

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO E AVALIAÇÃO DO
POTENCIAL HÍDRICO DA GRANDE JOÃO PESSOA



P436c Pereira Neto, João Tinôco.
 Contribuição ao estudo e avaliação do potencial hídrico da grande João Pessoa / João Tinôco Pereira Neto. - Campina Grande, 1979.
 172 f.

 Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 1979. "Orientação : Prof. José Farias Nóbrega".
 Referências.

 1. Abastecimento de Água. 2. Potencial Hídrico. 3. Recursos Hídricos. 4. Dissertação - Ciências. I. Nóbrega, José Farias. II. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). III. Título

CDU 628.1(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CCT

"CONTRIBUIÇÃO AO

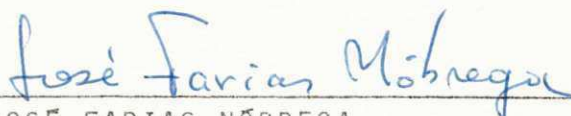
"ESTUDO E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL
HÍDRICO DA GRANDE JOÃO PESSOA"

JOÃO TINÓCO PEREIRA NETO

Engº Civil

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DE PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DO CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIA (M. Sc.)

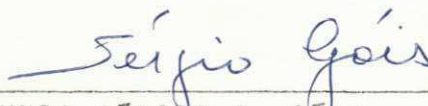
APROVADO POR.



JOSE FAPIAS NÓBREGA
Presidente



JOSE RIBAMAR S. DE OLIVEIRA FILHO
Examinador Externo



RAIMUNDO SÉRGIO S. GOIS
Examinador Interno

CAMPINA GRANDE
ESTADO DA PARAÍBA - BRASIL
JULHO - 1979

A Ceiça
pela luta incessante e incentivos.
Aos meus pais:
a Lena
Maninha
e Dilma
pelo sempre acreditar.

A G R A D E C I M E N T O S

O autor agradece:

Ao Professor José Farias Nóbrega, do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, pela dedicação e eficiência demonstrada na orientação desta tese.

À Companhia de Água e Esgotos da Paraíba, na pessoa do seu Diretor-Presidente Engenheiro Guarany Marques Viana, pelas especiais atenção e solicitude para com o nosso trabalho, bem como pela permissão de manuseio e publicação de dados de sua propriedade.

À Geotécnica S/A, em especial ao seu Gerente Regional em Recife Engenheiro José Augusto de Araújo e Silva, por nossa integração na sua equipe técnica durante estes seis meses de trabalho.

Ao amigo Carlos Fernandes de Medeiros Filho pelo companheirismo constante e estímulo na preparação deste trabalho.

Enfim, estendemos os nossos agradecimentos ao Dr. Reynoldes Cardoso de Melo; Prof. Adrianus Cornelios Van Raadel; Prof. Josemir Vasconcelos de Castro; Dr. Joabe Correia; à Secretaria de Coordenação de Engenharia Civil na pessoa de Vanildo Carlos; à Secretaria de Pós-Graduação na pessoa de Silvío Carneiro.

E a todos os funcionários do Escritório da Geotécnica de Recife - ESIFE.

"CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL HÍDRICO DA GRANDE JOÃO PESSOA".

Dissertação de Mestrado

p o r

JOÃO TINOCO PEREIRA NETO

R E S U M O

O estudo aqui desenvolvido visa estabelecer a quantificação das Potencialidades Hídricas da GRANDE JOÃO PESSOA, como base ao estudo de Abastecimento de Água cuja demanda atual supera a capacidade de produção dos sistemas existentes.

Para tanto, desenvolvemos o estudo em quatro etapas de pesquisa a saber:

I - Todo o estudo de Base, ou seja: estudos fisiográficos e hidroclimáticos da região, bem como enfoques sobre os Desmembramentos Municipais; evolução urbana das cidades componentes, etc.

II - Estudo da Bibliografia disponível e mais evidente sobre o assunto.

III - Estudos dos Recursos Hídricos de Superfície e Subterrâneos onde foram considerados os dados da rede Hidrometeorológicas; estudos hidrológicos e relatórios existentes; levantamentos de campo e em seguida o processamento e análise destes dados.

IV - Apresentação dos resultados, gráficos, tabelas e conclusão, quantificando o Potencial Hídrico da região, individualizando-se para cada manancial.

A comparação das Potencialidades Hídricas, determinadas neste estudo, com as demandas prospectivas da GRANDE JOÃO PESSOA e da região, tornará possível a escolha dos mananciais mais adequados ao atendimento dessas últimas, bem como indicará a forma de relacionar-se as disponibilidades objetivando o atendimento acima.

"CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL HÍDRICO DA GRANDE JOÃO PESSOA".

M.Sc. Dissertation

by.

JOÃO TINOCO PEREIRA NETO

ABSTRACT

The main objective of this work consists in quantifications of water resources available for GRANDE JOÃO PESSOA. It represents a basis for studies aiming water supply for that urban area whose water demand overpass by this time the supply capacity of the existing system.

So, the study was made in four main steps as follows:

I - Basic data: analysis of regional physiography and hydro - climatic aspects, whereas municipal geographic structure; population growth of urban areas and regional social and economic aspects.

II - Bibliography analysis

III - Surface water and ground - water resources analysis based on hydrometeorologic data from local net work system and previous hydrologic studies, whereas survey, analysis and processing of field data.

IV - The final computations, graphics, tables and quantifications of water resources potentialities for each stream.

Comparisons between water resources potentialities, computed in this work, and prospected demand for GRANDE JOAO PESSOA and neighborhood, will make possible choices of suitable manantials according urban requirements whereas their proper utilization.

RELAÇÃO DE FIGURAS E GRÁFICOSF I G U R A S

- 1.1 Precipitações mensais, trimestrais e anuais em João Pessoa
- 3.1 Esquema do ciclo hidrológico
- 3.2 Diagrama em blocos de ciclo hidrológico
- 3.3 Distribuição de chuvas no ano médio
- 3.4 Projeto de complementação dos poços de Santa Rita
- 3.5 Projeto de complementação dos poços de Bayeux
- 3.6 Projeto de complementação dos poços de Cabedelo, praia da Penha e Jacumã
- 3.7 Projeto de complementação dos poços de Conde

G R Á F I C O S

- 3.1 Curva de correlação entre chuva x deflúvio no rio Mamanguape em Ponte Leitão
- 3.2 Curva de correlação entre deflúvio do rio Araçá em Tainha e rio Mamanguape em Ponte Leitão

- 3.3 Curva de correlação entre deflúvio do rio Mamanguape e Ponte Leitão
- 3.4 Curva de correlação entre descarga do rio Gramame em Fazenda Serrota e rio Mamuaba em Fazenda Mumbaba
- 3.5 Curva de correlação entre descarga do rio Mamuaba em Fazenda Mamuaba e rio Mumbaba em Fazenda Mumbaba
- 3.6 Curva de correlação entre chuva x deflúvio no rio Gramame em Fazenda Serrota
- 3.7 Curva de correlação entre chuva x deflúvio no rio Mumbaba em Fazenda Mumbaba
- 3.8 Curva de correlação entre chuva x deflúvio no rio Mamuaba em Fazenda Mamuaba
- 3.9 Teste de aquífero (método de recuperação de Theis), poço CB - I - 2 em Cabedelo
- 3.10 Teste de aquífero (método de recuperação de Theis), poço JP-I-1 em Tambaú
- 3.11 Teste de aquífero (método de recuperação de Theis), poço JP - IV - 1 em INOCOP
- 3.12 Teste de aquífero (método de recuperação de Theis), poço JP - V - 1 em Cabo Branco
- 3.13 Teste de aquífero (método de recuperação de Theis), poço BX - I - 1 em Bayeux

- 3.14 Teste de aquífero (método de recuperação de Theis), poço BX - I - 2 em Bayeux
- 3.15 Teste de aquífero (método de recuperação de Theis), poço BX - I - 3 em Bayeux
- 3.16 Teste de aquífero (método de recuperação de Theis), poço BX - I - 4 em Bayeux
- 3.17 Teste de aquífero (método de recuperação de Theis), poço SR - I - 2 em Santa Rita
- 3.18 Teste de aquífero (método de recuperação de Theis), poço SR - I - 4 em Santa Rita
- 3.19 Teste de aquífero (método de recuperação de Theis), poço SR - 08 em Santa Rita (Fábrica Avon)
- 3.20 Teste de aquífero (método de Hantush)
- 3.21 Teste de aquífero (método de Hantush)
- 3.22 Teste de aquífero (método de Hantush)
- 3.23 Curva de permanência de vazões - rio Mamanquape no local barrável
- 3.24 Curva de permanência de vazões - rio Miriri no local barrável
- 3.25 Curva de permanência de vazões - rio Jacuípe no local barrável

- 3.26 Curva de permanência de vazões - rio Mumbaba no local barrável
- 3.27 Curva de permanência de vazões - rio Mamuaba no local barrável
- 3.28 Curva de permanência de vazões - rio Gramame no local barrável I
- 3.29 Curva de permanência de vazões - rio Gramame no local barrável II
- 3.30 Curva hipsométrica da bacia do Paraíba
- 3.31 Curva hipsométrica da bacia do Mamanguape
- 3.32 Curva hipsométrica da bacia do Gramame
- 3.33 Curva hipsométrica da bacia do Miriri
- 3.34 Curva hipsométrica da bacia do Jacuípe
- 3.35 Perfil longitudinal do rio Paraíba
- 3.36 Perfil longitudinal do rio Mamanguape e do seu afluente rio Araçají
- 3.37 Perfil longitudinal do rio Gramame e dos seus afluentes Mamuaba e Mumbaba
- 3.38 Perfil longitudinal do rio Miriri
- 3.39 Perfil longitudinal do rio Jacuípe

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁIBA
 Faculdade de Engenharia de Alimentos
 Departamento Nacional de Pós-Graduação
 Rua José da Silva Filho, 151 (COP) 51.722-9-305
 51.001-970 - Campina Grande - Paraíba

RELAÇÃO DE TABELAS E QUADROST A B E L A S

- I.1 Área dos municípios da GRANDE JOAO PESSOA
- I.2 Desmembramentos municipais ocorridos no Litoral Paraibano
- I.3 Crescimento demográfico de 1817 a 1920
- I.4 Evolução de crescimento de 1920 a 1977
- I.5 Radiação solar anual
- I.6 Tipos de cobertura vegetal

Q U A D R O S

- 3.1 Resumo das características flúvio-morfológico
- 3.2 Rede meteorológica atual
- 3.3 Normais das médias máximas e mínimas
- 3.4 Rede pluviométrica. Período 1912 - 1958
- 3.5 Rede pluviométrica. Período 1930 - 1974
- 3.6 Normais pluviométricas. Período 1930 - 1974

- 3.7 Rede fluviométrica
- 3.8 Principais estatísticas das séries pluviométricas - 1930 - 1974
- 3.9 Percentagens dos trimestres chuvosos e secos
- 3.10 Rede termométrica básica
- 3.11 Rede evaporimétrica básica
- 3.12 Principais indicadores de qualidade de água
- 3.13 Característica química do aquífero Beberibe
- 3.14 Característica química do aquífero Barreiras
- 3.15 Característica química do aquífero Aquitard Ca
l
c
á
r
i
o
- 3.16 Potencialidades hídricas de superfície
- 3.17 Disponibilidades hídricas de superfície
- 3.18 Potencialidades subterrâneas por bacia
- 3.19 Potencialidades totais na região

RELAÇÃO DOS MAPAS

1. - Mapa do Brasil mostrando a localização do Estado da Paraíba
- 1.1 - Mapa de localização destacando as bacias em estudo
- 1.2 - Zonas fisiográficas da Paraíba
- 1.3 - Regiões geográficas da Paraíba conforme limites naturais
- 2 - Divisão municipal do Estado da Paraíba
- 3 - Relevo da área em estudo
- 4 - Classificação climática de Köppen para o Estado da Paraíba
- 5 - Temperatura
- 6 - Evaporação potencial anual no Nordeste
- 7 - Circulação atmosférica na América do Sul
- 8 - Aspectos geomorfológicos da área em estudo
- 9 - Mapas de solos da área em estudo
- 10 - Mapa geológico da área em estudo
- 11 - Aspectos geológicos da área em estudo

- 12 - Cobertura vegetal da área em estudo
- 13 - Bacias hidrográficas em estudo
- 14 - Bacia do Mamanguape
- 15 - Bacia de Gramame
- 16 - Bacias do Miriri e Jacuípe
- 17 - Isoietas anuais
- 18 - Isolinhas dos coeficientes de variação das séries pluviométricas
- 19 - Zonas homogêneas de precipitação
- 20 - Rede evaporimétrica básica
- 21 - Evaporação potencial anual
- 22 - Rede de Thiessen - bacia do Mamanguape - 70/74
- 23 - Rede de Thiessen - bacia do Mamanguape - 30/74
- 24 - Rede de Thiessen - bacias do Mumbaba, Mamuaba e Gramame - 72/74
- 25 - Rede de Thiessen - bacia do Mumbaba, Mamuaba e Gramame - 30/71
- 26 - Rede de Thiessen - bacias do Miriri e Jacuípe
- 27 - Rede termométrica básica

- 28 - Rede meteorológica utilizada
- 29 - Rede pluviométrica
- 30 - Rede pluviométrica período 1912 - 1958
- 31 - Rede pluviométrica período 1930 - 1974
- 32 - Rede meteorológica atual
- 33 - Principais pontos de poluição
- 34 - Localização dos pontos de coletas de amostra
- 35 - Grupos hidrológicos de solos
- 36 - Distribuição dos postos testados
- 37 - Configuração piezométrica atual
- 38 - Distribuição de chuvas no ano médio

I N D I C E

DEDICATÓRIA

AGRADECIMENTO

RESUMO

ABSTRACT

RELAÇÃO DE FIGURAS E GRÁFICOS

RELAÇÃO DE TABELAS E QUADROS

RELAÇÃO DE MAPAS

CAPÍTULO 0.1

INTRODUÇÃO

CAPÍTULO 1.0

CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DAS CIDA
DES1.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DA GRANDE JOÃO PES
SOA1.1.1 Localização1.1.2 Desmembramentos Municipais

1.2 PELEVO

1.3 CLIMA

1.3.1 Temperatura1.3.2 Chuvvas1.3.3 Evaporacão1.3.4 Umidade Relativa1.3.5 Ventos1.3.6 Padiacão Solar

1.4 GEOMORFOLOGIA

1.4.1	<u>Planícies Litorâneas</u>
1.4.2	<u>Tabuleiros</u>
1.4.3	<u>Várzeas</u>
1.5	SOLOS
1.6	GEOLOGIA
1.6.1	<u>Formação Beberibe</u>
1.6.1.1	Litologia
1.6.2	<u>Formação Gramame</u>
1.6.2.1	Litologia
1.6.3	<u>Grupo Barreiras</u>
1.6.3.1	Litologia
1.7	VEGETAÇÃO
CAPÍTULO 2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA
	INTRODUÇÃO
2.1	ALGUNS ASPECTOS SOBRE AS POTENCIALIDADES DOS RECURSOS HÍDRICOS
2.2	ANÁLISE DE ALGUMAS METODOLOGIAS DE QUAN- TIFICAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFI- CIAIS
2.2.1	<u>Metologia Clássica</u>
2.2.2	<u>Metodologia Baseada nas Zonas Hidrologi- camente Homogêneas (7HH)</u>
2.2.3	<u>Metodologia Aplicada em Pequenas Bacias</u>
2.2.4	<u>Metodologia Utilizada no Estudo</u>

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
 Faculdade de Engenharia Civil
 Departamento de Saneamento e Meio Ambiente
 Rua João Carlos de Albuquerque, 150 - Cidade Universitária
 51200-000 - Campina Grande - Paraíba

- 2.3 ANÁLISE DE ALGUMAS METODOLOGIAS DE QUANTIFICAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS
 - 2.3.1 Metodologia Clássica
 - 2.3.2 Metodologia Apoiada no Escoamento de Base
 - 2.3.3 Metodologia de Exploração Proposta para Micro Regiões
 - 2.3.4 Metodologia Utilizada no Estudo

- CAPÍTULO 3.0 ESTUDO DOS RECURSOS HÍDRICOS
 - 3.1 HIDROGRAFIA E RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS
 - 3.1.1 Descrição Geral das Bacias
 - 3.1.1.1 Bacia do Paraíba
 - 3.1.1.2 Bacia do Mamanguape
 - 3.1.1.3 Bacia do Gramame
 - 3.1.1.4 Bacia do Miriri
 - 3.1.1.5 Bacia do Jacuípe
 - 3.2 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS
 - 3.2.1 Forma da Bacia
 - 3.2.1.1 Fator de Forma

- 3.2.1.2 Índice de Compacidade
- 3.2.2 Sistema de Drenagem
 - 3.2.2.1 Densidade de Drenagem
 - 3.2.2.2 Extensão Superficial Média
- 3.2.3 Relevo
 - 3.2.3.1 Curva Hipsométrica
 - 3.2.3.2 Perfil Longitudinal dos Rios Principais
- 3.3 ESTUDOS CLIMATOLÓGICOS
 - 3.3.1 As Massas de Ar
 - 3.3.2 Rede Meteorológica Atual
 - 3.3.3 Análise dos Principais Meteoros
 - 3.3.3.1 Conceituação do Ciclo Hidrológico
 - 3.3.3.2 Chuvas
 - I - As Séries Mensais
 - II - Isoietas Anuais
 - III - O Coeficiente de Variação
 - IV - Os Trimestres Chuvosos e Sêcos
 - V - Zonas Homogêneas de Precipitação
 - 3.3.3.3 Temperatura
 - 3.3.3.4 Evaporação
 - 3.3.3.5 Outros Meteoros
- 3.4 A REDE HIDROMÉTRICA EM OPERAÇÃO
- 3.5 O ESCOAMENTO FLUVIAL

