniões especializadas, científicos internacionais, organizados dentro do WCRP poderiam contribuir para o programa brasileiro e, por outro lado, o WCRP beneficiar-se-ia com as contribuições dos cientistas brasileiros, que atualmente trabalham na área.

PROGRAMA MUNDIAL DE APLICAÇÕES CLIMÁTICAS (WCAP)

Este componente do WCP está voltado para um futuro desenvolvimento de serviços climáticos aplicados. A aplicação de dados climáticos às atividades nacionais nos setores de água, alimentos, energia e saúde, pode constituir uma importante contribuição ao desenvolvimento e solução de problemas brasileiros. As linhas principais de atividade previstas no WCAP são:

1. desenvolver metodologias novas e melhoradas para aplicações de dados e informações climáticas;
2. despertar a consciência dos usuários para os benefícios, em potencial, da utilização de dados e serviços climáticos;
3. desenvolver métodos e técnicas para a disseminação internacional de informações;
4. desenvolver mecanismos internacionais para o treinamento de pessoal técnico nas áreas de aplicações, processamentos de dados, etc.;
5. organizar alguns projetos pilotos relacionados a problemas específicos na aplicação de dados e informações climáticas, com prioridade em produção de alimentos e recursos hídricos.

O Projeto de Previsão de Secas para o Nordeste do Brasil inclui, de um modo bem específico, os objetivos do WCAP e se enquadra dentro do conceito de um projeto piloto. As informações relativas

ao planejamento, implantação e resultados deste Projeto podem encontrar aplicações internacionais mais amplas.

A OMM tomou a posição de liderança em planejar este componente do WCP, mas devido à natureza dos objetivos, muitas outras organizações internacionais serão envolvidas (FAO, UNESCO, WHO, etc).

PROGRAMA MUNDIAL DE IMPACTOS CLIMÁTICOS (WCIP)

O objetivo deste componente é salientar a importância das considerações climáticas na formulação de uma política nacional de alternativas. O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) assumiu a responsabilidade de planejar e implementar os aspectos internacionais desse programa que envolverá estudos regionais, bem como globais. O Programa certamente inclui essa dimensão do impacto a nível nacional.

PROGRAMA MUNDIAL DE DADOS CLIMÁTICOS (WCDP)

O objetivo deste programa é melhorar a disponibilidade de dados para aplicações em estudos de pesquisa de impacto. Há esforços internacionais para:

1. determinar as exigências de observações para o WCAP, WCIP e WCRP;
2. localizar e instalar instrumentos de observação e tornar esses dados internacionalmente disponíveis;
3. organizar os países no sentido de estabelecer, manter e melhorar as redes de observação: as observações do oceano e os sistemas de observação de plataformas espaciais de modo que os dados preencham os pré-requisitos;
4. preparar e implementar um plano internacional de gerenciamento de dados;

5. promover nova tecnologia, incluindo programas espaciais, para contribuir para um banco de dados climáticos.

O Projeto de Previsão de Secas para o Nordeste do Brasil exigirá dados de uma grande área (possivelmente global) e outros so mente do Brasil. O intercâmbio de dados pode ser coordenado através da WCDP.

APÊNDICE E

O MONITORAMENTO E A PREVISÃO DE SECAS NO NORDESTE BRASILEIRO

por Stefan Hastenrath,
Universidade de Wisconsin

Uma característica proeminente da circulação de superfície do setor brasileiro do Atlântico Tropical é uma região ampla de cavado de baixa pressão, zonalmente orientada, na qual está o eixo de confluência entre os anticiclones quase permanentes do Atlântico sul e norte. O complexo de circulação migra sazonalmente, alcançando sua posição mais austral - ainda no Hemisfério Norte - durante os fins de março, coincidente com a estação chuvosa do Nordeste brasileiro, a qual está atualmente centrada nos meses de março/abril.

Anos de seca no Nordeste brasileiro são caracterizados por uma expansão da alta do Atlântico sul na direção do equador e por uma retração da alta do Atlântico norte, na direção do polo, e associada com uma posição anormalmente mais ao norte do cavado equatorial de baixa pressão, e da banda da convergência. Durante os anos de abundante precipitação no Nordeste brasileiro, são observadas configurações anômalas opostas sobre o Atlântico. Desvios característicos nas circulações de grande escala, atmosférica oceânica, desenvolvem-se antecedendo a estação chuvosa de março/abril. A análise espectral identifica as escalas de tempo preferenciais para a variabilidade e acoplamentos em grande escala.