- 3.5.1 Séries Pluviométricas Básicas
- 3.5.2 Séries de Deflúvios Mensais
 - 3.5.2.1 Bacia do Mamanguape
 - 3.5.2.2 Bacia do Gramame
 - 3.5.2.3 Bacia do Miriri e Jacuípe
- 3.6 ANÁLISE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS
 - 3.6.1 Localização de Fontes Poluidoras
 - 3.6.1.1 Bacia do rio Mamanguape
 - 3.6.1.2 Bacia do rio Paraíba
 - 3.6.1.3 Bacia do rio Gramame
 - 3.6.1.4 Bacias dos rios Miriri e Jacuípe
 - 3.6.2 Campanha de Coleta e Análise de Amostra D'água
 - 3.6.3 Análise dos Resultados
- 3.7 CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA
 - 3.7.1 Aquífero Beberibe
 - 3.7.1.1 Características Hidrodinâmicas
 - 3.7.1.2 Recarga
 - 3.7.1.3 Descarga por Bombeamento
 - 3.7.1.4 Usos Atuais
 - 3.7.1.5 Riscos de Poluição e/ou Contaminação
 - 3.7.2 Aquífero dos Alúvios e Sedimentos da Praia
 - 3.7.2.3 Descargas por Bombeamento
 - 3.7.2.4 Usos Atuais

- 3.7.2.1 Características Hidrodinâmicas
- 3.7.2.2 Recarga
- 3.7.2.3 Descargas por Bombeamento
- 3.7.2.4 Usos Atuais
- 3.7.2.5 Riscos de Poluição e/ou Contaminação
- 3.7.3 Aquífero Barreiras
- 3.7.3.1 Características Hidrodinâmicas
- 3.7.3.2 Recarga
- 3.7.3.3 Descargas por Bombeamento
- 3.7.3.4 Usos Atuais
- 3.7.3.5 Riscos de Poluição e/ou Contaminação
- 3.8 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
- 3.8.1 Aquífero dos Alúvios e Sedimentos de Praia
- 3.8.2 Aquífero Barreiras
- 3.8.3 Aquífero Beberibe
- 3.8.4 Aquífero dos Calcários
- 3.9 CARACTERÍSTICA DO REGIME FLUVIAL
- 3.9.1 Introdução
- 3.9.2 Os Deflúvios Mensais
- 3.10 POTENCIALIDADES DE ÁGUA SUBTERRÂNEA
- 3.10.1 Estimativas dos Recursos Exploráveis para os Sistemas de Abastecimento
- 3.10.1.1 Cruz do Espírito Santo
- 3.10.1.2 Santa Rita

3.10.1.3	Bayeux
3.10.1.4	Cabedelo
3.10.1.5	Conde
3.10.2	<u>Cálculo das Potencialidades Subterrâneas</u>
3.10.2.1	Para a Bacia do Mamanguape
3.10.2.2	Para a Bacia do Gramame e seus Afluentes
3.10.2.3	Para a Bacia do Miriri
3.10.2.4	Para a Bacia do Jacuibe
CAPÍTULO 4.0	<u>CONCLUSÃO</u>
4.1	POTENCIALIDADES HÍDRICAS DE SUPERFÍCIE
4.1.1	<u>Bacia do Mamanguape</u>
4.1.2	<u>Bacia do Miriri</u>
4.1.3	<u>Bacia do Jacuibe</u>
4.1.4	<u>Bacia do Paraíba</u>
4.1.5	<u>Bacia do Gramame</u>
4.2	POTENCIALIDADES HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS
CAPÍTULO 5.0	<u>SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS</u>
CAPÍTULO 6.0	<u>ANEXOS</u>
6.1	ANEXO I - FOTOGRAFIAS
6.2	ANEXO II - FIGURAS E GRÁFICOS
6.3	ANEXO III - TABELAS E QUADROS
6.4	ANEXO IV - MAPAS
CAPÍTULO 7.0	<u>BIBLIOGRAFIA</u>

I N T R O D U Ç Ã O

A sociedade moderna depende muito mais da água do que as sociedades antigas. A ciência médica e a engenharia sanitária de nossos dias reduziram os índices de mortalidade e aumentaram a expectativa de vida. A população mundial está crescendo rapidamente, de forma que os padrões modernos de higiene pessoal exigem maior quantidade de água do que a usada há um século. A crescente população rural necessita de maiores áreas destinadas a agricultura, entre as quais, uma grande parte tem que ser obtida por meio de drenagem ou de irrigação, por outro lado, as crescentes populações urbanas exigem mais serviços de abastecimento de água para os vários consumos. O desenvolvimento industrial cria novos processos de utilização da água em indústrias de transformação e sua necessidade é cada vez maior para a obtenção de energia elétrica; resfriamentos etc.

De maneira geral, o aumento populacional e o grande desenvolvimento tecnológico, têm gerado uma maior solicitação à demanda de Recursos Hídricos. E encontramos como primeira etapa a satisfação dessa crescente demanda, bem como para desenvolver qualquer estudo dentro de um planejamento de Recursos Hídricos: estudar e quantificar as Potencialidades. Como é sabido, os recursos hídricos em seu estado natural possuem peculiaridades que, a nível de planejamento, não permitem seu uso imediato pela sociedade, e em qual-

quer espaço geográfico onde ocorram demandas, há necessidade de se aquilatar os Recursos Hídricos inicialmente através de suas potencialidades.

Entende-se como Potencialidade a quantificação dos Recursos Hídricos sem a intervenção humana, em seu estado natural.

O estudo aqui desenvolvido pretende estabelecer esta quantificação para a região denominada de GRANDE JOÃO PESSOA.

A importância deste trabalho não só está ligada aos problemas Sanitário e Sócio-Econômico da Região como, às pesquisas hidrológicas existentes no Nordeste.

O autor.

1.0 CAPACTERIZAÇÃO DA ÁREA DA GRANDE
JOÃO PESSOA

CAPÍTULO I

1.0 - CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DAS CIDADES

1.1 - DESCRIÇÃO DA ÁREA DA GRANDE JOÃO PESSOA

1.1.1 - Localização

O Estado da Paraíba está localizado na porção oriental da Grande Região Nordeste do Brasil, situando-se entre os meridianos $34^{\circ} 45' 54''$ e $38^{\circ} 46' 45''$ de longitude a oeste de Greenwich e os paralelos $6^{\circ} 02' 12''$ e $8^{\circ} 19' 18''$ de latitude sul (Map.nº 1). Destaca-se neste enquadramento a cidade de João Pessoa como a situada mais a leste do Brasil, estando nela localizado o ponto extremo oriental do continente sul-americano, na Ponta de Seixas, no Cabo Branco.

A área em estudo, já definida como a GRANDE JOÃO PESSOA, encontra-se situada no denominado litoral Paraibano na micro região homogênea de número 93 (segundo a F-IBGE). Apresenta o seguinte enquadramento cartográfico: Latitude Norte de $6^{\circ} 57' 30''$, ao Sul de $7^{\circ} 20' 00''$ a Oeste $35^{\circ} 00' 00''$ e a Leste o Oceano Atlântico. Esta área a b r a n g e os municípios expostos na tabela seguinte, com suas respectivas áreas:

ÁREA DOS MUNICÍPIOS DA GRANDE JOÃO PESSOA

Tabela 1.1

MUNICÍPIOS	PARTICIPAÇÃO	ÁREAS DOS MUNICÍPIOS EM KM ²			
	NA G.J. PESSOA	SEGUNDO IBGE	PLANIMETRAGEM CARTAS SUDENE		
	% IBGE		ÁREA TOTAL	ÁGUAS CONTINENTAIS	ÁREA TERRESTRE
João Pessoa	17,31	189	212,6	6,0	206,6
Bayeux	1,92	21	32,9	3,6	29,3
Cabedelo	3,02	33	43,7	13,9	29,8
Santa Rita	64,56	705	637,8	10,0	677,8
Conde	13,19	144	173,6	0,1	173,5
Cruz do Esp. Santo	-	235	217,5	4,0	213,5
VALORES TOTAIS	100	1.327	1.368,1	-	1.330,5

Fonte: IBGE - SUDENE

1.1.2 - Desmembramentos Municipais

O litoral Paraibano vem sofrendo desmembramentos nas suas áreas municipais desde o ano de 1920.

Como conseqüências destes desmembramentos político-administrativos e territoriais, as superfícies dos municípios sofreram importantes alterações. Por exemplo, o Município de João Pessoa tinha em 1950 uma superfície de 914 Km². Já em 1970 contava apenas com 189 Km². Tal fato vem acontecendo com a área dos outros municípios, se bem que em menor escala.

A tabela a seguir sintetiza as alte

rações sofridas de 1950 até 1970.

DESMEMBRAMENTOS MUNICIPAIS OCORRIDOS

NO LITORAL PARAIBANO

Tabela 1.2

SITUAÇÃO DOS MUNICÍPIOS	Nº DE MUNICÍPIOS	NOME DOS MUNICÍPIOS		
		1920/1950	1950/1960	1960/1970
Municípios Prê-existentes (1920/1950)	4 (1950)	J. Pessoa, Santa Rita, Mamanguape e Cruz do Esp. Santo	J. Pessoa, Santa Rita, Mamanguape e Cruz do Esp. Santo	J. Pessoa, Santa Rita, Mamanguape e Cruz do Esp. Santo
Municípios Desmembrados em 1950/60	9 (1960)	-	Alhandra, Pedra de Fogo, Bayeux e Rio Tinto	Alhandra, Pedra de Fogo, Bayeux e Rio Tinto
Municípios Desmembrados em 1960/70	17 (1970)	-	-	Bahia da Traição, Caaporã, Cabedelo, Conde, Itapororoca, Jacaraú, Lucena, Mataraca e Pitimbu

Fonte : IBGE - SUDENE

1.2 - RELEVO

O relevo da GRANDE JOÃO PESSOA é predominantemente suave ondulado, possuindo, todavia, grandes extensões de áreas planas entre as quais se destacam as estreitas faixas de praia do Cabo Branco à Ponta de Tambaú, progressivamente alargando-se até à Ponta do Bessa e à península de

Cabedelo e ao complexo de mangues e "vias" do estuário do rio Paraíba.

Em João Pessoa as altitudes predominantes, exceção feita à praia de Tambaú, situam-se entre 30 e 50 m. Na praia de Tambaú as altitudes médias situam-se na faixa de 2 a 4m.

Santa Rita, na sua parte mais antiga localiza-se no aluvião do rio Paraíba, estando as áreas novas de expansão compreendidas entre a linha da RFFSA e a BR-230, situadas nas encostas de um tabuleiro com altitudes compreendidas entre 30 e 70m. A nucleação de Várzea Nova ocupa também uma encosta de tabuleiro, com altitudes compreendidas entre 10 a 60m.

Bayeux ocupa uma encosta suave ondulada de contato de tabuleiros da Formação Barreiras com mangues e aluviões do estuário do Paraíba. Suas altitudes médias variam de 10 a 40m, incluindo as nucleações de Tambaú e Bayeux e o setor industrial.

Cabedelo situa-se no extremo da península de mesmo nome, formada por uma restinga homônima que se limita pelo estuário do Paraíba e o Atlântico. A cidade é inteiramente plana com altitudes variando

na faixa de 2 a 4m.

É no município de Conde que encontramos o relevo mais movimentado da GRANDE JOÃO PESSOA. A pequena sede municipal do Conde situa-se ao topo de uma chapada, com encostas bastante dissecadas pela drenagem dos rios Boa Água e da Salsa e seus afluentes, constituídos por pequenos riachos e grotas. A altitude do Conde é de aproximadamente 100m.

O relevo do município de Cruz do Espírito Santo é constituído fundamentalmente por 3 feições: os vales dissecados do riacho Obim e seus afluentes; as aluviões do Rio Paraíba e suas encostas; e o Chapadão da Corvoada.

O vale dissecado do riacho Obim e seus afluentes é constituído por encostas declivosas, com altitudes variando de 40 a 140m. As aluviões do Paraíba são bastante planas, com as altitudes oscilando entre 6 e 12m, bordejadas por encostas dissecadas dos riachos tributários do Paraíba, com altitudes que variam de 15 a 90m. O Chapadão da Corvoada juntamente ao Chapadão contíguo de Humbaba e Sal Amargo, são constituídos por tabuleiros bastante planos, com altitudes variando de 80 a 97m.

A expansão urbana da GRANDE JOÃO PESSOA, do ponto de vista de relevo, é extremamente favorável, especialmente na região nordeste em direção a Cabedelo e em direção ao sul e ao sudoeste. A expansão em direção ao norte, centro-norte e noroeste é limitada pelas condições desfavoráveis e pelos mangues e "vias" do estuário do Paraíba. (Vide Mapa nº 3).

1.3 - CLIMA

De acordo com a classificação climática de Köppen, a região em estudo acha-se enquadrada na categoria climática As'. Esta categoria caracteriza-se por apresentar um clima do tipo quente e úmido com chuvas de outono a inverno. Esses climas são também chamados de "pseudo-tropicais", devido à sua posição anômala da época chuvosa, e ocorrem em todo o litoral leste. (Vide Mapa nº 4).

1.3.1 - Temperaturas

A isoterma anual média característica para a GRANDE JOÃO PESSOA é de 23°C. A máxima absoluta observada de 1931 a 1960 foi de 33°C, sendo, no mesmo período, a mínima absoluta, de 16°C. A amplitude térmica

anual média é da ordem de 11°C , e a mensal, de 8°C .

Geralmente, as temperaturas máximas são observadas no período de estiagem (verão) que vai de novembro até fevereiro, e as mínimas são geralmente observadas nas épocas das chuvas. (Vide mapa nº 5).

1.3.2 - Chuvvas

Na figura 1.1 é apresentada uma síntese sobre o regime de chuvas da GRANDE JOÃO PESSOA, caracterizando:

- chuvas anuais em "mm" igualadas ou excedidas para as frequências indicadas;
- normais mensais de "%" do total anual (1912 a 1958);
- chuvas mensais em "mm" segundo frequências e
- normais trimestrais em "%" do total anual (1912 a 1958). (Vide fig. 1.1).

1.3.3 - Evaporação

A evaporação média anual da região da GRANDE JOÃO PESSOA situa-se em torno de 1.600 m/ano. (Vide Mapa nº 5).

1.3.4 - Umidade relativa

A umidade relativa na região apresenta-se sempre elevada, com valores nunca inferiores a 74%, situando-se, geralmente, em torno de 80%.

1.3.5 - Ventos

Com relação aos ventos na região da GRANDE JOÃO PESSOA, referentes à circulação das camadas inferiores, predominam os ventos de sudeste de 90° a 180° de azimute durante os meses de outubro a dezembro. Nos demais meses a direção dominante é de azimute 60° e 165° . (Vide mapa nº 7).

1.3.6 - Radiação Solar

A radiação solar da região da

GRANDE JOÃO PESSOA medida em $\text{cal/cm}^2/\text{dia}$ tem o comportamento semelhante a do Recife e seus valores médios mensais estão na tabela abaixo.

Tabela 1.5

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
$\text{Cal/cm}^2/\text{dia}$	530	525	470	415	375	360	370	430	480	530	535	530

Estes meteoros encontram-se desenvolvidos com maiores detalhes no capítulo 3, referente ao estudo climatológico.

1.4 - GEOMORFOLOGIA

A área abrangente da GRANDE JOÃO PESSOA apresenta num todo três características geomorfológicas predominantes que passamos a descrever.

1.4.1 - Planícies litorâneas

O Estado da Paraíba apresenta sua faixa litorânea inserida na porção do Nordeste Oriental. Esta caracteriza-se por apresentar zonas de abrasão e se

dimentação marinha. Há, porém, na parte sul desta faixa, uma predominância das chamadas falésias "VIVAS" que apresentam elevações na faixa de 30m.

Entre as falésias mais importantes, destaca-se a de Cabo Branco, por ser o extremo oriental do continente sul-americano.

As zonas de sedimentação se estendem por toda a costa Nordeste e são formações cretáceas ou terciárias repousando sobre o cristalino. Estes sedimentos pertencem normalmente ao grupo Barreiras.

No litoral Norte, a partir do trecho correspondente à foz do rio Jaguaribe, forma-se uma restinga constituída por cordões litorâneos arenosos, com uma extensão de 12 Km por 3 Km de largura.

Esta restinga é que constitui o corpo principal de Cabedelo.

Por último, temos os terrenos formados por processos de sedimentação marinha, as praias. Estas praias são quase retilíneas e possuidoras de pontos tais como: Ponta de Tambaú, Bessa, Campina e Ponta do Mato. Além disso, numa distância que nunca vai além de 500m da costa, aparecem cordões de arrecifes areníficos e colalígenos, que chegam a ultrapassar a altura de 2m.

1.4.2 - Tabuleiros

Na direção Leste e Oeste da GRANDE JOÃO PESSOA encontramos os denominados tabuleiros e cha padas. Estes são constituídos, em sua maioria, de estru tura areno-argilosa que tem sua origem de terreno sed imentar (baixos platôs).

Estes tabuleiros sofrem frequente mente o chamado "dissecamento", devido à erosão acelera da, quer seja atmosférica, quer seja biol ógica, destruindo deste modo a cobertura vegetal que sustenta o solo, fi cando este à mercê das águas pluviais.

É comum nestes tabuleiros o apareci mento de vertentes da declividade dos terrenos, como também do processo de solifluxão. Muitas vezes, se bem que seja de certo modo contraditório, a vegetação des truída pelo homem, sem um imediato reflorestamento, pro voca a chamada erosão laminar que origina a formação de ravinas ou vocorocas, que são o aparecimento de fendas em terrenos pouco consolidados, desmoronando assim gran des massas de terra.

1.4.3 - Várzeas

São planícies de inundação que se estendem em toda a área dos tabuleiros. Estes vales pluviais apresentam forma de V e U e constituem-se de terrenos relativamente planos e baixos que se desenvolve junto às margens dos rios. São terras geralmente inundadas no inverno, e resultam grandes áreas férteis no verão. Esta é a forma mais comum de sedimentação fluvial. É formada pelos aluviões e por materiais variáveis depositados no canal fluvial ou fora dele. (Vide mapa nº 8).

1.6 - SOLOS

A área objeto deste estudo apresenta oito tipos de solos predominantes, a saber: AM, SM, PV3, PV4, PV5, HP, HGD, AE. Isto, porém, não significa que alguns afloramentos de outros tipos não possam ocorrer na região. Estes tipos de solos predominantes, foram levantados e cadastrados pela MA/SUDENE e encontram-se descritos no mapa nº 9, complementando-se com o mapa nº 30 que expressa os grupos hidroclógicos de solos segundo seus potenciais de escoamento.

1.6 - GEOLOGIA

Como vimos anteriormente, a área em estudo encontra-se totalmente dentro da faixa sedimentar Costeira Paraibana sobre rochas do embasamento cristalino.

Este embasamento é formado em especial por rochas metamórficas com intrusões de pequenos diques de rochas básicas. Aflora exatamente na margem esquerda do rio Paraíba, a noroeste da cidade de Santa Rita. Apresenta-se constituído por uma grande variedade de rochas metamórficas, predominantemente gnaises, migmatitos micaxistos e, em plano secundário, os granitos, anfibolitos, tactitos e calcários cristalinos, inclusive pequenos corpos intrusivos de rochas básicas. Provavelmente, em Santa Rita o embasamento cristalino estará a uma profundidade média de -210 m, conforme foi constatado em sondagens já existentes. Todavia, existem lugares em que esta cota foi superada. É o caso que ocorreu mais para Leste, no Distrito Industrial de João Pessoa, cujas cotas médias estão em torno de -252 e -273 m. No litoral, próximo à praia de Tambaú e em Cabedelo, verifica-se, porém, a maior profundidade em que se encontra o cristalino, que possui cota mínima de -450 m.

1.6.1 - Formação Beberibe

Tal denominação foi utilizada, pela primeira vez, por Kegel (1955), sendo denominada do rio do mesmo nome.

Esta formação individualiza no seu contexto dois membros facilmente distinguíveis em subperfícies, um superior calcífero e um inferior quartzoso e friável.

1.6.1.1 - Litologia

Quanto à litologia, esta Formação apresenta em seu membro inferior a característica de uma litofácies clástica, construída em sua maioria por arenitos finos até conglomeráticos, friáveis, de cor cinza e amarelada, sendo eventualmente avermelhada, com cimento argiloso ou ferruginoso e, em caso mais raro, silicoso ou calcífero. Muitas vezes, os níveis conglomeráticos são encontrados na zona superficial, em grandes extensões. Nesta zona de afloramento nota-se a predominância de cores cremes e avermelhadas, nas quais se observam lentes argilosas esbranquiçadas de grande espessura. Intercalam-se ainda nestes arenitos níveis de folhelhos e siltitos, às vezes calcíferos, de cor cinza-escuro esverdeado ou marrom.

São constituídos na totalidade por grãos sub-angulosos e sub-arredondados de quartzo, com aspecto sacaroidal, com ausência nítida de minerais máficos e feldspatos.

No membro superior da Formação, a característica marcante é evidenciada pela presença de uma sequência clástica calcífera. Este membro é constituído principalmente de arenitos, onde predomina a cor cinza, sendo mais raro o creme-amarelado. A sua granulação varia de muito fina a grosseira, apresentando raros níveis conglomerá-

ticos. As camadas argilosas ou silticas referentes à matriz podem estar presentes a vários níveis. Já o cimento calcífero é encontrado com frequência, com teor de carbonato aumentando da base para o topo. Nesta base, podem ocorrer frequentemente horizontes, em geral pouco espessos, de folhelho cinza, na sua maioria arenosos ou silticos, calcíferos, que constituem o limite entre os membros superior e inferior da Formação Beberibe.

Sua espessura média, de maneira geral, fica em torno de 100 a 200 m.

1.6.2 - Formação Gramame

A Formação Gramame é antecedida pela formação Beberibe e apresenta-se essencialmente constituída por rochas que possuem maior ou menor percentagem de carbonatos, caracterizando assim uma fácies marinha. Este conjunto apresenta leitos de calcário com um teor de impureza muito baixo, podendo ser utilizado em indústrias de cimento. Esse afloramento dá-se à margem direita do rio Sannauã.

A denominação desta formação origina-se do vale do mesmo nome, situado no Estado da Paraíba.

1.6.2.1 - Litologia

Litologicamente, esta Formação é caracterizada por uma litofácies carbonática. Tanto em super

fície como em subsuperfície, observa-se a predominância de uma sequência bem homogênea de calcários argilosos, providos de intercalações de filmes ou películas de argila.

Já em superfície, pode-se observar um aspecto noduloso, e sua cor, que originalmente era cinza, torna-se creme, devido à intemperização. Na base, este calcário encontra-se fortemente dolomitizado, podendo ocorrer dolomitos puros. A seção basal desta Formação tem a característica de possuir fácies mais arenosa algumas vezes rica em material fosfatado, enquanto o topo da sequência é, na grande maioria das vezes, constituído por margas de cor cinza ou amarelada.

A espessura desta formação apresenta uma variação que vai de 40 a 50m, atingindo um valor máximo de 120m próximo ao litoral em João Pessoa.

1.6.3 - Grupo Barreiras

Outro pacote sedimentar que ocorre na GRANDE JOÃO PESSOA, é o chamado Grupo Barreiras, que cabeia em alguns casos, a Formação Beberibe, e normalmente, a Formação Gramame. São depósitos não consolidados, muito monótonos, representados por duas Formações denominadas de Guaraúpes, esta mais inferior, e Riacho Morno, esta mais superior. Ambas estão situadas em ambiente continental e constituídas de areias e argilas. É bom observar, que do ponto de vista litológico, é muito difícil diferenciar as duas formações, pois são depositadas sob condições que muito se aproximam.

A Formação Guararapes sempre aparece em menores proporções que a Formação Riacho Morno, servindo apenas aparentemente de preenchimento dos grandes vales escavados em tempos anteriores à sua formação. Como exemplo disso, temos o Cabo Branco, que em épocas passadas foi vale do baixo Paraíba.

No caso da Formação Riacho Morno, esta apresenta-se em extensão muito maior, capeando sem concordância aos depósitos anteriores. Como exemplo, existem os tabuleiros no Cabo Branco, que aparecem em uma estreita faixa portodo o litoral, desde o sul da área da GRANDE JOAO PESSOA até ali.

A ocorrência do Grupo na área em estudo dá-se na região ao norte do Vale do Humbaba, enquanto que ao sul deste vale fica restrito à faixa costeira, com uma largura média de 12 km. Aparecem também algumas pequenas ocorrências isoladas a oeste.

1.6.3.1 - Litologia

Litológicamente, caracteriza-se este grupo por uma sequência clástica terrígena, predominando sedimentos arenosos e argilosos de coloração variegada, destacando-se o vermelho, o amarelo, o branco e o cinza. Nos afloramentos nota-se uma predominância de fácies argilosa, onde se observa uma sequência de arenitos argilosos, até argilas, extremamente friável, com cores muitas vezes avermelhadas e arroxeadas, dispostas em camadas horizontais ou em lentes. A espessura cresce no sentido da faixa litorânea com um valor máximo de 80 m. (Vide mapas nº^s 10 e 11).

1.7 - VEGETAÇÃO

Os sítios com revestimento vegetal da área em estudo perfazem um total de aproximadamente 1.268 km², tendo-se em vista a área da GRANDE JOÃO PESSOA com 1.368 km² e as águas continentais com áreas urbanizadas com 100 km². (levantadas em mapas)

As porções mais significativas de matas/florestas estão situadas nos municípios de Santa Rita, cerca de 180 km², que representam 26,2% da área do município, e João Pessoa, com cerca de 86,3 km², que representam 40% da área do município.

A cobertura vegetal da GRANDE JOÃO PESSOA apresenta aproximadamente 416 km² do território coberto por matas/florestas. Recobrimdo áreas descontínuas, as formações florestais apresentam-se sob a classificação de florestas LATIFOLIADAS do sub-tipo úmida de encosta ou mata atlântica, tendo sob as copas outras estratificações herbáceas, além de lianas e epífitas. No sub-tipo úmido de encosta, destacam-se as matas da Usina São João próximas à Mata dos Reis, no município de Santa Rita da Chica e no município de Conde.

Vale também destacar, na classificação de vegetação arbórea, a mata do Buraquinho e a mata do Timbô em João Pessoa, a mata dos Reis no Tabuleiro próximo a Santa Rita, e a mata da Amém à margem da rodovia de acesso a Cabedelo, próxima do Jardim América.

Quanto às áreas cultivadas, a GRANDE JOÃO PESSOA apresenta 363,5 km, sendo que o município de

Santa Rita tem uma participação de 205 km², que vem a representar 30% do território municipal.

Em linhas gerais, a maior participação é da cana-de-açúcar, particularmente no Vale da Paraíba.

Os coqueirais predominam em toda a faixa do litoral das margens do rio da Ribeira até o povoado de Forte Velho.

Os mangues e áreas alagáveis alcançam 90,2 km² do território da GRANDE JOÃO PESSOA. Ocorrem em todos os municípios, com a exceção de Cruz do Espírito Santo. Em Santa Rita, alcançam 38,6 km², que correspondem a 5,6% do território municipal, e em João Pessoa 19 km² que correspondem a 8,9% do território municipal. (Vide Mapa Nº 12 e Quadro seguinte).

GRANDE JOÃO PESSOA - TIPOS DE COBERTURA VEGETAL
POR MUNICÍPIO, ÁREAS EM KM²

Tabela I.6

MUNICÍPIOS COB. VEGETAL	GRANDE JOÃO PES SOA	JOAO PESSOA	CABEDE LO	RAYEUX	SANTA RITA	CRUZ DO ESP. SAN TO	CONDE
MATAS OU FLO RESTAS	416,1	86,3	9,0	2,7	180,0	61,4	76,7
CAPOEIRAS	266,4	13,6	4,2	0,4	170,8	34,1	43,3
ÁREAS CULTI- VADAS	363,5	27,1	3,5	9,5	205,0	93,6	24,8
MANGUES OU ÁREAS ALAGÃ- VEIS	90,2	19,0	8,3	11,1	38,6	-	13,2
PASTAGENS E CAMPO LIMPO	131,9	11,3	1,0	1,0	80,0	23,4	15,2
ÁREA TOTAL (KM ²) (1)	1.268,1	157,3	26,0	24,7	674,4	212,5	173,2

FONTE: GEOTÉCNICA S.A. - 1979

BASE : CARTAS 1:100.000 SUDENE. 1974 - VOO 1972

(1) Área total em km² de cobertura vegetal. Não estão incluídas as áreas urbanizadas nem as águas continentais.

2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.0 - INTRODUÇÃO

A presente Revisão Bibliográfica, visa inicialmente abordar alguns aspectos sobre as Potencialidades dos Recursos Hídricos, enfocando o problema no Brasil e no Nordeste, e primordialmente, elaborar uma análise de algumas metodologias de maior evidência nos estudos de Potencialidades Hídricas, comentar sucintamente tais métodos, dando porém maior ênfase ao desenvolvimento da metodologia utilizada no presente estudo.

Vale porém ressaltar que não foi encontrada bibliografia (nacional ou estrangeira) que desenvolvesse o assunto de modo específico, fornecendo diretrizes ao estudo de Potencialidades, mesmo em se tratando de um assunto, que se constitui a primeira etapa à satisfação da crescente demanda de água pelas populações urbanas, ou mesmo, para o desenvolvimento de qualquer estudo de um planejamento de Recursos Hídricos. Contanto que, as metodologias aqui desenvolvidas foram pesquisadas junto às entidades governamentais que desenvolvem os programas de Recursos Hídricos no país.

2.1 - ALGUNS ASPECTOS SOBRE AS POTENCIALIDADES DOS RECURSOS HÍDRICOS

Todos os grandes desafios que a humanidade enfrenta, todas as suas aspirações de uma vida melhor, com mais dignidade, justiça e segurança requerem um uso crescente de água.

Durante séculos, o homem desperdiçou água, certo de que ela se renovaria e se purificaria indefinidamente. Hoje estamos convencidos de que a água representa um dos problemas socio-econômicos mais grave e urgentes de nosso tempo.

A maior parte da água encontrada sobre a terra provém sobretudo da evaporação da camada superficial do oceano. Sob a forma de precipitações, ela alimenta os reservatórios naturais que são os rios e os lagos. O oceano age como um gigantesco aparelho de dessalinização e de reconstituição quantitativa e qualitativa das fontes de água doce.

Segundo dados recentes, o volume de água da terra é calculado em 1.386 milhões de quilômetros cúbicos. Como a maior parte dessa água é composta pelas águas salgadas dos mares e oceanos (1.338 milhões de km^3 , isto é, 96,5 por cento do total), os 3,5% restantes representam a água doce indispensável à vida (48 milhões de km^3). Desta água doce, 75% (36 milhões de km^3) se encontram em estado sólido formando as calotas polares e geleiras. A quase totalidade dos 25% restantes está nas profundezas da terra, (1.176 milhões de km^3 , isto é,..... 24,5% e só uma parte infinitesimal (0,24 milhões de km^3), a que provém dos rios, lagos e pantanaís, pode ser ime-

diatamente utilizada pelo homem.

Ademais, esta quantidade é variável ao longo do tempo em função das alterações climáticas e apresenta-se desuniformemente distribuída no globo.

E esta quantidade infinitesimal é que gastamos descontroladamente, puluimos vergonhosamente, e o consumo aumenta cada vez mais depressa. (1)

Com relação ao Brasil, os recursos hídricos são, em sua quase totalidade, provenientes da precipitação pluvial; praticamente nula é a contribuição da precipitação nival direta sobre o Brasil, havendo uma parcela indireta devida à neve das cabeceiras andinas da bacia amazônica, pequena percentualmente, em face do enorme volume de água escoado por ela. (2)

Lamentavelmente, não dispomos dos dados dessa pluviosidade de maneira abrangente em todo o território. Há ainda, no Brasil, grandes regiões sem pluviômetros e inúmeros rios onde nunca se procedeu a uma só medida de vazão. Há, entretanto, valores de pluviosidade que já foram generalizados criteriosamente para as diversas regiões, caracterizando-as assim nesse particular. (3). Com esses dados é verdade que com grau de precisão discutível pode-se chegar a um valor de pluviosidade anual sobre o território brasileiro da ordem de 13.000 km^3 ; 1.577 mm de altura de chuva em pouco mais de $8.500.000 \text{ km}^2$. Este volume corresponde a cerca de 12% do total precipitado, segundo Braude (4), sobre terra firme. Entretanto o Brasil com seus $8.500.000 \text{ km}^2$ representa apenas cerca de 6% da área de terras firmes do globo.

Contamos, portanto, com um volume anual de chuvas - realimentação de nosso território em recursos hídricos substancialmente maior, em proporção, do que outras regiões. É uma riqueza e um fator econômico positivo, embora a distribuição territorial não seja homogênea; e muito menos o, é quando consideradas as diferentes regiões brasileiras com seus índices demográficos. Aparecem então grandes déficits em relação às necessidades, sobretudo na área semiárida do Nordeste. (2)

O Brasil acha-se, contudo, em posição de destaque com relação a outros países deficientes de recursos hídricos. Dentre as bacias de grande porte, destacam-se a do: Parnaíba, com 338.000 km² de área; Paraná com 500.000 km²; São Francisco, com 700.000 km²; Tocantins com 980.000 km²; Paraguai com 554.000 km²; Uruguai com 178.000 km² e o Amazonas com mais de 1.000.000 km² (5), caracterizando-se na maior bacia do globo. (2)

Só o rio Amazonas despeja no oceano 3.153 km³ por ano. E, de acordo com a abalizada avaliação de Perdé (6), esse curso de água tem como módulo, no mínimo, 100.000 m³/s consideradas a área de drenagem e as vazões específicas. Só a bacia do Amazonas é depositária de aproximadamente 1/8 de toda a água doce do Planeta e 1/5 de suas águas correntes.

Segundo Ab' Saber (7), as razões geográficas que fazem o Brasil ser rico em recursos hídricos, são: a fachada atlântica do país com sua saliência pronunciada oceano adentro, justamente à altura das latitudes sobequatoriais; a dinâmica dos ventos alísios do hemisfério norte e do hemisfério sul; as condições "sui generis" para captar a unidade varrida da superfície do oceano; e por ser o Brasil, em sua maior parte, uma região intertropical face leste, o que nos dá duas gigantescas áreas de climas quentes úmidos: a amazônia e a atlântica.

Além das razões geográficas que fazem do Brasil um país muito rico em recursos hídricos, há também razões históricas pelas quais um território tão grande passou a ser um país com tantos recursos hídricos. E que os Bandeirantes, quaisquer que tenham sido os motivos de suas entradas, foram, durante séculos, estendendo em todas as direções o território da então colônia portuguesa. E o fizeram orientados com grande visão quanto ao domínio dos recursos hídricos, já que Portugal, sofrendo em seu território metropolitano a fatalidade de não dominar as nascentes de seus maiores rios, aconselhou sabiamente aos brasileiros que fossem até às nascentes dos rios. Assim é que o Brasil conquistou, deliberadamente, os mais importantes centros de dispersão de águas fluviais da América do Sul. (8)

Já vimos que os recursos hídricos do Brasil são de grande vulto com uma alta densidade hidrográfica sustentada por uma estupenda realimentação anual proveniente dos elevados índices de pluviosidade. Essa realimentação das bacias de drenagem contribui não só para as grandes vazões dos cursos de água, decorrentes do escoamento direto à superfície, mas também - e é fator mais importante - para a renovação constante das reservas subterrâneas.

Estas são as garantias da perenidade dos rios, além de também poderem satisfazer por si mesmas as diversas necessidades do homem mediante captação em poços artesianos ou freáticos. (2) Já há várias localidades no Brasil sendo abastecidas, total ou parcialmente, por águas subterrâneas.

O Brasil também é rico nesse aspecto, pois em grande parte de seu território as camadas de subsolo apresentam boas condições aquíferas, até mesmo em

certas regiões de cristalino por haver fendas e diaclas ses. (9)

Concluindo, diremos:

Diante da imensidão de nossos recursos hídricos, praticamente ainda está tudo por fazer no sentido da preservação qualitativa e quantitativa dessa riqueza. (2)

Considerando-se agora, particularmente o Nordeste do Brasil, encontramos um quadro bem delicado. Segundo Gilberto Osório (10), nessa região a água é considerada o mineral crítico por excelência, especialmente na zona semi-árida e no polígono das secas.

Ab' Saber (7), abordando o significado geomorfológico da rede hidrográfica no Nordeste Oriental brasileiro, assim a definiu: "um magro sistema de cursos d'água de áreas semi-áridas, intermitentes e irregulares, dotados de fraquíssimo poderio energético. Isto porque as cabeceiras dos rios nordestinos, ao contrário do que acontece com as do Brasil sudeste, nascem onde as precipitações, em geral, são medíocres e onde os vales, em vastos trechos de suas porções superiores e médias, são desprotegidos do quorum de precipitações anuais suficientes para as alimentar permanentemente".

Com a participação de 18% no total da área correspondente as bacias hidrográficas em território brasileiro, a Região Nordeste coloca-se em terceiro lugar, apenas suplantada pelas Regiões Norte e Centro-Oeste com 42% e 22% respectivamente.