Estudos diagnósticos formam a base para a seleção de parâmetros promissores para a previsão de eventos extremos. Entre os indicadores mais importantes estão a distribuição da pressão (especialmente sobre o Atlântico sul e o lado equatorial da alta do Atlântico norte), vento no cinturão equatorial, nebulosidade no Atlântico norte equatorial e precipitação nas Guianas. O monitoramento desses indicadores e o processamento sistemático de dados, em tempo quase-real, são pré-requisitos para a elaboração de esquemas operacionais de previsão.

APÊNDICE F

SUGESTÕES PARA UM PLANO DE PESQUISAS SOBRE O PROBLEMA DA SECA NO NORDESTE BRASILEIRO

por Herbert Riehl, CIRES

A experiência em outras partes dos trópicos pode ser utilizada no problema de secas do Nordeste brasileiro, de dois modos:

1. identificação do maior número possível de processos
2. estabelecimento de uma climatologia sinótica dos períodos se
cos-úmidos

1) Processos

Fotos de satélite indicam que a ITCZ, como normalmente observada, não existe no Brasil. Uma ação forçante da extensão do cavado do Atlântico central para noroeste é evidenciada; há, aí uma seme
lhança com o cavado do Pacífico sul e a zona equatorial. Uma inversão dos ventos de leste, normalmente secos, na Ilha de Cantão, acompanha o início das chuvas fortes. Isto sugere a formação de uma zona de cavado equatorial ao sul. A correlação temperatura-umidade relativa ao longo da vertical indica um núcleo frio na área chuvosa, na baixa e média troposfera, mudando, gradualmente, para núcleos quentes, na alta troposfera, onde as bigornas das torres quentes (hot towers) se espalham.

Essas características são típicas de sistemas sinóticos em outras partes dos trópicos e seu estudo é recomendado para o caso es
pecífico do Brasil.

2) Climatologia Sinótica

Do mesmo modo que o exemplo das Caraíbas, o perfil vertical do vento, com ventos de oeste, nos níveis troposféricos inferiores,

e de leste, nos níveis troposféricos superiores, (perfil de monção) é favorável à ocorrência de precipitação, enquanto que a corrente básica, ao contrário, opõe-se a precipitação. A alta troposfera, durante uma estação chuvosa, tem escoamento anticiclônico e temperaturas (médias mensais) quentes, com ventos de leste, localizados na parte equatorial dos anticiclones tropicais.

Durante as estações caracterizadas pela ocorrência de secas, o escoamento superior (200 mb) é ciclônico, muito frio e convergente com subsidência. Os ventos de oeste em níveis superiores estão sobre a zona equatorial. Observa-se que afirmações similares para a bacia Amazônica foram feitas por Ratisbona (superfície somente).

Uma recomendação de natureza quantitativa é o estabelecimento do escoamento básico, através de mapas mensais do período das estações secas/úmidas. As diferenças no escoamento básico seriam indicadas por modelos.

APÊNDICE G

PROVÁVEIS PROCESSOS FÍSICOS RELEVANTES AO NORDESTE BRASILEIRO E UMA SUGESTÃO PARA UMA ESTRATÉGIA DE PESQUISA

por Willian M. Gray, Departamento de Ciências Atmosféricas da
Universidade Estadual do Colorado

A liberação de calor de condensação no processo de formação de chuvas, em um sistema tropical, é usada, principalmente, para balancear a perda radiacional da troposfera com média diária de cerca de $1^{\circ}\text{C}/\text{d}$. Isto é conseguido, principalmente, da circulação ascendente, úmida e da circulação descendente, seca, as quais, quando mediadas sobre todo o cinturão tropical global, são, em boa aproximação, constantes. As áreas com fortes chuvas produzem suficiente liberação de energia de condensação na forma de energia potencial, que é transportada devido à divergência de massa, nos níveis superiores, a fim de balancear a maioria das regiões tropicais com pouca ou nenhuma precipitação (onde ocorrem as perdas radiacionais). As regiões com precipitação acima do normal são compensadas por regiões com precipitações abaixo da normal.