A principal condicionante da pobreza de recursos hídricos no Nordeste do Brasil é, portanto, o clima semi-árido que domina grande parte da Região, devido a sua posição no extremo nordeste do País, no qual uma série de fatores interferem na escassez das chuvas. Em consequência, os rios apresentam no sertão semi-árido um comportamento intermitente que se reflete sobre a vida da população sob a forma de vários problemas, cujas soluções têm sido abordadas desde longa data e até hoje permanecem ainda em pauta. (17)

Analisando-se o regime fluvial da região, constata-se que o ano hidrológico não corresponde ao ano civil. No domínio do Polígono das Secas, o ano hidrológico vai de setembro a agosto para algumas áreas e de outubro a setembro, para outras. (13)

A maioria dos rios da área atingida pelas secas apresenta um regime hidrológico simples, com um único e curto período de grande escoamento durante o ano, com a característica de que a curva de recessão atinge rapidamente o ponto de esgotamento, isto é, os rios secam totalmente.

Este fato está intimamente ligado ao regime das chuvas e à grande área de formações cristalinas.

Em condições normais, aos períodos das cheias, esporádicas e efêmeras, seguem-se intervalos de águas baixas, durante os quais a descarga dos rios diminui rapidamente. O intervalo de tempo com descarga nula é muitas vezes superior ao período em que há escoamento. Ademais, enquanto que, no período de estiagens, as águas baixam gradativamente até um mínimo, geralmente igual a zero, as cheias se produzem de maneira abrupta, caracteri-

zando, assim, a predominância do regime hidrológico do tipo "torrencial". (11)

A deficiência na mensuração de índices pluviométricos nos rios nordestinos não permite um estudo detalhado dos regimes. Com base nas poucas informações disponíveis e nas precipitações que se registram nas diversas áreas regionais é possível, no entanto, agrupá-los nos seguintes tipos:

a - Rios de Regime Equatorial

Caracteriza-se o regime equatorial nos rios maranhenses, Gurupí, Turiaçu, Mearim, Grajaú, Itapecuru, Pindaré etc. (11) "Deve-se ressaltar, particularmente, esses rios maranhenses por apresentarem características diferentes dos demais rios verdadeiramente nordestinos, pelo fato de se tratar de rios perenes, conservando durante todo o ciclo anual um volume de água razoável. Os rios Itapecuru, Mearim e Pindaré, tributários do Golfo Maranhense, têm seus mananciais em zonas de pluviometria entre 1.250 a 2.000 mm anuais e são favorecidos pela ocorrência, em seus altos vales, de terrenos porosos que exercem, por sua vez, notável papel armanezador".(17)

b - Rios de Regime Tropical

Aqueles que fazem parte da Bacia do São Francisco (excluindo as bacias dos

afluentes secundários) e os da bacia do Parnaíba (exceto os afluentes da margem direita). As cabeceiras desse notável rio localizam-se em zonas de precipitações abundantes, superiores a 3.000 mm anuais. Atravessa a região semi-árida sertaneja, sujeita a intensa evaporação, sofrendo redução do seu volume de água, mas mantém-se perene durante todo o ano. Suas cheias vão de outubro a abril, com altura máxima em março, no fim da estação chuvosa do verão. As vazantes são observadas de maio a setembro, condicionadas à estação seca de Outono - Inverno; nessa época é grande a perda por evaporação na lâmina d'água superficial. (17)

c - Rios de Regime Temporário

A leste do Parnaíba, diminuindo os fatores pluviométricos, defronta-se a área sertaneja do Nordeste. Destacam-se nesta faixa os rios temporários ou intermitentes, isto é, rios que correm apenas no período em que caem as chuvas, secando completamente durante a longa estiagem que aí se verifica. Comumente estes rios transformam-se em verdadeiras estradas de areia e seixos rolados, interrompidos, de quando em vez, por poças de água. São os leitos secos denominados, regionalmente, de rios cortados. (17)

d - Rios de Regime Diversificado das Bacias do Leste

Nas Bacias do Leste (Bahia), os rios principais são o Yaza Barris, o Itapecuru, o Paraguaçu, o rio de Contas, Pardo, Jequitinhonha, que podem ser considerados segundo dois grupos: aqueles que correm predominantemente numa área mais seca, ao norte do Recôncavo, e os que nascem na encosta da Chapada Diamantina e do Espinhaço e se dirigem diretamente para o oceano. Os situados ao norte do Recôncavo, são rios cujo regime se caracteriza por uma irregularidade mais acentuada. Ocorrem então as cheias relacionadas com a ação dos alísios. Quanto aos rios do sul do Recôncavo, a partir do Paraguaçu, tornam-se menos irregulares. (17)

Em função, ao mesmo tempo, de peculiaridades geológico-morfológicas das áreas drenadas e de particularidades relativas ao regime fluvial, consideraremos as principais bacias hidrográficas do Nordeste agrupadas ou não da seguinte maneira:

BACIAS	ÁREAS Km ²	PLUVIOMETRIA MÉDIA mm/ano
- BACIAS MARANHENSES		
1 Mearim	112.000	-
2 Itapecuru	37.000	-
- BACIA DO PARNAÍBA		
3 Parnaíba	338.000	800 mm
- BACIAS DO NORDESTE ORIENTAL		
4 Acaraú	21.486	651
5 Curu	8.000	750
6 Jaguaribe	72.760	700
7 Apodi	13.573	400
8 Piranhas	44.600	700
9 Paraíba do Norte	19.375	400
10 Capibaribe	7.400	600
11 Mundaú		
- BACIAS DE SERGIPE E BAHIA		
12 Vaza Barris	18.750	500 mm
13 Itapicuru	37.187	470 mm
14 Paraguaçu	53.600	-
15 Contas	56.449	-
16 Pardo	34.062	-
17 Jequitinhonha	85.027	-
- BACIA DO SÃO FRANCISCO		
18 São Francisco	631.666	1000

Fonte: (19)

Dos dez trilhões de metros cúbicos que se calcula ser, em média, o total das chuvas anualmente caídas no Nordeste, acredita-se viável - tomando como referências as possibilidades mínimas de armazenamento efetivo e deduzindo as perdas por evaporação - estocar permanentemente 40 bilhões. Para esse resultado só o DNOCS tem contribuído já com 253 açudes públicos, que armazenam mais de onze bilhões de metros cúbicos. Recomenda-se, por parte dos especialistas, que essa estocagem se faça preferentemente nas áreas em que o embasamento pré-cambriano metamórfico jaz a descoberto, isto é, onde o escoamento superficial é muito rápido. Mais de 45%, aliás, da superfície territorial do Nordeste estão constituídos dessas estruturas cristalofílicas e cristalinas de baixa ou mesmo nula permeabilidade, onde os aquíferos se acham representados apenas por sistemas de fraturas e diaclases ou por exurgências d'água térmica e radioativa relacionadas com uma tectônica profunda. Em suma,, reservas subterrâneas sempre assaz modestas. Aliás, as águas subterrâneas mais profundas captadas no embasamento cristalino são na sua maioria bastante salgadas e encontram-se águas de boa qualidade apenas em reservatórios de extensão limitada, geralmente relacionados com elevações orográficas em que são favoráveis as condições de declive do nível freático. Por outro lado, a pequena profundidade a que frequentemente se fazem captações nas zonas diaclasadas, ou de cisalhamento, é uma vantagem enganosa: a vazão é sempre reduzida e bem depressa fica o poço à mercê duma realimentação esporádica, condicionada pela irregularidade das precipitações. (11)

Nas estruturas sedimentares, pelo contrário, a água do sub-solo não só escapa à evaporação como jaz praticamente ao abrigo das secas, que na vazão dos poços só chega a se acusar com certa defasagem. Dessas

estruturas, a de maior extensão, com cerca de 600.000km^2 , é a bacia sedimentar do Meio Norte. Dos 631.666 km^2 da bacia hidrográfica do São Francisco, apenas pouco mais de 30 correspondem a terrenos sedimentares. Aproximadamente 40.000 km^2 constituem a bacia sedimentar Reconcavo - Tucano, 20.000 km^2 formam a bacia potiguar, ou bacia do Apodi (RN), e 12.000 km^2 compõem a bacia do Cariri cearense, além de pequenos retalhos dispersos de depósitos outros, inclusive aluviões. Avaliando-se que são nas bacias intracratônicas as reservas regionais seriam pelo menos mil vezes maiores do que nas áreas metamórficas do pré-cambriano, põe-se em evidência o papel hidrológico que está reservado a essas bacias. E não são às bacias como também aos depósitos aluviais das várzeas nordestinas e à faixa sedimentar costeira. O total dessas áreas sedimentares representa 45% do "polígono das secas" e 53% do Nordeste. Não é muito, em comparação com outras regiões semi-áridas do globo, mas é somente o que há e cumpre utilizá-las ao máximo.

Contudo, mesmo nas áreas sedimentares há problemas a considerar. Nas bacias intracratônicas, os aquíferos e o artesianismo somente estão assegurados por alternância de camadas permeáveis e impermeáveis, quando não ocorre na estrutura um tectonismo de falhas. Quando ocorre, faz-se difícil a realimentação por infiltração e os resultados da prospecção podem não ser animadores. Donde a necessidade de mais frequentes apelos aos estudos de geologia estrutural da região.

Na faixa costeira, por seu turno, a vizinhança do mar pode acarretar bloqueios, ou mesmo salinização dos aquíferos por mistura. Nos furos em áreas de aluvião, a exaustão é muitas vezes rápida; de 196 poços furados em 50 anos na várzea do Jaguaribe (CE) 35% já esta-

vam esgotados ao cabo desse período.

DISTRIBUIÇÃO E QUANTIDADE DE AÇUDES NO NORDESTE

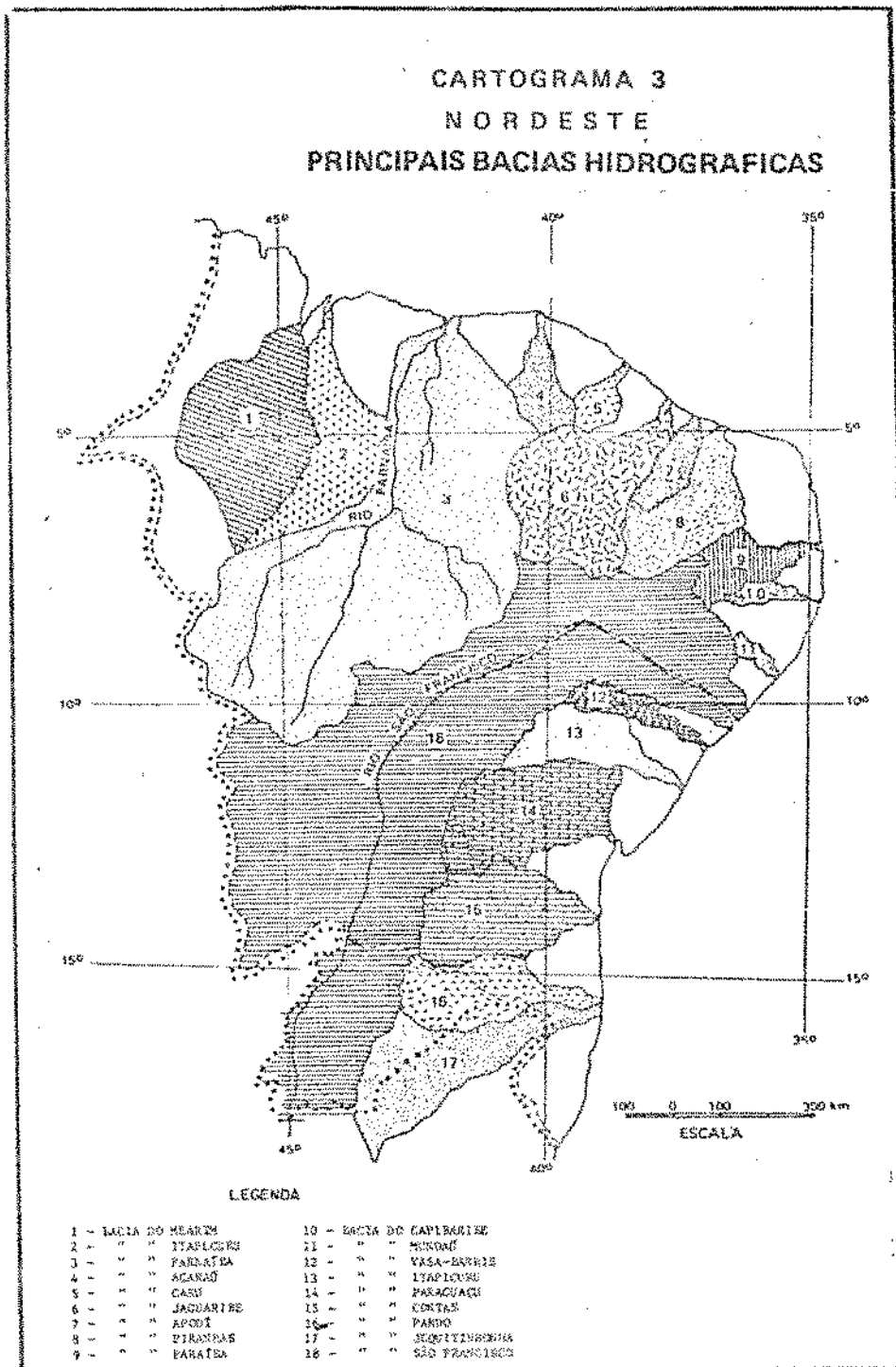
Quadro 2.2

UNIDADES FEDERADAS	Total	Públicos	Particulares	CAPACIDADE (1.000.000 m3)		
				Total	Públicos	Particulares
Piauí.....	12	12	-	173	173	-
Ceará.....	491	57	434	7.831	6.976	955
Rio Grande do Norte.....	108	45	63	608	512	96
Paraíba.....	104	38	66	2.548	2.446	102
Pernambuco.....	45	32	13	905	854	51
Alagoas.....	24	24	-	59	59	-
Sergipe.....	12	11	1	20	19	1
Bahia.....	49	29	20	667	643	24
NORDESTE.....	845	247	597	12.811	11.582	1.229

Fonte: Anuário Estatístico do Brasil, 1972

São dessa natureza os problemas atuais d'água no Nordeste e as perspectivas que lhes dizem respeito no plano desenvolvimentista. No mais, anunciam os especialistas que, uma vez estocada toda a água suscetível de armazenamento e racionalmente aproveitada a do sub-solo até uma profundidade de mil metros, o Nordeste terá um suprimento satisfatório durante cem anos. Nesse interim, o desenvolvimento da tecnologia poderá engendrar novos recursos, como a destilação d'água do mar por processos economicamente viáveis e a produção de equipamentos capazes de explorar aquíferos de maior profundidade. Ao mesmo tempo, as séries pluviométricas que a rede de estações meteorológicas implantadas pela SUDENE dentro em breve começará a fornecer, poderão servir à análise

das irregularidades das chuvas e talvez, um dia, a determinação da periodicidade das secas. (10)



FONTE: SUDENE - II Plano Nacional de Desenvolvimento.

2.2 - ANÁLISE DE ALGUMAS METODOLOGIAS DE QUANTIFICAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

2.2.1 - Metodologia Clássica (14)

Em geral, os estudos e pesquisas das quantificações dos recursos de água de superfície são apoiados nesta itemização metodológica descrita a seguir. Todavia, cada metodologia tem a sua avaliação e análise específica.

Os trabalhos, geralmente, são realizados em três fases distintas a saber:

I - Estudos do Meio Físico;

II - Estudos Climatológicos;

III - Estudos das Potencialidades.

Fase I - Estudo do Meio Físico

I.1 - Objetivos

- Descrever geograficamente de maneira geral, as principais características do meio físico da região em estudo. Constitui-se uma fase de grande

importância, sendo indispensável tanto às quantificações superficiais quanto subterráneas.

I.2 - Aspectos a Considerar

- Situação geográfica da região
- Geologia e geomorfologia geral
- Vegetação
- As massas de ar
- Clima
- As zonas fisiográficas
- As bacias hidrográficas e suas características físicas e morfológicas.

Fase II - Estudos Climatológicos

II.1 - Objetivos

- Muito embora tenha sido feita uma abordagem no item anterior, alguns estudos mais profundos são necessários para dar suporte a posteriores influências no que diz respeito principalmente às disponibilidades de água e às demandas de água nos diversos setores (o que esteja sendo desenvolvido). E depen

dendo da finalidade do trabalho, este estudo deverá se estender até às considerações de clima para agricultura, perdas e necessidades de água, particularmente no que se refere às secas agrícolas relacionadas com os tipos de cultura, ciclo vegetativo, umidade edáfica, quantitativos pluviométricos etc.

II.2 - Dados Básicos a serem Considerados

- Dados das estações meteorológicas e da rede pluviométrica;
- Relatórios existentes e outros documentos.

II.3 - Aspectos a Focalizar

II.3.1 - Estudos Meteorológicos

- Análise crítica dos dados; preenchimentos; gerações; interpretações cartográficas de:
 - Temperatura
 - Umidade Relativa
 - Insolação
 - Radiação Solar
 - Ventos

- Evaporação Potencial
- Sinopse Climática.

II.3.2 - Estudos de Precipitação

- Análise crítica de estudos existentes e de dados complementares;
- Interpretação das análises estatísticas;
- Zonas homogêneas de precipitação;
- Características do Regime Pluviométrico;
- Estudo das chuvas intensas e sua distribuição espacial, com caracterização dos trimestres secos e chuvosos.
- Ocorrências de cheias e secas.

Fase III - Estudo das Potencialidades

III.1 - Água de Superfície

III.2 - Objetivos

- Definir as potencialidades dos recursos de água de superfície, quantificando e qualificando as suas ocorrências e caracterizando o seu regime nas bacias hidrográficas.

III.1.2 - Dados Básicos a serem Utilizados

- Dados das estações fluviométricas existentes;
- Dados limimétricos dos açudes;
- Estudos hidrológicos realizados nas bacias da região;
- Processamentos dos dados.

III.1.3 - Aspectos a serem Focalizados

- Análise crítica dos estudos hidrológicos realizados e dos dados complementares;
- Caracterização do regime hidrológico das bacias;
- Definição das áreas hidrologicamente homogêneas;
- Estabelecimento de províncias hidrológicas;
- Balanço hidrológico;

- Rendimentos anuais mensais e suas frequências;
- Relação rendimento área;
- Representação cartográfica dos rendimentos médios anuais.