Evidências, proporcionadas por muitas fontes, indicam a existência de semelhança no desenvolvimento de esquemas de previsões sazonais de precipitação com razoável índice de acerto, em várias localidades tropicais. Isto exige um tratamento das previsões sazonais, sob um ponto de vista amplo de circulação geral. A variabilidade, na precipitação sazonal do Nordeste brasileiro está relacionada com: a posição latitudinal da ITCZ, intensidade dos ventos alísios do Atlântico, circulação extratropicais, temperatura de superfície dos oceanos Atlântico e Pacífico, etc, como já confirmado em trabalhos de vários pesquisadores.

A variabilidade da precipitação sazonal no Nordeste do Brasil está também relacionada com fenômenos tipicamente locais, como a intensidade de inversão térmica de subsidência sobre o próprio Nordeste, subsidência de escoamento de retorno indicativo de variações na

precipitação em outras localidades do Brasil, caráter dos ventos ali seos na direção do litoral do Nordeste, etc.

A precipitação do Nordeste aparenta ser produzida, principalmente, por 10 a 15 sistemas de tempo que se movem de leste a oeste, através da região, ou por penetração ocasional de frentes frias, provenientes do sul. Deste modo, parece que a variabilidade na precipitação sazonal no Nordeste do Brasil é determinada pela intensidade geral da subsidência sazonal dentro da qual estes distúrbios de leste ou frentes frias se deslocam. A subsidência seca e estabiliza os níveis troposféricos médios e a ascensão de parcelas em nuvens espessas de chuvas é inibida pelo arrastro do ar seco e pela estabilidade da subsidência. Se esta subsidência e os níveis troposféricos secos resultantes, for forte, como o é tipicamente no caso quando a ITCZ sobre o Atlântico oeste está mais ao norte que o normal, então, os sistemas de tempo em deslocamento produzem pouca precipitação. Por outro lado, se a ITCZ está mais ao sul do que o normal, à altura do estuário do Rio Amazonas, então, a subsidência será mais fraca e a média troposfera não tão seca. Os sistemas individuais movendo-se para o oeste ou a penetração de frentes frias serão, então, capazes de superar as influências inibidoras da estabilidade e falta de umidade. Estes últimos sistemas, produzirão, significativamente, mais chuvas que os primeiros. Parece, desta forma, que não é o número de sistemas de tempo em deslocamento que é importante para provocar precipitação no Nordeste, mas sim o ambiente para dentro do qual os sistemas se movem.

Prognose sazonal:

A essência da previsão sazonal de precipitação para a parte norte do Nordeste brasileiro aparenta estar no:

1. grau da correlação do tempo de atraso da precipitação no Nordeste com esses parâmetros de grande escala e
2. grau em que esses parâmetros mensais e multi-mensais, de grande escala possam ser medidos, transmitidos e avaliados em

instituições governamentais brasileiras, de modo que as previsões sazonais mensais possam ser elaboradas e atualizadas em tempo hábil.

A fim de estudar propriamente o problema da previsão sazonal para o Nordeste é necessário que grandes quantidades de dados não brasileiros sejam coletados e avaliados. Como primeiro passo nessa direção, recomenda-se que algum centro brasileiro de pesquisas (como o INPE) funcione como o arquivo central para esses conjuntos necessários de dados do exterior.

Tipos de Programas de Pesquisa a serem institucionalizados:

Deve-se fazer distinção entre:

1. os requisitos necessários para a implementação de esquemas de previsão sazonal para o Nordeste brasileiro e
2. aquelas para um programa amplo e de longo prazo em pesquisa climática. Os requisitos do programa são muito menos abran-
gentes em recursos humanos e econômicos.

O desenvolvimento de esquemas de previsão sazonal para o Nordeste, em geral exige somente dados meteorológicos convencionais e de satélites, facilidades de processamento e pessoal qualificado em me-
teorologia aplicada. As previsões com êxito não requerem, necessariamente, o conhecimento completo da física dos processos envolvidos nes-
sas previsões.

O início de um programa abrangente de pesquisas sobre o clima, por outro lado, exige uma variedade de especialistas em diferen-
tes áreas, como Hidrologia, Oceanografia, Solo, Radiação, Dendritologia, Agricultura, etc. Programas especiais de treinamento deverão ser implan-
tados para providenciar esses recursos humanos. Apesar das necessidades referentes a dados e a modelagem serem variadas e abrangentes, o

conhecimento a longo prazo, assim adquirido, será de grande utilidade e o empreendimento de tal tarefa deve ser iniciado tão logo os recursos tornem-se disponíveis.

RECOMENDAÇÕES:

- 1) Parece ser de grande importância econômica, o desenvolvimento, o mais rápido possível, de técnicas de previsão sazonal de precipitação para o Nordeste brasileiro. Recomenda-se do que a prioridade mais alta seja dada ao desenvolvimento dessas técnicas.
- 2) Recomenda-se também, que um amplo programa de pesquisas climatológicas seja implantado no Brasil à medida que os recursos nacionais tornem-se disponíveis, e isso somente após o amadurecimento dos recursos exigidos para o desenvolvimento de esquemas empíricos de previsão de precipitação sazonal, como em 1).

APÊNDICE H

PREVISIBILIDADE DE MÉDIAS TEMPORAIS

por Jagadish Shukla

"Goddard Laboratory for Atmosphere Sciences NASA"
Greenbelt, Maryland, USA

Sabe-se que a previsão determinística dos movimentos atmosféricos de escala sinótica é limitada em, aproximadamente, 2 semanas. Isto é devido principalmente à, instabilidades hidrodinâmicas e suas interações não lineares. No entanto, há possibilidade de que médias temporais possam ser previsíveis por períodos mais longos. A base desta previsibilidade é a existência de componentes de ondas longas de baixas frequências que carregam a maior parte da variância. Quanto à consideração da previsibilidade de médias temporais, as flutuações de dia para dia, devido à instabilidades, agem como ruído na estimativa da média temporal.

A variabilidade interanual de médias temporais (médias mensais e sazonais) pode ser devido a 3 processos: a) dinâmica interna incluindo as instabilidades e suas interações não lineares; b) influência das condições de contorno de variação lenta (p. ex.: temperatura de superfície dos oceanos, umidade de solo e vegetação, cobertura de neve/gelo, etc); c) erro de amostragem (ruído) devido à média sobre uma série temporal correlata.

Um dos problemas mais relevantes no estudo da variabilidade climática é a determinação da contribuição relativa de cada um desses processos na explicação da variabilidade das médias mensais e sazonais.

Um estudo compreensivo de análise dos dados e da aplicação de modelos globais de circulação geral, em estudos de sensibilidade

e previsibilidade pode ser útil para avaliar a contribuição relativa de cada um dos processos na variabilidade interanual.

Um levantamento de literatura disponível sobre o problema da seca no Nordeste do Brasil sugere que alguns mecanismos podem estar, individual ou coletivamente, operando para determinar as flutuações da precipitação mensal e sazonal no Nordeste do País, tais como:

- a) Anomalias na temperatura da superfície dos oceanos Atlântico Tropical e Pacífico Tropical Oriental.
- b) Localização e intensidade da ITCZ (a maioria dos anos secos parece coincidir com os anos nos quais a ITCZ não se desloca suficientemente para o sul).
- c) Interação da circulação tropical com a extratropical (Hemisférios Norte e Sul). Parece que há possíveis relações entre a posição e a intensidade das altas subtropicais e a circulação em grande escala nas latitudes médias. Por exemplo, parece haver relações aparentes entre as situações de bloqueio nas latitudes médias e altas e a seca no Brasil. Do mesmo modo, há indicações de uma conexão entre as configurações tipo "dente-de-serra" da circulação do Atlântico Tropical e do Atlântico Norte.
- d) Possibilidade da existência de um componente significativo da oscilação quase-bienal na convergência dos ventos alísios do Atlântico e na configuração "dente-de-serra" do Atlântico, assim como uma relação entre a circulação de Walker-Atlântico e Pacífico e as flutuações no Nordeste brasileiro.
- e) Intrusão de perturbações de latitudes médias do Hemisfério Sul parece ser um importante fator, que causa precipitação em diferentes áreas.
- f) Eventos de precipitação sobre o Nordeste brasileiro sugerem que a média temporal de precipitação consiste na precipitação

produzida por aglomerados isolados de nuvens e ondas sinóticas. O estudo da estrutura e da dinâmica dos distúrbios tropicais sobre essa região e sua interação com a ITCZ pode ser útil.

- g) Possibilidade do clima médio do Nordeste estar relacionado à forte precipitação sobre o Amazonas. Se verdade, desmatamento da Amazônia teria sérias e importantes implicações.
- h) Finalmente, desde que as estações chuvosas e secas no Nordeste brasileiro parecem ser duas situações quase estáveis que ocorrem em tempos diferentes, é possível que elas possam ser manifestações de estados múltiplos de quase-equilíbrio para um sistema de escoamento interativo de latitudes tropicais e extratropicais.