Obs: A representação cartográfica dos diversos trabalhos deverá ser feito em escala de 1:100.000 a 1:500.000.(14)

2.2.2 - Metodologia Baseada nas Zonas Hidrológicamente Homogêneas (ZHH)

O conceito de zona hidrologicamente homogênea foi estabelecido inicialmente por Dubreil (1977). Decorre de hipóteses e simplificações feitas ao se selecionarem determinadas características físicas e climáticas supostamente expressivas numa região, admitindo-se que uma zona homogênea segundo determinados indicadores climáticos e físicos seja também homogênea hidrologicamente. (18)

O método baseia-se em informações regionalizadas decorrentes do mapeamento de zonas hidrologicamente homogêneas (ZHH) e de informações pluviométricas e fluviométricas disponíveis.

As ZHH constituem ferramenta excepcional para análises em parcelas de bacias identificadas como homogêneas segundo determinados indicadores climáticos e físicos. Essas parcelas homogêneas com propriedades associáveis ao escoamento, juntamente com dados fluviométricos, permitem identificar aspectos especiais no escoamento. (4)

Através do mapeamento de indicadores climáticos e físicos se alcança uma delimitação de zonas, com base na ocorrência espacial de classes estabelecidas para os referidos indicadores. A síntese final decorre da superposição dos mapeamentos realizados, resultando em uma configuração de zonas que diferem entre si em pelo menos uma das classes dos indicadores considerados. E pelo fato de reunirem características físicas e climáticas, que variam apenas numa estreita faixa conforme os intervalos de classe adotados, os elementos espaciais resultantes são denominados de zonas hidrologicamente homogêneas.

Apesar de basear-se em quantificações, ao estabelecer os intervalos de classe em que cada um dos indicadores físicos ou climáticos adotados tenham sido subdivididos, o processo é eminentemente quantitativo, pois sua síntese é cartográfica, não se cogitando de relações funcionais que interliguem os constituintes do balanço hidrológico aos referidos indicadores.

O mapeamento das potencialidades hídricas é alcançado a partir dos deflúvios fornecidos por estações fluviométricas e das zonas hidrologicamente homogêneas.

Função da metodologia adotada, a sele

ção dos indicadores físico-climáticos (no caso: a precipitação anual, a permeabilidade, o relevo e a altitude) e suas classes de diferenciação não deixam de ter sua influência nos resultados do zoneamento. Assim, mesmo sendo sua escolha satisfatória em termos da abrangência espacial e da precisão da escala de trabalho, provavelmente haverá as particularidades regionais não suficientemente explicadas por esses indicadores, a requererem informações adicionais. Permanecerá a precisão do zoneamento nessas áreas sujeita, portanto, à disponibilidade daquelas informações.

É fácil de se perceber igualmente que a precisão dos resultados está condicionada à dos mapeamentos-base, como o das isoietas anuais, da permeabilidade, dos índices de relevo e da altitude, afetados que são das limitações dos dados que lhes deram origem. (6)

Crítérios e avaliações - Partindo-se de dados fluviométricos, é possível se avaliar as lâminas médias de escoamento em bacias hidrográficas e trechos de bacias controladas por postos fluviométricos. Avaliações em áreas inferiores a essas unidades hidrográficas tornam-se possíveis mediante o apoio de caracterizações climático-físicas, usadas em combinação com aqueles dados. Nesse caso, o método empregado utiliza os deflúvios totais anuais observados na referida rede, tomados como elemento de controle nas sub-bacias, enquanto as zonas hidrologicamente homogêneas figuram como elemento caracterizante das diferenciações regionais em áreas interiores às sub-bacias ou trechos controlados, permitindo que sejam atribuídos valores para suas lâminas de escoamento.

Inicialmente, são determinadas as lâminas médias de escoamento anual para todas as sub-bacias

e trechos intermediários controlados por postos fluviométricos. Nesta etapa, devem ser uniformizados os períodos de observação, aplicando-se ajustes às médias dos períodos mais curtos, de modo a torná-las comparáveis àquelas dos postos com períodos mais longos, sempre que possível.

Estando as zonas hidrologicamente homogêneas caracterizadas segundo classes da precipitação anual, permeabilidade, índice de relevo e altitude, é possível hierarquizá-las segundo sua aptidão ao escoamento, com base nessas características. Assim, conforme essa ordenação que tem na precipitação seu elemento de maior peso, seguida da permeabilidade, podem ser atribuídos valores iguais às lâminas de escoamento para cada zona hidrologicamente homogênea, parte de um conjunto controlado por um posto fluviométrico. Com a repetição do procedimento, obtêm-se uma espécie de "sistema" de equações cujas variáveis livres são as lâminas arbitradas nas zonas hidrologicamente homogêneas " \bar{Q}_i "; a variável dependente é representada pelas lâminas médias nos trechos controlados por dados observados " \bar{Q} "; atuando os percentuais de área das Z.H.H relativos àqueles trechos " a_i " como "pesos" a afetar as variáveis livres " Q ", expressas em "mm", na forma:

$$\bar{Q}_{\text{trecho}} = a_1 \bar{Q}_1 + a_2 \bar{Q}_2 + \dots + a_n \bar{Q}_n \quad (4)$$

Os valores iniciais atribuídos às lâminas são progressivamente equilibrados e ajustados até tornarem-se compatíveis em conjunto, e com os deflúvios observados nos postos fluviométricos.

Comentários - Em face das limitações na seleção e classificação dos indicadores climato-físicos, podem ocorrer eventuais discrepâncias entre valores das

lâminas em zonas hidrologicamente homogêneas que apresentem semelhanças em suas características. Isso se deve principalmente às amplitudes das classes estabelecidas para a precipitação anual e permeabilidade, dentro das quais as oscilações desses parâmetros devem ser bastantes para provocar reflexos no escoamento. Resultam ainda, em alguns casos, zonas que pela sua extensão apresentam diferenciações locais em sua lâmina média.

Esses aspectos, porém, não vão de encontro à metodologia adotada, que tem resultado plenamente satisfatória nas avaliações do escoamento anual.

O uso das informações sintetizadas no mapeamento das potencialidades hídricas, além de se restringir a objetivos específicos de planejamento, avaliações e comparações a nível exploratório, sofre também limitações de uso quanto às dimensões da área onde se pretenda empregá-las. À medida em que as áreas avaliadas descam abaixo da ordem de milhar de quilômetros quadrados, as informações levantadas do mapeamento perdem em significado e merecem correções. (7)

2.2.3 - Metodologia Aplicada em Pequenas Bacias (7)

Consideram-se pequenas bacias aquelas que alimentam aguadas. São bacias que raramente atingem 1.000 km^2 , o mesmo não acontecendo com as anteriormente descritas que variam de 950 km^2 a 58.000 km^2 .

Como as relações a seguir apresentadas destinam-se às bacias muito inferiores a 1.000 km^2 , o

erro que se comete, ao se adotar as lâminas médias obtidas para as bacias de 1.000 km^2 , estando a favor da segurança é perfeitamente assimilável pelas avaliações regionais para pequenas bacias, entre alguns milhares e algumas centenas de quilômetros quadrados. Por outro lado, a homogeneidade definida à escala do trabalho não seria comparável àquela exigida por áreas muito inferiores a 1.000 km^2 , o que sugere adoção de critério conservador tal como o adotado.

A expressão regionalizada das lâminas médias em pequenas bacias homogêneas (lei empírica) é dada por:

$$\bar{Q} = \lambda \cdot S^n ; (n < 0) \dots\dots\dots (2.1)$$

onde,

\bar{Q} lâmina média escoada, com dimensão:

$$[L] [T]^{-1};$$

λ coeficiente unitário ($S = 1$), com dimensão:

$$[L]^{1-2n} [T]^{-1}; \text{ e}$$

S área da bacia homogênea, com dimensão:

$$[L]^2.$$

- Avaliações

Consideradas duas bacias, uma bacia unitária e uma genérica (A_i) situadas em uma mesma ZHH, a expressão (2.1) transforma-se em:

$$Q_i = Q_1 \cdot \frac{(A_i)^n}{1} \dots\dots\dots (2.2)$$

Como se conhece geralmente os valores $Q_{1.000}$ ou L_M (*) decorre, para $A_i = 1.000 \text{ hm}^2$, a expressão:

$$Q_1 = Q_{1.000} \left(\frac{1}{1.000} \right)^n = \frac{L_M}{1.000^n} \dots\dots\dots (2.3)$$

levando-se (2.3) em (2.2) resulta:

$$L_i = L_M \left(\frac{A_i}{1.000} \right)^n \dots\dots\dots (2.4)$$

ou:

$$\frac{L_i}{L_M} = \left(\frac{A_i}{1.000} \right)^n \dots\dots\dots (2.5)$$

Com base nos estudos citados pode-se, genericamente, adotar $n = -0,115$ logo:

$$\frac{L_i}{L_M} = 2,213 \cdot A_i^{-0,115} \dots\dots\dots (2.6)$$

O volume (V_i) produzido em bacia homogênea de área A_i é dado por:

$$V_i = L_i \cdot A_i \dots\dots\dots (2.7)$$

Substituindo (2.6) em (2.7) resulta:

$$V_i = 2,213 \cdot L_M \cdot A_i^{0,885} \dots\dots\dots (2.8)$$

(*) L de lâmina: deflúvio medido em "mm".

Admitindo-se que a distribuição probabilística das lâminas L_i possa ser obtida a partir da distribuição dos $L_M^{(*)}$ segundo a expressão dada em (2.6) que pode ser escrita genericamente: $L_M = \lambda(L_i)$;

e se a função " λ " é crescente e unívoca, resulta a igualdade das funções de distribuição:

$$\Psi(L_i) = F(L_M) = F[\lambda(L_i)] .$$

Por conseguinte, pode-se obter a função de densidade dos L_i :

$$\psi(L_i) = f[\lambda(L_i)] \cdot [\lambda'(L_i)]^{(**)} \dots \dots \dots (2.9)$$

Portanto, da observação das equações (2.6) e (2.9) conclui-se que, conhecido o valor de L_M para qualquer duração (suponhamos $d\% + L_M^d$), a ele estará associado o valor L_i^d . Logo, a equação (2.8) assumirá a forma:

$$V_i^d = 2,21 \cdot L_M^d \cdot A_i^{0,885} \dots \dots \dots (2.10)$$

As informações existentes (v. item 11) permitem obter L_M^d função de \bar{L}_M logo para um fator de transformação K , vem:

$$L_M^d = K \cdot \bar{L}_M \dots \dots \dots (2.11)$$

(*) hipótese plausível para zonas homogêneas.

(**) λ' é a função diferencial de λ .

Considerados V_i (m^3); L_M (mm) e A_i (km^2) e levando (2.11) em (2.10) conclui-se por:

$$V_i^d \text{ (m}^3\text{)} = 2.210 \cdot K^{(*)} \cdot L_M \cdot A_i^{0,885} \dots\dots(2.12)$$

que será a forma de aplicação ao cálculo das potencialidades em pequenas bacias para um nível de risco (1 - d) prefixado. "Essas estimativas em conjunto com as avaliações dos itens 9 e 10 permitirão calcular as disponibilidades em aguadas e em pequenos e médios açudes, de forma genérica, para qualquer região em estudo."

- Comentários

Quando procedemos ao uso de uma metodologia generalizada para a quantificação de potencialidades em pequenas bacias, teremos, obviamente, seus resultados expressos em função das características fisiográficas, que as definem, e sendo esta particular para cada caso em questão, estes resultados apresentarão um nível de risco bem considerável. Entretanto, se tornarmos esta metodologia específica ao caso considerado (pequena, média ou grande bacia e respectivos fatores), eliminaremos tal condição.

O método anteriormente descrito tem sua vantagem e grande aplicabilidade por ser, em primeiro lugar, um método específico, e, em segundo lugar, por considerar uma distribuição probabilística de lâminas médias medidas em bacias de pequeno porte, sendo a avaliação regional.

(*) Nos cálculos iniciais, a título precário, pode-se adotar $K = 0,15$.

2.2.4 - Metodologia utilizada no estudo

A metodologia ora descrita foi desenvolvida para avaliar a quantificação hídrica superficial. Embora esteja apoiada na metodologia descrita no item 2.2.1 deste capítulo, foram acrescentados alguns tópicos que achamos necessários às finalidades do presente estudo.

Os trabalhos foram realizados obedecendo-se às seguintes fases, a saber:

- I - Coleta de Dados
- II - Estudo Geral das Bacias Hidrográficas
- III - Estudos Climatológicos
- IV - Estudo sobre Água de Superfície
- V - Quantificação das Potencialidades.

FASE I - Nesta fase, foi coletado, junto aos órgãos governamentais e particulares, todo o material necessário à execução do estudo. Entre os órgãos destacam-se: CAGEPA, GEOTÉCNICA S/A - ESIFE, SUDENE, IRN, DNOCS, DNOS, DNAEE e F-IBGE.

FASE II - Os principais tópicos abordados nesta fase foram:

- o traçado das bacias hidrográficas em estudo;

OPPA/BIBLIOTECA/IRAI

ção geral das bacias desde sua localização cartográfica até sua importância no sistema hídrico;

- análise de consistência e homogeneização de dados onde foi feita a detecção de erros grosseiros e preenchimento das falhas;
- caracterização física das áreas em estudo e regionalização dos dados, compreendendo a descrição geral das bacias desde sua localização cartográfica até sua importância no sistema hídrico;
- análise geomorfológica e geológica da área por bacia;
- análise climatológica;
- análise da cobertura vegetal;
- análise das características físicas das bacias, onde foram calculados todos os índices físicos.

FASE III - Embora tenha sido feita uma abordagem no Cap. I, alguns estudos mais profundos se fizeram necessários para dar suporte a posteriores influências. Nesta fase foram desenvolvidos os seguintes estudos:

- levantamento da rede meteorológica atual;
- análise detalhada dos principais meteoros;
- determinação das isoietas anuais;
- os coeficientes de variação das séries temporais;
- definição dos trimestres chuvosos e secos;
- as zonas homogêneas de precipitação;

- temperatura;
- evaporação;
- e outros meteoros.

FASE IV - Nesta fase os trabalhos tiveram o seguinte desenvolvimento:

- levantamento da rede hidrométrica em operação;
- estudo do escoamento fluvial onde foram desenvolvidos os estudos das séries pluviométricas básicas e séries de deflúvios mensais para as bacias isoladas. Foram aí determinados os polígonos de Thiessen, bem como os fatores para os vários postos em estudo; correlação dos dados fluviométricos disponíveis no local em estudo, com os dados fluviométricos de postos vizinhos, hidrologicamente semelhantes; correlação com dados pluviométricos; extensão de dados fluviométricos para locais desprovidos de postos; estudo da chuva média compreendendo as séries mensais, isoietas anuais, coeficientes de variação, trimestres e zonas homogêneas de precipitação.

FASE V - Com base nos estudos desenvolvidos nos itens anteriores, tornou-se possível a quantificação das potencialidades de cada manancial bem como a sua variabilidade, apresentadas nas curvas de permanência das vazões (e Quadro nº. 3.16)

Comentários - Esta metodologia encontra-se desenvolvida de maneira acessível no Capítulo III.

2.3 - ANÁLISE DE ALGUMAS METODOLOGIAS DE QUANTIFICAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

2.3.1 - Metodologia Clássica (22)

Em geral as quantificações dos recursos de água subterrânea seguem uma metodologia pautada na descrita a seguir, por ser simples, prática e precisa.

Os trabalhos, geralmente, são realizados em três etapas sucessivas, porém com superposições no tempo de uma com outra; tais fases são as seguintes:

- I - estudo do "meio físico";
- II - compilação e análise dos dados existentes;
- III - levantamento de campo e análises de laboratório;
- IV - análise e síntese final.

FASE I - Já desenvolvida no item 2.2.1 e 2.2.4

FASE II - Nesta fase é feita uma coleta, cadastramento e análise do material existente relativo à topografia, geologia, geofísica, hidrologia e hidroquímica das águas subterrâneas. A coleta englobará tanto os trabalhos publicados como aqueles existentes nos arquivos das entidades estatais.

Com base na compilação e análise destes dados, distinguem-se então os graus de cobertura hidrogeológica diferentes que orientarão a execução dos serviços de campo e outras tarefas.

FASE III - Trata-se de uma fase de trabalho que congrega várias tarefas, sendo necessário fazer-se uma abordagem itemizada no sentido de facilitar a exposição do trabalho.

Tal itemização poderá ter base na descrita abaixo.

III.1 - Atualização do cadastro dos p^olos

Para fins desta atualização, devem ser efetuadas visitas aos pontos d'água, na maioria poços de construção mais recente, detectados durante a coleta de dados e incluídos no inventário hidrogeológico.

III.2 - Inventário hidrogeológico básico

Como foi mencionado no início deste, os trabalhos referentes a esta tarefa se concentram mais em determinadas áreas que outras.

Em princípio, o inventário hidrogeológico básico se constitui das seguintes tarefas:

- a - coleta de informações sobre os pontos d'água principalmente acerca dos poços perfurados;

- b - cadastros de ponto d'água (cacimba ,
poços e fontes);
- c - amostragem d'água;
- d - verificação expedita da geologia da
área;
- e - nivelamento barométrico dos pontos d'
água;
- f - testes de bombeamento.

III.3 - Nivelamento barométrico

Neste item, tomam-se como pontos base as altitudes de precisão da Fundação IBGE, implantadas ao longo das principais estradas da região; em seguida, efetua-se o nivelamento altimétrico dos pontos d'água selecionados.

Esta seleção visa à confecção dos mapas piezométricos.

Para as áreas afastadas dos pontos de referência da fundação IBGE, torna-se necessário a implantação de uma linha-base de nivelamento barométrico, antes de se poder proceder ao nivelamento dos pontos d'água.

III.4 - Coleta e análise de amostras d'água

Trata-se de uma fase importante ao desenvolvimento e conclusões de trabalho, podendo inclusive ser eliminados (para fins de abastecimento) alguns mananciais. Nesta etapa são coletadas e analisadas um nú

mero de amostras que seja representativo dos poços, fontes, cacimbas etc.

Em todas as amostras, devem ser consideradas as suas principais características físicas e químicas.

III.5 - Ensaios de Bombeamento

Geralmente devem ser efetuados no mínimo dois tipos de ensaios para avaliação dos parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos. E geralmente utiliza-se um expedito e outros de bombeamento propriamente dito.

Para o ensaio expedito: - pode ser utilizado apenas um poço para o bombeamento e observação ao mesmo tempo, e, através da análise das curvas de recuperação, determinam-se então os coeficientes de transmissibilidade (T) e de permeabilidade (K). Tal interpretação baseia-se no método de Jacob.