Um estudo sistemático das escalas de espaço e tempo das anomalias mensais e sazonais, e sua relação com as condições de contorno de variação lenta e os sistemas de circulação extratropicais, pode sugerir o desenvolvimento de possíveis métodos empíricos e dinâmicos de prever a variabilidade de precipitação sobre o Nordeste do Brasil.

APÉNDICE I

LISTA DOS PARTICIPANTES

1. PARTICIPANTES CONVIDADOS

- William M. GRAY, Colorado State University, Professor
Department of Atmospheric Sciences
Fort Collins, Colorado 80523
USA
- Stefan HASTENRATH, University of Wisconsin, Professor
Department of Meteorology
1225 West Dayton Street
Madison, Wisconsin 53706
USA
- James L. RASMUSSEN, World Meteorological Organization, Director
Case Postale 5
Geneva 20
Switzerland CH 1211
- Herbert RIEHL - CIRES, Senior Scientist
3100 Marine Av.
Boulder, Colorado 80303
USA
- John ROADS - Scripps Institution of Oceanography, Assist. Research.
Meteorologist
WCSD, A - 024
La Jolla, C.A. 92093
USA

- Jagdish SHUKLA - NASA, Meteorologist
Code 911
CSFC/NASA
Goddard Space Flight Center
Greenbelt, Maryland 20771
USA
- Joseph SMAGORINSKY - GFDL/NOAA, Director
Princeton University
Box 308
Princeton, New Jersey 08540
USA

2. PARTICIPANTES NACIONAIS

- COMPANHIA DO DESENVOLVIMENTO DO VALE DO SÃO FRANCISCO (CODEVASP)
SBN, Edifício Central - 8º andar
Brasília - DF
 - . José Otamar de CARVALHO, Economista
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA SECAS - (DNOCS)
Av. Duque de Caxias, 1700
sala 111
Fortaleza - CE
 - . Godofredo Chaves QUEIROZ, Assessor do Diretor Geral
 - . José Amaury de Aragão ARAÚJO, Assessor do Diretor Geral
- DIRETORIA DE ELETRÔNICA E PROTEÇÃO AO VÔO - (DIREPV)
Aeroporto Santos Dumont - 5º andar
Rio de Janeiro - RJ
 - . Farid Cezar CHEDE, chefe da Divisão de Meteorologia

- FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
Rodovia Carlos Tonnaní, s/n
Jaboticabal - SP
 - . Clóvis Alberto VOLPE, Professor
 - . Romísio Geraldo Boohid ANDRE, Professor

- FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E CHUVAS ARTIFICIAIS - (FUNCEME)
Av. Bezerra de Menezes, 1820
Fortaleza - CE
 - . João Monteiro GONDIM, Superintendente Técnico
 - . Rubenaldo Alves da SILVA, Meteorologista

- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS (CETEC)
Av. José Cândido da Silveira, 2000
Belo Horizonte - MG
 - . Fausto Carlos de Almeida, Pesquisador
 - . Getúlio Soriano de Souza NUNES, Pesquisador
 - . Heloíza Moreira Torres NUNES, Pesquisador

- FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DE BAURU (FEB)
Rua Campos Sales 49/93
Bauru - SP
 - . Roberto Vicente CALHEIROS, Diretor

- INSTITUTO ASTRONÔMICO E GEOFÍSICO - (IAG/USP)
Av. Miguel Stefano, 4200 - CP 30627
Água Funda - SP
 - . Adolpho José MELFI, Diretor
 - . Maria Assunção Faus da Silva DIAS, Professora-Assist.Doutora
 - . Pedro Leite da Silva DIAS, Professor-Assist. Doutor
 - . Sylvio Ferraz MELLO, Chefe Com. Supervisora do Depto.de Meteor.
 - . Paulo NOBRE, Estudante

● INSTITUTO DE ATIVIDADES ESPACIAIS - (IAE/CTA)

ECA/CTA

Rua Paraibuna s/n

São José dos Campos - SP

- . Carloman Tatagiba de AZEVEDO, Chefe da Div. de Ciências Atmosféricas
- . Douglas Mac Gregor Dore STRANG, Pesquisador Adjunto
- . Juraci SMIDT, Pesquisador Meteorologista
- . Luiz Carlos de CASTRO, Pesquisador
- . Luiz TEIXEIRA, Pesquisador
- . Rodolpho Paes Leme RAMOS, Pesquisador

● INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - (IBGE)

Av. Visconde de Niterói 246-B 6º andar

Rio de Janeiro - RJ

- . Adélia JAPIASSÚ, Analista

● INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS - (INPE)

Av. dos Astronautas, 1758 CP 515

Jardim da Granja

São José dos Campos - SP

- . Antonio Divino MOURA, Pesquisador Associado
- . Carlos Afonso NOBRE, Pesquisador Assistente
- . Chandrakanta M. DIXIT, Pesquisador Assistente
- . José Roberto de OLIVEIRA, Pesquisador Assistente
- . Luiz Carlos Baldicero MOLION, Pesquisador Associado
- . Luiz Gylvan MEIRA FILHO, Pesquisador
- . Marco Antonio Maringolo LEMES, Pesquisador Assistente
- . Marlene ELIAS, Pesquisadora Assistente
- . Mary Toshie KAGANO, Assistente de Pesquisas
- . Moacir Antonio BERLATO, Estudante Pós-Graduado Doutorado
- . Nelson de Jesus PARADA, Diretor
- . Pedro Rubens Alvin de CARVALHO, Engenheiro
- . Sirinivasam SRIVATSANGAM, Pesquisador Associado

- . Vadlamudi Brahamananda RAO, Pesquisador Associado
- . Vernon Edgar KOUSKY, Pesquisador Associado
- . Yelisety VISWANADHAM, Pesquisador Associado

- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - (INMET)
Praça 15 de Novembro, 2 sala 506
Rio de Janeiro - RJ
 - . Ademilde de Seixas VALENÇA, Meteorologista
 - . Clodomir Padilha Alves da SILVA, Diretor Geral
 - . Yomar Morada SOUZA, Diretor de Divisão

- INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Cidade Universitária
Butantã - SP
 - . Afrânio Rubens de MESQUITA, Oceanógrafo

- UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
Rua Pereira Valente, 1158 - Aldeota
Fortaleza - CE
 - . Airton Fontenele Sampaio XAVIER, Professor
 - . Francisco Alcides GERMANO, Professor

- UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Av. Artur Toscanini, 97 apto. 304
Belo Horizonte - MG
 - . Carlos Magno RIBEIRO, Professor

- UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
Cj. Batista Campos, Bloco Ipacará, apto. 102
Belém - PA
 - . José Carvalho de MORAES, Professor Assistente

- UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
Av. Aprígio Veloso, 882 - Bodocongõ
Campina Grande - PB
 - . José Oribe Rocha de ARAGÃO, Coordenador do Núcleo de Meteorologia Aplicada

- UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Cidade Universitária - Ilha do Fundão
Rio de Janeiro - RJ
 - . Julio BUCHMANN, Professor Assistente
 - . Valdo da Silva MARQUES, Professor

APÊNDICE J

EXIGÊNCIA DOS DADOS PARA UM EXTENSO PROGRAMA CLIMÁTICO

| PARÂMETRO/CONJUNTO DE DADOS | COBERTURA | DENSIDADE | FREQUÊNCIA | FONTE |
|--|-------------------------------------|---------------------|--------------------|------------------------|
| Dados de ar superior (Radiossonda e balão piloto) | Global | Sinóptico | a cada 12 horas | Brasil WWW WDC.A |
| Dados de superfície (Temperatura, Umidade Pres_ são) | Global | Sinóptico Brasil | a cada 6 horas | Brasil WWW WDC.A |
| Dados especiais de precipi_ tação | Brasil | Muito densa | diários | Brasil WDC.A |
| Dados hidrológicos (Armazenamento e "Run-off") | Brasil | Rios Principais | mensais | Brasil |
| Radiação de superfície | Brasil | 200 km | diários | Brasil |
| Dados de satélites (Imagens, Ventos) | 20° N - 90° S 30° E - 180° W | 200 km | a cada 12 horas | Brasil USA |
| Dados da superfície dos oceanos | Pacífico e Atlântico (Ocidental) | 500 km | semanais | WWW USA |
| Umidade de solo | Brasil | ? | semanais | Brasil |
| Temperatura de superfície de oceanos obtidas por sa_ télites | Pacífico e Atlântico (Ocidental) | 500 km | semanais | WWW USA |
| Dados de navios | Pacífico e Atlântico (Ocidental) | Sinóptico | a cada 12 horas | |