Ensaio de bombeamento propriamente dito: - nestes são utilizados dois poços, um de bombeamento e outro de observação. As curvas de depressão e recuperação referentes aos poços de observação permitem a determinação dos coeficientes de transmissibilidade (T), permeabilidade (K) e armazenamento (S). Neste caso um método aconselhável seria o de superposição gráfica de Theis.

O número de ensaios necessários fica em função do número de poços disponíveis.

Geralmente ocorre que, além dos dados diretamente obtidos pelos ensaios de bombeamento, existem os dados das entidades estatais que controlam os sistemas.

Após o processamento dos dados de ensaios de bombeamento, estes são apresentados em forma de:

- representações gráficas do nível dinâmico versus tempo;
- gráficos de depressão residual versus t/t' ;
- curva de depressão e recuperação do poço observado versus r^2/t .

Nas figuras que apresentam as últimas curvas, constam também os perfis dos poços utilizados, assim como a sua localização em planta.

IV - Análise e Síntese Final - Elaboração do Relatório Hidrogeológico e Potencial

Com base nos dados obtidos nas fases anteriores, parte-se para a fase de análise: processamento de dados, cálculo e interpretação.

- Processamento de dados: nesta etapa devem ser catalogados todos os dados de poços disponíveis que foram cadastrados, assim como as análises químicas d'água.

Os dados de análises químicas d'água se-

rão ainda sujeitos a um processamento, para efeito da sua classificação.

- Cálculos: Os trabalhos de cálculos são relacionados à avaliação do escoamento natural das sub-bacias, a estimação das reservas permanentes e a estimativa dos recursos hídricos subterrâneos exploráveis.

Podem também nesta fase ser efetuados, além dos cálculos de potencialidades, os cálculos de estimativa da demanda, bem como os de análises econômicas da captação.

- Interpretação: Trabalhos de interpretação são realizados em relação aos dados geológicos em geral: fichas de sondagem, mapas de isópacas, contornos estruturais do topo e profundidade da base dos principais aquíferos.

Certas interpretações entram também no tocante à hidrogeologia, avaliação das reservas, hidroquímica, estimativa dos recursos exploráveis e à análise econômica da exploração.

De posse desses elementos fornecidos pela análise dos dados, elaboram-se os relatórios: de Potencialidades Hidrogeológicas de Síntese, intercalando-os em função de objetivo do estudo.

Geralmente os mapas que acompanham es

ses estudos são:

- mapas geológicos;
- mapas hidrogeológicos;
- mapas hidroquímicos;
- mapas das reservas exploráveis;
- mapas de potencialidades e disponibilidades;
- mapas de custo de exploração.

Assim sendo, está traçada uma metodologia itemizada, básica ao estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos. (22)

2.3.2 - Metodologia Apoiada no Escoamento de Base (23)

A metodologia consiste em focar o problema de um nível superior, menos detalhado, analisando o sistema aquífero como um todo globalmente, ou seja, levar mais em consideração as relações entre os sistemas aquíferos e o sistema hidrográfico (água de superfície) evitando perder-se no nível de sub-sistemas, onde os dados tornam-se, geralmente, escassos e insuficientes, para uma análise por aquífero.

A análise se concentra nas relações inter-sistemas, não se interessando pelas relações no interior do sistema aquífero, como as filtrações verticais ou o escoamento de cada aquífero.

Estas relações inter-sistemas são:

a - a relação sistema de chuvas-sistema aquífero, através da infiltração, que é um fenômeno não muito bem dominado no atual estágio da tecnologia e, por isto, evitam-se, sempre que possível, avaliações diretas desta entrada;

b - relação sistema aquífero - sistema hidrográfico (que representa a drenagem do primeiro pelo segundo) é a que se pode avaliar com a melhor precisão, graças às medidas nas estações fluviométricas e através do cálculo da vazão de base dos rios nas curvas de depleção dos hidrogramas respectivos.

Em conclusão, a análise do funcionamento e, conseqüentemente, a avaliação do potencial de um aquífero ou conjunto de aquíferos, devem seguir a pauta seguinte:

- I - conceber o sistema aquífero da maneira mais global possível, indo do geral ao particular;
- II - quantificar as potencialidades pela avaliação das saídas do sistema; descargas de base, (no trimestre seco). (23)

- Comentários

Como qualquer princípio metodológico,

este também tem que ser aplicado com critério e flexibilidade.

Quando não existirem medidas de saídas, quantificar-se-ão as entradas pelas estimativas das infiltrações, por comparação com zonas similares bem conhecidas e já quantificadas de maneira confiável, recordando-se sempre de que a relação infiltração-chuva não é uma função linear.

Os critérios de estudos básicos, levantamentos, apresentações etc. estão apoiados na metodologia anteriormente descrita. (22)

2.3.3 - Metodologia de exploração proposta para micro regiões (24)

Esta metodologia visa a aquilatar as potencialidades de águas subterrâneas em pequenas áreas a nível dos dados e estudos obtidos em poço, visando a suprir povoados, agro-vilas etc.

- Dados básicos a serem utilizados

- Mapas;
- Dados e informações de entidades ou particulares que perfuraram poços na região;
- Dados das qualidades geológicas e espessuras aproximadas das diferentes camadas quanto à perfuração dos poços existentes, obtidos por pes -

sas juntos dos particulares, bem como a qualidade e sabor da água. E informações gerais.

- Levantamento de campo

- Pesquisas "in loco" da vegetação, topografia e pontos de água como: cacimbas, fontes etc.
- Coleta e análise de um número de amostras que seja representativo de poços, fontes, cacimbas etc.
- Compilação e análise dos dados obtidos.

- Testes do Aquífero

Este teste tem como finalidade principal transmitir informações e dados importantes sobre o reservatório de águas profundas que podem, no caso, ser determinados fidedignamente por meios práticos, tais como um teste expedito, utilizando-se apenas um poço para o bombeamento e observação. Ou, se possível, fazem-se as observações em poços existentes e equidistantes, que possam ser representativos.

Como meio mais prático podemos ainda citar o Teste por Baldeamento, que, em determinadas regiões, constitui-se a única opção.

- Teste de Baldeamento

Quando se explica o teste por baldeamento, as seguintes medições deverão ser feitas:

- 1 - nível estático do poço;
- 2 - capacidade útil do baldeador ou caçamba;
- 3 - número de caçambas cheias de água extraídas do poço em um determinado período de tempo;
- 4 - profundidade da água durante a operação.

A taxa média de extração de água é o volume extraído em um determinado período de tempo, dividido pelo número de minutos ou segundos. O abaixamento durante o teste poderá ou não ser igual ao ocasionado pelo bombeamento à mesma taxa, dependendo das condições do aquífero e da operação de baldeamento (o que deve ser considerado nas conclusões finais).

Através das observações feitas no rebaixamento e tempo, pode-se então determinar os coeficientes de transmissibilidade (T) e de permeabilidade (K). Tal pretensão poderá ser baseada no método de Jacob.

Obs: Quando possível, este teste pode ser efetuado com o auxílio de um motor gerador (a óleo) e uma bomba tipo convencional.

- Apresentação dos Resultados Obtidos

Os resultados podem ser apresentados nas formas comuns como:

- representação gráfica do nível dinâmico versus tempo;
- curva de depressão e recuperação ver-

sus tempo.

- Análise e síntese final

Com base nos dados disponíveis, e obtidos, parte-se para uma análise dos dados expressando uma avaliação do desempenho e potencialidade do aquífero.
(24)

- Comentário

Como foi dito anteriormente, trata-se de uma avaliação grosseira, contudo, expressa a capacidade de produção do aquífero, que é um fator importante, indispensável e limitante à tendência de crescimento e condições socio-econômicas de uma região.

2.3.4 - Metodologia utilizada no estudo

A metodologia utilizada no estudo das quantificações hídricas subterrâneas para a região em estudo não poderia fugir à metodologia clássica anteriormente apresentada no item 2.4.1, porém algumas modificações e introduções que se fizeram necessárias à itemização desta, são descritas a seguir.

I - Compilação e análise dos dados existentes

Nesta fase foram coletados, primeiramente, os dados através de trabalhos e periódicos, bem como projetos existentes nas seguintes entidades: CAGEPA (cadastro dos poços existentes, perfis de bombeamento), SUDENE, DRN (topografia da área, geologia geofísica, hi-

drogeologia e projetos afins), DNOS e DNOCS (projetos e dados complementares) e F-IBGE (levantamento barométrico).

Com base na compilação e análise desses dados, foram caracterizados os diferentes graus de cobertura hidrogeológica da região.

II - Levantamentos de campo e análises de laboratório

Este item foi desenvolvido na seguinte ordem:

- Avaliação dos cadastros obtidos pela CAGEPA;
- Visitas nos pontos d'água (poços) cadastrados e particulares não cadastrados para posterior inclusão no inventário hidrogeológico e levantamento dos poços recentes, em operação pela CAGEPA;
- Movimento geológico da área (vide Cap. I);
- Não foi efetuado um nivelamento barométrico, por se acharem levantados os mapas piezométricos dos principais pontos d'água selecionados;
- Além das análises das amostras de águas coletadas nos aquíferos objeto de estudos, foram também considerados os riscos de poluição e/ou contaminação dos mesmos;
- Os ensaios de bombeamento expeditos

foram realizados com base nos dados dos testes já existentes, dos poços da CAGEPA. Entretanto, os testes de bombeamento propriamente ditos não apresentaram resultados satisfatórios, uma vez que a paralisação do sistema de captação acarretaria sérios transtornos para a CAGEPA; mesmo assim, foram obtidos dados complementares particulares.

III - Análise e síntese final

Nesta fase foram desenvolvidos:

- Os processamentos dos dados obtidos, bem como cadastramento dos novos poços e análises químicas d'água;
- As estimativas dos recursos exploráveis para os sistemas de abastecimento das cidades em estudo, expressando-se os resultados obtidos, bem como as simulações para alcances de cinco em cinco anos, até o horizonte do estudo e estimativas do número de poços necessários em cada etapa.
- Os cálculos das potencialidades foram estimados, através de simulações para as cidades objeto de estudo, destacando-se a capacidade de produção dos poços e os níveis dinâmicos dos poços centrais e

extremos dos vários sistemas. Também foram calculadas as potencialidades para todas as bacias em estudo, levando-se em consideração a área de influência dos aquíferos (Barreiras e Beberibe) na bacia.

- Comentário

Este estudo, encontra-se desenvolvido de maneira detalhada no Capítulo III.

3.0 ESTUDO DOS RECURSOS HÍDRICOS

CAPÍTULO III

3.0 - ESTUDO DOS RECURSOS HÍDRICOS

3.1 - HIDROGRAFIA E RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

A rede hidrográfica de interesse da GRANDE JOÃO PESSOA se compõe de nove bacias, porém neste estudo serão analisadas somente as principais, que são as dos rios: Paraíba, Gramame, Mamanguape, Miriri e Jacuípe. Destas, somente as dos rios Paraíba e Mamanguape são de maior porte.

O rio Paraíba, o rio Mumbaba (afluente do Gramame) e os afluentes do Mamanguape são atualmente aproveitados por órgãos públicos para o abastecimento em várias cidades do Estado.

3.1.1 - Descrição geral das bacias

3.1.1.1 - Bacia do Paraíba

O rio Paraíba inicia seu curso com o recebimento das águas do rio do Meio e Sucuru próximo à cidade de Caraúbas no Planalto da Borborema. Sua bacia abrange uma área de 19.800 km² e está localizada entre os meridianos 34^o 50' e 37^o 20' e os paralelos 6^o 50' e 8^o 20', na parte central da área em estudo.

Esta bacia é caracterizada por precipitações médias anuais de 1.800 mm no litoral e abaixo de 300 mm no sertão, que compreende o médio e alto Paraíba. O sertão é conhecido como a mais seca região do estado, com as cidades de Cabaceiras e Soledade apresentando os mais baixos índices pluviométricos do Brasil.

De sua nascente até a foz, o rio Paraíba percorre uma distância de 360 km e nesta suas cotas chegam a atingir um máximo de 1.100 m.

Em seu desenvolvimento, o rio Paraíba tem seu trecho superior nas terras altas do Planalto da Borborema, onde o relevo se apresenta ondulado e com os vales abertos resultantes de dissecação intensa. Este trecho é caracterizado como "Alto Paraíba" que se estende da nascente até a divisa dos municípios de São João do Cariri e Barra de São Miguel. No seu trecho médio atravessa uma região suavemente deprimida e plana, que se desenvolve à retarguarda dos tabuleiros litorâneos, prologando-se para oeste até o sopê da escarpada Borborema, correspondente à divisa dos municípios de Natuba e Salgado de São Felix. Este trecho é caracterizado por "Médio Paraíba". No seu trecho inferior, serpenteia pelos terrenos sedimentares que compõem os baixos platôs costeiros. Forma, juntamente com seus afluentes, amplas várzeas e antigos rios, hoje colmatados, em cujos terrenos encontram-se vastos depósitos argilosos. Neste último recebe a denominação de "Baixo Paraíba" e estende-se até sua foz no Oceano Atlântico.

Sua direção predominante é oeste-leste, e, ao longo deste percurso, recebe pela margem direita os afluentes: Riacho Velho Antonio, Rio Tibiri, Rio Una, Rio Coite, Riacho Negro, Rio Sanhauã e Rio Mandacaru, e pe

la margem esquerda: Riacho Ipueira, Rio Taperoã, Riacho Salinas, Riacho Juã, Riacho Zé Velho, Riacho Tapuio, Riacho Muquêm, Riacho do Simão, Rio Jagã, Riacho Mogeiro, Riacho Curimataú, Riacho do Caldas, Rio Una, Riacho Obim, Rio Gurinhem e Rio Acaí.

Entre estes tributários destacam-se o Sanhauã e o Mandacaru. Estes rios têm, respectivamente, por afluentes os rios Marês e Jaguaribe, que são grandes provedores de água para o consumo de João Pessoa.

Uma das características do rio Paraíba e seus afluentes está no seu aproveitamento como fonte alimentadora dos açudes na região da Borborema. Ao lado de pequenos açudes particulares encontramos alguns açudes públicos, destacando-se os de Boqueirão e Sumê.

3.1.1.2 - Bacia do Mamanguape

O rio Mamanguape nasce na Lagoa Salgada próximo ao município de Pocinhos, a uma altitude de 720m, com sua bacia abrangendo uma área de 3.205 km². Está localizado entre os meridianos 34° 50' e 36° 00' e latitudes 6° 45' e 7° 30'. O rio Mamanguape atravessa, desde a sua cabeceira até a desembocadura, regiões climáticas distintas, desde o semi-árido com precipitações inferiores a 500 mm anuais, até o tropical úmido, onde a precipitação média é da ordem de 1.600mm, totalizando uma precipitação média, na bacia, superior a 700mm.

De sua nascente, na Lagoa Salgada, até sua foz, na ponta do Mamanguape, este rio percorre uma distância de 140 km, mantendo direção predo

minante oeste-leste.

Ao longo de seu percurso, recebe pela margem direita os afluentes: Riachão, Riacho Salgado, Rio Utinga, Riacho Saquaíba, Riacho da Coruja, Riacho da Bebida, Rio Cuitê, Riacho Ribeiro, Riacho Vargem Comprida, Riacho Cafundo, Riacho Cascato, Rio do Branco, Riacho Caíba, Riacho Cravaçu, Riacho Manimbu e Rio Velho; pela margem esquerda: Riacho Mumbuca, Riacho da Barra, Rio Araçaji, Rio Guandu, Riacho Leitão Mirim, Riacho Mata Fome, Rio Seco, Riacho da Pedra, Riacho Sertãozinho, Rio Tinto e Riacho Bica.

Os seus principais afluentes se localizam na margem esquerda e são: o rio Araçaji (ou Jacarã) e o rio Quandu.

O rio Araçaji, bem como seus sub-afluentes Araçaji-Mirim e riachos Araçaji-Mirim e Bananeiras, nascem nas regiões de maior pluviosidade da bacia, o que faz com que o Araçaji na confluência com o Mamanguape tenha um volume d'água maior que este, tornando o rio Mamanguape afluente do Araçaji.

Pelas suas características físicas, o curso do rio Mamanguape pode ser dividido em 3 trechos principais:

- O Alto Mamanguape - que compreende o trecho que vai de sua nascente até a divisa dos municípios de Alagoa Grande e Mulungu, onde o rio percorre o Planalto da Borborema e sua frente, em que predominam o relevo ondulado e montanhoso.

- O Médio Mamanguape - que vai da divisa dos municípios de Alagoa Grande e Mulungu até a confluência do rio Cuitê, correspondendo ao trecho em que ela atravessa a depressão sublitorânea onde predomina o relevo ondulado a suave ondulado.
- O Baixo Mamanguape - que vai da confluência com o rio Cuitê até a foz, todo contido na baixada litorânea.

3.1.1.3 - Bacias do Gramame

O rio Gramame tem sua nascente ao norte de Pedras de Fogo no limite da Paraíba com Pernambuco. Sua foz está a uma altitude de 160 m e estende-se até sua desembocadura com um comprimento de 53 km na direção predominante Sudoeste-Nordeste. A partir da confluência com o Mumbaba, modifica-se no sentido oeste-leste até a sua desembocadura no Oceano Atlântico.

Está situado entre os meridianos $7^{\circ} 09'$ e $7^{\circ} 24'$ e os paralelos $34^{\circ} 47'$ e $35^{\circ} 11'$, ocupando a parte mais ao sul da área em estudo, com sua bacia abrangendo 605 km^2 .

O rio Gramame recebe pela margem direita os afluentes: Rio Utinga, Rio Pau-Brasil, Riacho Pitanga, Riacho Ibura, Riacho Piabuçu e Rio Água Boa; pela margem esquerda os afluentes: Riacho Santa Cruz, Riacho de Quizada, Riacho de Bezerra, Riacho do Angelim, Riacho Batamonte, Riacho Esquentamento, Riacho Formigão, Rio Ma-

muaba, Riacho das Pedras, Rio Camaço e Rio Mumbaba.

O Gramame serve como limite entre os municípios de João Pessoa e Conde. Em virtude da relativa proximidade a João Pessoa, este já começa a contribuir para o seu abastecimento, apresentando um sistema de captação construído pela CAGEPA no rio Mumbaba com uma vazão de 600 l/s, para reforço do potencial hídrico do riacho Marês que integra o sistema de abastecimento d'água da cidade.

3.1.1.4 - Bacia do Miriri

O rio Miriri tem sua nascente nas proximidades da Lagoa Grande a uma altitude de 140 m. Sua bacia abrange uma área de 386,7 km² e está localizada entre os meridianos 6^o 49' e 7^o 03' e os paralelos 34^o 35' e 35^o 24'.

O rio Miriri, da sua nascente à sua desembocadura, percorre uma distância de 49 km com direção predominante de oeste para leste. Ao longo deste percurso, recebe pela margem direita, os afluentes: Riacho Pereira, Riacho da Barroca, Riacho Curralinho, Riacho Mangabeira, Riacho Pau-Brasil, Riacho Bambu, Riacho Água Branca, Riacho Miriri, Riacho do Cesto e Riacho da Estiva; e pela margem esquerda: Riacho da Gamela Riacho Cana Brava, Riacho Pindoba - Riacho Caracucema, Riacho Pau D'Arco, Riacho Pé de Peru, Rio Pacaré e Riacho Peba.

3.1.1.5 - Bacia do Jacuípe

O Rio Jacuípe possui uma extensão total de 30 km, abrangendo uma área de 237 km², e encontra-se localizado entre os meridianos 6° 55' e 7° 04' e os paralelos 34° 50' e 35° 08', na porção central da região em estudo.

Ao longo do seu percurso o Rio Jacuípe recebe pela margem direita os afluentes: Riacho do Boi, Riacho Biriba e Rio Tapira; pela margem esquerda: Riacho Jacarauna e Rio Mangereba.

A importância deste rio (e Miriri que é permanente) deve-se ao fato de que ele se desenvolve em região de alta pluviosidade, ambos apresentam água de boa qualidade para abastecimento.

Os mapas 13, 14, 15, 16 mostram a fisiografia das bacias em estudo.

3.2 - ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

O escoamento em uma bacia hidrográfica é o resultado da ação das chuvas que caem sobre ela, influenciadas pelas características físicas da área. Assim a bacia hidrográfica funciona como coletor das águas pluviais, recolhendo-as e conduzindo-as ao exutório. O relevo, a rede de drenagem, a declividade, a cobertura vegetal e a natureza dos solos das bacias são fatores que condicionarão, no espaço e no tempo, a relação precipitação

vazão dos rios.

Desta forma, no desenvolvimento de um estudo hidrológico criterioso sobre uma determinada área, faz-se mister conhecerem-se as características físicas das suas bacias drenantes, em face da importância que assumem esses parâmetros na formação e limitação de seus recursos hídricos.

O conhecimento das características físicas das bacias funcionará, além disso, como elemento regionalizante no transporte de dados entre bacias semelhantes, supriendo assim a carência de informações em áreas de interesse aos estudos.

Dentre as características físicas de uma bacia examinar-se-ão as seguintes:

3.2.1 - Forma da Bacia

A forma de uma bacia influi no seu tempo de concentração, ou seja no tempo necessário, desde o início da precipitação, para que toda a bacia contribua na vazão da seção de controle, resultando na capacidade de resposta, mais rápida ou não, da bacia aos efeitos de um temporal.

Foram definidos alguns parâmetros que relacionassem a forma da bacia com formas geométricas. Dentre eles estudar-se-ã:

3.2.1.1 - Fator de Forma (F)

Vários estudiosos examinaram o assunto, procurando definir um parâmetro que representasse a forma da bacia. Gravelius definiu um parâmetro denominado Fator de Forma cujo valor é dado pela relação entre a área da bacia e o quadrado do comprimento de seu rio principal.

$$F = \frac{A}{l^2} \quad \text{onde:}$$

F = fator de forma

A = área da bacia

l = comprimento do rio principal

Os valores de F são sempre inferiores à unidade, tendendo para esta quanto mais a forma da bacia se aproximar do quadrado, e se afastando, quanto mais alargada for a bacia.

O Quadro 3.1, a seguir, apresenta os valores desse parâmetro, encontrados para as bacias em estudo.

Observa-se pelos resultados encontrados que as bacias em estudo apresentam de modo geral, uma forma alongada. Essa forma não é favorável à formação de cheias, já que aumenta o tempo de concentração da bacia.

3.2.1.2 - Índice de Compacidade (Kc)

Outro parâmetro representativo da forma da bacia é o "Coeficiente de Compacidade". Este parâmetro compara a forma da bacia com uma circunferência. É dado pela relação entre o perímetro da bacia e o perímetro do círculo de área igual à da bacia.

$$\text{Área do Circ.} = \pi R^2 = A \text{ (área da bacia)}$$

$$\therefore R = \frac{A}{\pi}$$

$$\text{Perímetro da Circ.} = 2\pi R = 2\pi \frac{A}{\pi}$$

$$\text{logo: } Kc = \frac{P}{2\pi \frac{A}{\pi}}$$

$$Kc = 0,28 \frac{P}{A} \quad \text{onde:}$$

Kc - coeficiente da bacia

P - perímetro da bacia

A - área da bacia.

Tal coeficiente varia inversamente com a regularidade da bacia, sendo tanto maior quanto menos regular ela for. O valor mínimo igual a 1 só ocorrerá quando se estiver uma bacia circular.

O Quadro 3.1 anexo apresenta os valores desse coeficiente para as bacias em estudo. Todos os valores são superiores à unidade, confirmando a forma alongada indicada pelo fator de forma, destacando-se a ba-

cia do Miriri com $Kc = 2,56$ como a bacia menos circular.

3.2.2 - Sistema de Drenagem

O sistema de drenagem de uma bacia é formado pelos talvegues que encaminham as águas precipitadas para o exutório da bacia.

A densidade, o comprimento e a declividade desses talvegues influem na capacidade da bacia de escoar as águas que caem sobre ela.

Para caracterizar o sistema de drenagem das bacias em estudo serão determinados alguns parâmetros do mesmo.

3.2.2.1 - Densidade de Drenagem (D)

Este parâmetro indica a eficiência da drenagem de uma bacia e é expresso pela relação entre o comprimento total dos cursos d'água e a área da bacia.

$$D = \frac{\sum l}{A} \quad \text{onde:}$$

l - comprimento de cada curso d'água

A - área da bacia.

Os resultados apresentados no Quadro 3.1 mostram que as bacias em estudo têm baixos índices de densidade de drenagem, variando de 0,17 a 0,53, o que mostra que são bacias que drenam com dificuldade as águas que sobre elas se precipitam.

3.2.2.2 - Extensão Superficial Média (e)

A extensão superficial média da rede de drenagem é definida como sendo a média das distâncias percorridas pelo escoamento superficial até atingir o curso d'água.

Para cálculo desse parâmetro, determina-se um retângulo de área igual à área da bacia e comprimento igual ao desenvolvimento do rio principal. A extensão superficial média será igual à metade da largura do retângulo.

Assim temos:

$$e = \frac{A}{2L} \quad \text{onde:}$$

A - área da bacia

L - comprimento do rio principal.

Os valores encontrados para as bacias em estudo e que constam do Quadro 3.1, são relativamente baixos (variam de 5,71 a 1,73), o que mostra que as águas pluviais atingem rapidamente as calhas fluviais, diminuindo o período de infiltração e aumentando a parcela relativa

ao escoamento superficial.

3.2.3 - Relevo

A influência do relevo na resposta de uma bacia às precipitações que caem sobre ela é intuitiva. Um relevo movimentado, com pendentes fortes, aumenta a velocidade do escoamento, diminuindo o tempo de concentração da bacia e, conseqüentemente, aumentando o pico da cheia.

Alguns índices podem ser levantados para caracterizar o relevo das bacias. Dentre eles temos:

3.2.3.1 - Curva Hipsométrica

A curva hipsométrica, através de sua forma, dá uma idéia geral do relevo da bacia. Fortes inclinações sugerem mudanças bruscas de relevo, bem como o seu maior desenvolvimento. Se ocorrem na faixa de altas altitudes, sugerem a existência de extensos planaltos se ocorrerem na faixa de baixas altitudes, sugerem o predomínio das planícies.

A curva hipsométrica é resultante da correlação de áreas com altitudes. Cada um dos seus pontos representa a superfície cuja altitude é igual ou maior que um determinado valor. Para facilitar a comparação entre bacias, essas áreas foram representadas em percentagem da área total.

Assim, planimetraram-se as áreas entre as curvas de nível, espaçadas de 100m, e calcularam-se as percentagens acumuladas, correlacionando-se com a altitude da curva de nível inferior.

Ainda sobre as curvas hipsométricas foram determinadas as altitudes máximas, médias e mediana de cada bacia. A altitude média foi calculada pela relação entre o somatório dos produtos das áreas elementares (áreas entre curvas de nível consecutivas) pela sua cota média, e a superfície total da bacia.

$$\text{Altitude média} = \frac{\sum a_i h_i}{A} \quad \text{onde}$$

a_i - área entre 2 curvas de nível consecutivas

h_i - altitude média entre duas curvas de nível

A - área da bacia.

A altitude mediana foi caracterizada como a altitude acima da qual se tem 50% da área da bacia.

A altitude mediana, sob o aspecto hidrológico, é mais representativa que a altitude média.

Os gráficos 3.31 a 3.35 mostram as curvas, altitudes e características obtidas para as bacias em estudo.

As bacias do Gramame, Miriri e Jacuípe apresentam um comportamento gráfico semelhante e uma

distribuição regular em seus relevos. A forte inclinação notada no início da curva sugere o predomínio de terrenos baixos.

Observa-se que a altitude mediana do rio Miriri é superior à das outras duas bacias (Vide Quadro 3.1).

Tal fato deve-se a que esta bacia se desenvolve toda na região dos baixos platôs, enquanto as outras têm parte na baixada litorânea.

As grandes bacias dos rios Paraíba e Mamanguape apresentam relevo mais diversificado, originando irregularidades no traçado de suas curvas hipsométricas. A baixa declividade no trecho inicial das curvas traduz o predomínio da região de planaltos (Planalto da Borborema). Este é mais marcante na bacia do Paraíba, onde mais de 60% da área total da bacia se encontra em altitudes superiores a 400m.

A declividade acentuada no trecho médio da curva hipsométrica referente a bacia do Mamanguape, mostra a transição brusca de altas para baixas altitudes. Tal região abrange possivelmente a passagem da frente do planalto da Borborema para as depressões sublitorâneas.

3.2.3.2 - Perfil Longitudinal dos Rios Principais

Foram traçados os perfis longitudinais dos cursos d'água principais em cada bacia. Nas bacias dos rios Mamanguape e Gramame foram também traçados

os perfis dos afluentes principais, ou seja, Araçaji para a primeira e Mumbaba e Mamuaba para a segunda.

O traçado desses perfis foram obtidos representando-se nas ordenadas as cotas (considerada a altitude da curva de nível na interseção com o leito do rio), e nas abcissas, os estirões fluviais. Sobre os perfis assim obtidos, foram determinadas as suas declividades, total e média, considerando-se como declividade total a inclinação (em porcentagem) da reta que une a altitude máxima à mínima, e declividade média a inclinação (em porcentagem) da hipotenusa de um triângulo, cujos catetos são os eixos coordenados e cuja a área é equivalente à compreendida entre o perfil longitudinal e esses eixos.

Observa-se que a declividade média expressa melhor a declividade do curso d'água, uma vez que é menos influenciada pelas altitudes extremas.

Nos gráficos 3.35 a 3.39 são apresentados os perfis dos cursos d'água em estudo, bem como as declividades média e total correspondentes. Observa-se que as declividades médias desses rios não variam muito entre si, destacando-se o rio Mamanguape com o valor máximo de 0,28 e o rio Jacuípe com o valor mínimo igual a 0,11.

O valor da declividade encontrada para o Mamanguape deve-se, como visto anteriormente, à variação brusca do relevo de sua bacia, em seu trecho médio.

Os rios Gramame, Miriri e Jacuípe, por se encontrarem na região dos baixos platôs, tendo plano, por conseguinte, o relevo de suas bacias, apresentam baixa declividade.

O mesmo ocorre com o rio Paraíba, que se desenvolve, na sua maior extensão, sobre a vasta área plana do planalto da Borborema para a baixada litorânea, não tendo no seu trecho médio inferior, quando atravessa zonas mais baixas, mudanças bruscas de relevo. (Vide mapas 8, 11, 13, 14, 15, 16)

3.3 - ESTUDOS CLIMATOLÓGICOS

Sendo um dos fatores que regem os fenômenos hidrológicos, a climatologia será vista neste capítulo de maneira mais profunda, embora tenha sido feita uma análise da climatológica da região no Cap. I.

3.3.1 - As massas de ar

A formação e o deslocamento das massas de ar são comandados pelos sistemas isobáricos que se desenvolvem no decorrer do ano, denominados centros de ação. Os centros de ação podem ser de dois tipos: os positivos ou anticiclônicos, sobre os quais se individualizam as massas de ar, e os negativos ou depressionários, que exercem apelo ao deslocamento daquelas. Constituem eles os eixos que regulam a circulação celular, ao longo das diferentes zonas.

As massas de ar de superfície que atuam no Nordeste, serão estudadas não apenas quanto ao seu deslocamento, mas também quanto aos elementos que contribuem para modificar a distribuição do teor de umidade na

vertical.

Com relação à distribuição de umidade cabe destacar o papel das massas superiores que respondem pelas correntes quentes e secas, em altitude, com origem nas áreas dos alísios (anticiclones sub-tropicais).

Têm-se assim seis massas de superfície e duas superiores influentes no clima do Nordeste, discriminadas a seguir:

- Massa Equatorial Continental (mEc)

Tem sua fonte na planície amazônica. É uma célula de divergência dos alísios - doldrum - que tende a manter-se durante todo o ano naquela zona. Trata-se de uma massa quente, de elevada umidade específica, o que contraria as características das massas continentais. No verão austral, atraída pelos sistemas depressionários do interior do continente, tende a avançar para NW, ora para SE, ora para ESE-SUDESTE, de acordo com a posição da Frente Polar Atlântica.

- Massa Tropical Continental (mTc)

Apresenta-se com elevada temperatura e baixo teor de umidade. Sua influência é limitada e fica condicionada ao comportamento das demais massas em exame. A área de atuação fica mais restrita ao período do verão e às partes onde se escoam as massas equatoriais e polares, sendo responsáveis pelo aquecimento que se antecipa às penetrações dessas massas polares. O deslocamento se processa na direção noroeste a partir das áreas de origem.

- Massa Tropical Atlântica (mTa)

Individualiza-se no anticiclone semi-fixo do Atlântico Sul. Por suas propriedades na fonte é uma massa quente, úmida e com tendência à estabilidade pela subsidência superior daquela célula oceânica de altas pressões dinâmicas. Graças ao sistema de emissão contra-horário daquele anticiclone austral, tem grande poder de penetração para o interior do continente.

- Massa Equatorial Atlântica (mEa)

Com origem no Atlântico Sul, em região menos aquecida, apresenta-se mais fresca e úmida nas partes mais baixas, havendo outra camada superior mais aquecida que caracteriza o regime da inversão de temperatura impedindo a ascensão vertical do vapor d'água recebido da superfície marítima. Sua penetração caracteriza-se pela circulação de SE.

- Massa Equatorial Norte (mEn)

Sua fonte de origem é a zona dos alísios de NE características do anticiclone do Atlântico Norte (Acores). É definida, também, pelo regime de subsidência superior. Tem importância bem definida no regime de chuvas do Nordeste. Na área em que essa circulação de NE se encontra com a de SE, forma-se uma descontinuidade térmica, definindo uma zona de fortes precipitações.

- Massa Polar Atlântica (mPa)

É a que responde pelas quedas bruscas da temperatura, porém chega à região já transforma-

da, em face do percurso marítimo-continental. Essas massas são de origem subantártica e na passagem continental se deslocam pelas calhas Parã-Uruguai para atingir o extremo norte do país.

- Massas Superiores

Normalmente formadas nos níveis entre 900 e 2.000 metros, dos anticiclones polares. São importantes à definição dos regimes perturbados. Embora ainda não suficientemente explicadas, parecem estender-se sobre toda a área do domínio dos alísios de SE e NE.

A dinâmica das precipitações e, consequentemente, o regime de chuvas da região podem ser explicados através dos movimentos das massas de ar. (Vide mapa 7)

As chuvas que caem na região, são provocadas, sobretudo, pelo avanço, acompanhando a linha de costa, da Frente Polar Atlântica (FPA), que no inverno avança além do paralelo 15° indo atingir o litoral paraibano, enquanto o sertão permanece sob ação de alta tropical com tempo estável.

O mecanismo meteorológico é influenciado pela Massa de ar Tropical Atlântica formada no Atlântico Sul, próxima à costa africana da Namíbia, e que se dirige para a costa brasileira, provocando grande evaporação ao atravessar o Oceano Atlântico. Nessa travessia, embora conservando sua estabilidade, ela forma duas camadas; a inferior úmida e a superior seca. A temperatura elevada impede que caia a umidade relativa e, consequentemente, que o vapor d'água se condense sobre o Oceano. Essa estabilidade desaparece ao galgar a costa brasileira

e, mais intensamente ainda, ao se defrontar com a escarpa da Borborema, em face do movimento ascendente que provoca, e têm-se então, as chuvas orográficas. No outono - inverno esta massa de ar quente é perturbada pelo contacto com a massa de ar frio que avança (FPA), provocando a queda da temperatura, condensação e queda das chuvas frontais, geralmente demoradas e fortes. Ocorrem, então, os dias cinzentos, de temperatura amena, úmidos e chuvosos, que caracterizam o "inverno" na região. (Vide Mapas 4 e 7)

3.3.2 - Rede meteorológica atual

Existem atualmente em operação no estado da Paraíba 7 estações meteorológicas. Dentre elas 5 pertencem ao Ministério da Agricultura e são operadas pela SUDENE, em convênio com aquela entidade; uma única ao DNOCS (SUMÉ) e outra a Universidade Federal da Paraíba (Areia).

Todas essas estações são operadas sistematicamente e dentro dos padrões da Organização Meteorológica Mundial, contendo o seguinte equipamento mínimo:

Abrigo Grande; Termômetro de Máxima; Termômetro de Mínima; Psicrômetro; Pluviômetro; Barômetro; Catavento; Anemômetro com ou sem registrador; Evaporímetro; Barôgrafo; Termôgrafo; Hidrógrafo; Pluviôgrafo; Heliôgrafo; Atlas de nuvens; Tanque evaporimétrico "classe A" com acessórios.

Essas estações podem ser classifica-
das, segundo o seu equipamento e sua finalidade, em 3 tí-
pos:

- Climatológica Principal (CP) - todo o equipamento acima. Finalidade: es-
tudo das condições meteorológicas da região.
- Balão Piloto (BP) - o equipamento a
cima mais balão piloto. Finalidade:
a mesma do tipo anterior - Previsão
do tempo.
- Agroclimatológica (AGRO) - o equipa-
mento acima. Finalidade: estudos me-
teorológicos de apoio a projetos a-
grícolas.

Cabe mencionar também a existência da
estação meteorológica de Marés operada pela CAGEPA, cujos
dados observados servem de apoio à operação do reservató-
rio do mesmo nome.

3.3.3 - Análise dos Principais meteoros

3.3.3.1 - Conceituação do ciclo hidrológico

Este parágrafo tem como objetivo rea-
lizar uma síntese dos principais fundamentos conceituais
daquela sequência de transformações que traduz a presença

de água nos espaços geográficos. Por outro lado, ressalta-se a importância de se ter sempre em mente o Ciclo Hidrológico com suas características regionais, para que os recursos hídricos, ao atender as diversas demandas, sejam ativadas em situação ótima, que associe o mínimo de efeitos perniciosos sobre o meio ambiente com a alta eficiência no aproveitamento.

O ciclo hidrológico constitui-se um elemento fundamental à fixação de indicadores, estabelecimento de valores, como análise crítica de tudo que se conceitua e controle das quantificações recomendadas.

O esquema abaixo sintetiza de forma simbólica as diferentes grandezas físicas participantes do Ciclo Hidrológico, com seus níveis de precedência, como se segue:

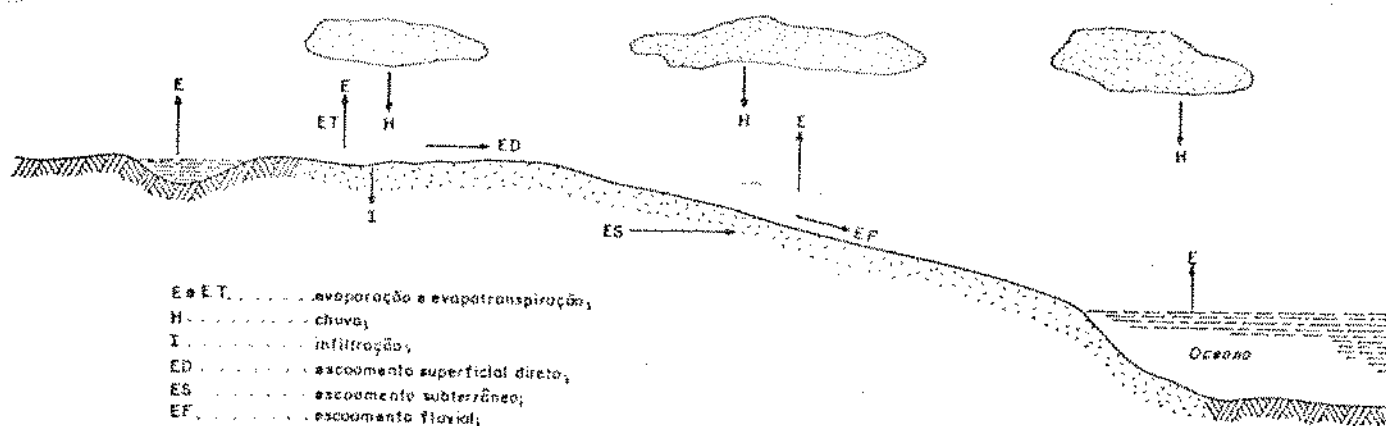


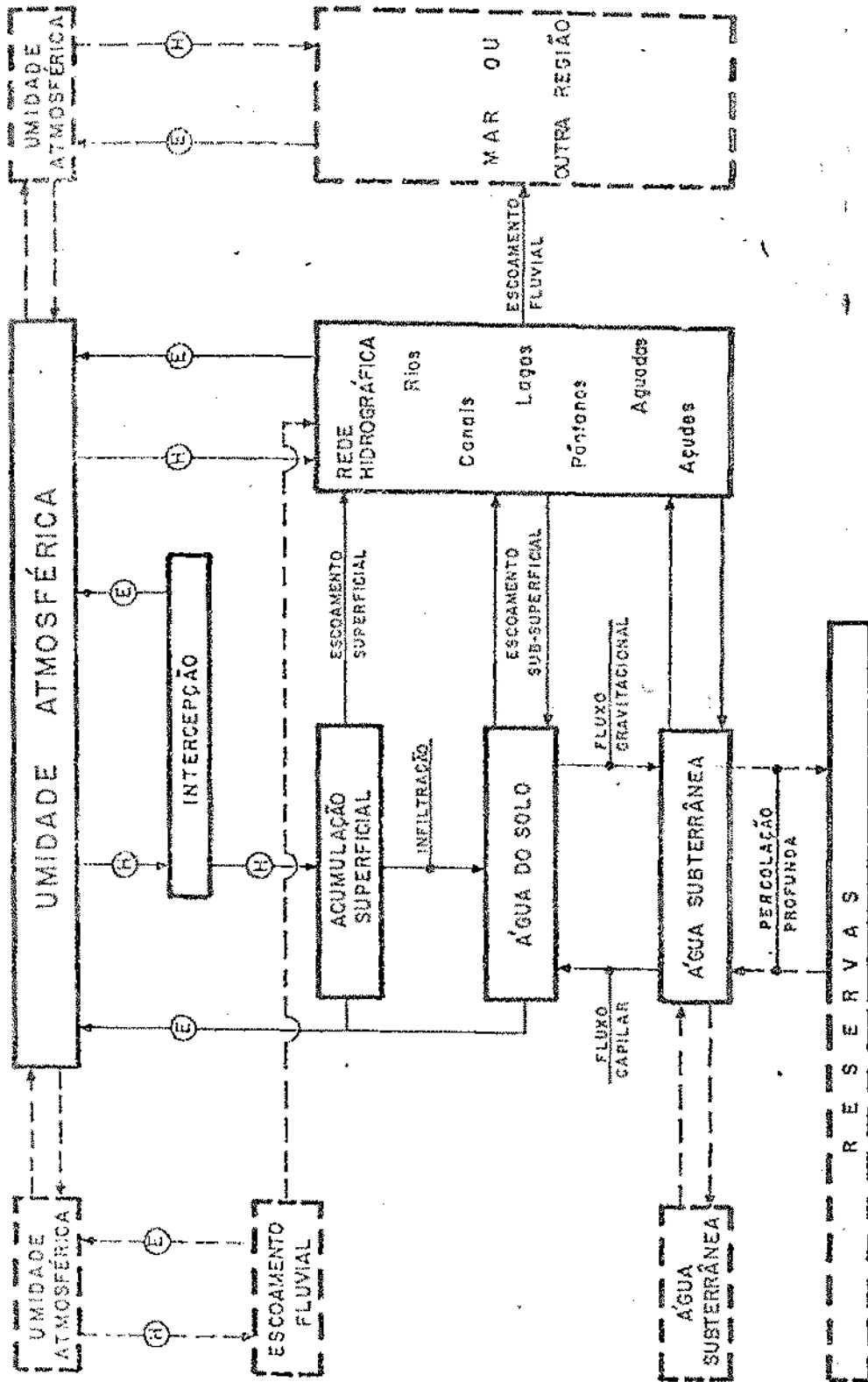
FIG. 3-1

Observa-se que, a partir da representação do Ciclo por diagrama em blocos (v. Fig. III.1), é muito fácil estabelecer a equação de equilíbrio para qualquer parte do ciclo, bem como isto permite analisar as bases físicas às correlações eventuais. As maiores dificuldades são encontradas nos estabelecimentos de campanhas (normalmente exigem tempo, dinheiro e antecipação nem sempre disponíveis) de medições ao conhecimento dos diversos termos do Ciclo.

Vê-se, portanto, que a água se apresenta em diferentes formas, em constante processo de transformação, variação, realimentação e superposição. São estágios de mutação que formam um processo em ciclo fechado. É um sistema em equilíbrio dinâmico, ocorrendo, nos limites de tempo e de espaço, a igualdade entre os volumes evaporado e precipitado, isto é, não há perdas no sistema global. Resulta assim, decompondo o sistema no espaço e no tempo, a equação do balanço hidrológico em sua forma geral:

$$\Sigma \text{ ENTRADAS} - \Sigma \text{ SAÍDAS} = \text{VARIAÇÃO DO ESTOQUE}$$

Considerado um espaço geográfico qualquer e substituídos os termos da equação acima pelos seus componentes, resulta o diagrama em blocos da Fig. III.2, onde os níveis de acumulação, pertencentes ao subsistema considerado, estão assinalados com molduras contínuas e, em tracejado, os estágios exteriores vinculados (que definem as trocas: saídas ou entradas no subsistema), em termos hidrológicos, ao espaço geográfico em estudo. As setas representam setores de transferência.



CICLO HIDROLÓGICO REGIONALIZADO

H = Humidade Atmosférica
 E = Evaporação e/ou Evapotranspiração
 R = Chuva
 FIG. III.2 FONTE SUDENE - FLIRINE

3.3.3.2 - Chuvas

Com relação ao desenvolvimento no item anterior sobre o ciclo hidrológico, expressamos que o estudo das chuvas conduz a uma caracterização regional da área em estudo, principalmente se considerarmos os aspectos dos totais anuais e da sazonalidade ou época de ocorrência das precipitações, bem como o conhecimento das características do principal "INPUT" do balanço hidrológico da região.

Para a caracterização do regime pluviométrico de uma certa região, ficamos na dependência de determinados fatores os quais são variáveis especificamente, por exemplo: o número de estações disponíveis fornecedoras de dados vão interferir no maior ou menor grau de precisão do estudo, bem como as características físicas da região, seu relevo, clima e conseqüentemente alcance do estudo. Constitui-se portanto, de importância fundamental para a caracterização do regime de uma região a densidade de estações e seus respectivos períodos de observações, pois, enquanto o primeiro determina a posição espacial das informações, o segundo condiciona a precisão das estatísticas deduzidas para o local.

Na área em estudo, apenas parte da rede pluviométrica existente apresenta séries com mais de 30 anos de observação (período mínimo para se ter estatísticas representativas do universo), tornando-se ainda mais reduzida, se exigências são feitas quanto à homogeneidade dos períodos.

Confrontadas a disponibilidade de da

dos (considerada sob os aspectos anteriormente apresentados) com a necessidade de sintetizar as informações na forma de estatísticas de longo período, foram selecionadas duas redes pluviométricas, abrangendo os seguintes períodos : 1912 - 1958 (47 anos) e 1930 - 1974 (45 anos). A primeira foi utilizada na caracterização do regime pluviométrico da região (isoietas, zonas homogêneas de precipitação) por ser mais abrangente da área como um todo; a segunda, nos estudos específicos de cada bacia por definir melhor o regime pluviométrico de cada uma isoladamente e por ser também mais atual, superpondo-se ao período de observações pluviométricas.

A confrontação dos valores médios, anuais e sazonais obtidos para a segunda rede com as regionalizações elaboradas sobre dados da primeira, servem de validação e adequação dessas aos resultados do estudo.

I - As séries mensais

As séries de totais mensais de chuvas observadas nas estações selecionadas foram analisadas quanto a sua consistência, escoimadas dos erros existentes e feita sua homogeneização, completando-se as falhas existentes.

No preenchimento das falhas adotou-se a metodologia preconizada pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE, em suas "Normas e Recomendações Hidrológicas," a qual se baseia no conhecimento das observações de três estações vizinhas. (Método de Thies - sen)

Assim, o valor a ser completado é dado pela fórmula:

$$P_x = \frac{1}{3} \frac{M_x}{M_a} P_a + \frac{M_x}{M_b} P_b + \frac{M_x}{M_c} P_c \quad \text{onde:}$$

P_x - valor a ser completado do posto x

P_a, P_b, P_c - valores observados nos postos a, b, c

M_x, M_a, M_b, M_c - valor médio do mês a ser completado, nos postos x, a, b, c.

As séries mensais foram obtidas das listagens de computadores (através das entidades já citadas) referentes ao período de 1930 a 1974, agrupados em decênios para a rede de 10 estações selecionadas.

O estudo das séries mensais permite a penas as diferenciações regionais através do conhecimento de sua marcha estacional, assim como o estudo das chuvas anuais permite uma primeira caracterização quanto a sua distribuição espacial.

Para os fins deste trabalho é suficiente a utilização das informações sintetizadas em determinados indicadores que incorporem essas características da distribuição das chuvas. Assim, dentre os indicadores selecionados, destacam-se: as normais mensais e anuais, o valor médio mensal, o desvio padrão, o coeficiente de variação e os valores extremos, todos de grande interesse e que se completam para indicação dos meses chuvosos e secos e identificação da sua distribuição.

Os valores encontrados para estes in-

dicadores foram calculados com base na rede pluviométrica de 10 estações já citada.

II - Isoietas Anuais

O mapa 17 apresenta as isoietas anuais referentes ao período 1912 a 1958, que caracterizam a distribuição espacial da chuva na área em estudo.

Sobre a rede de isoietas foram plotados os valores médios anuais, referentes ao período 1930 a 1974 das 10 estações selecionadas, observando-se uma perfeita coerência entre os valores e as curvas traçadas.

A região apresenta uma vasta gama de totais pluviométricos anuais, variando de 1600 mm, próximo ao litoral, a 300 mm na região do alto Paraíba.

A distribuição da chuva sobre as bacias, aumentando de montante para jusante, faz com que essas, apenas na sua parte inferior, apresentem rendimentos apreciáveis, dificultando, portanto, o seu aproveitamento, já que nesta área são mais escassos os locais favoráveis a barramento. Por isso, também, os rios Gramame, Miriri e Jacuípe, com bacias de pequeno porte, localizadas próximo ao litoral, apresentam descargas específicas bem superiores às dos rios Mamanguape e Paraíba.

Tal distribuição das precipitações, como já explicado anteriormente, deve-se à influência do relevo (chapada da Borborema) sobre o deslocamento das massas úmidas provenientes do Oceano Atlântico.

III - O Coeficiente de Variação

O coeficiente de variação das séries temporais a escala mensal, integra sobretudo duas características das precipitações: sua variabilidade de ano para ano, pois os ciclos são anuais, e sua variabilidade mês a mês dentro do ano.

O mapa 18 apresenta as isolinhas deste indicador traçadas com base nos dados do período 1912 a 1958 e onde foram superpostos os valores dos coeficientes de variação relativos ao período 1930 a 1974, observando-se uma perfeita coerência entre ambos.

Conforme se observa, a região apresenta valores de coeficientes de variação bastante elevados, variando de 1,00 a 1,60, aumentando à medida que se desloca para o interior.

Comparando-se essas isolinhas com as isoietas anuais, vê-se que aos menores totais anuais correspondem os maiores coeficientes de variação, agravando, pois, os problemas de aproveitamento dos recursos hídricos, já escassos, dessas áreas (região do Alto Paraíba).

IV - Os trimestres chuvosos e secos

A partir das normais mensais, foram identificados os meses mais e menos chuvosos do ano, com seus respectivos percentuais em relação ao total anual (Ver Fig. III.3). Este indicador fornece uma primeira imagem dos períodos chuvosos e secos na região, tanto no que

se refere à época de ocorrência, quanto à concentração das chuvas nessa época.

Conforme se vê no Quadro 3.9, sobressaem como mais chuvosos os meses de abril, maio e junho, onde ocorre em média 45,7% da precipitação anual, e como mais secos os meses de outubro, novembro e dezembro, ocasião em que se precipita apenas 6,05% do total anual. (Ver Mapa 38)

V - Zona Homogênea de Precipitação

Este item é uma decorrência natural do desenvolvimento dos itens anteriores, pois visa reunir e sintetizar informações antes apresentadas. Constitui elemento informativo de alto teor na caracterização do regime pluviométrico da região.

O estudo das chuvas a diversas escalas de tempo, por processo de análise, visou a evidenciar nos itens precedentes características que posteriormente superpostas, alcançassem uma configuração de zonas homogêneas, segundo indicadores e nível de precisão adotados, compatíveis com a escala do estudo. Assim, as isoietas anuais conduziram à identificação de área com abundância ou escassez de chuvas. O estudo das chuvas a escala mensal, permitindo o conhecimento de sua marcha estacional, possibilitou uma melhor definição da zona, além de revelar subdivisões inferiores àquelas. Dentre os indicadores utilizados, mostraram-se mais expressivos: a época de ocorrência do mês mais chuvoso, associado ao percentual de chuva neste intervalo com relação ao total anual; a época de ocorrência dos trimestres mais chuvosos e mais secos, associada a seus percentuais de chuva; e, finalmente, as nor-

mais mensais e os coeficientes de variação dessas séries. Informação adicional de fundamental importância reside nos efeitos da circulação atmosférica de altitude e do seu papel na formação das precipitações, assim como a interferência do relevo como elemento perturbador das correntes portadoras de umidade. (Vide mapa 19)

3.3.3.3 - Temperatura

Para uma análise mais profunda, dos simples resultados para a complementação do Cap. I, o estudo de temperatura aqui desenvolvido reuniu os dados de temperaturas médias de 15 estações que compõem a rede termométrica básica da região. (Mapa 5, 18 e 27).

Com base nos valores médios anuais foram traçadas as isotermas apresentadas no mapa 5.

Na zona intertropical o sol atinge o zênite duas vezes no ano, acarretando, portanto, uma forte radiação solar na região, uma vez que a intensidade desse fenômeno depende essencialmente da altura do sol sobre o horizonte. Este fato, aliado à pequena variação sazonal das temperaturas, explica as elevadas médias anuais da região (de 22 a 26^oC).

A influência da altitude sobre a temperatura é evidenciada no mapa de isotermas, onde se verifica uma diminuição das médias anuais, à medida que se sobe a chapada da Borborema. Os valores mínimos foram encontrados em Areia, Campina Grande e Umbuzeiro, todos locais de altitude superior a 500m. Observa-se ainda o efeito de abrandamento da temperatura, resultante da ação dos

ventos alísios, que sopram do litoral para o interior. Assim, locais de altitudes semelhantes apresentam temperaturas tanto mais baixas quanto mais perto do litoral se encontram.

No Quadro 3.3 apresentam-se as normais das médias, máximas e mínimas mensais, bem como as máximas e mínimas absolutas e as amplitudes médias e absolutas de algumas estações que caracterizam a área em estudo.

Enquanto nas latitudes médias as estações do ano têm seu ritmo regular e definido, a medida que se estende para o Equador esta definição se desvanece progressivamente. Tal fato pode-se observar na região em estudo (localizada entre as latitudes 6° e 8° sul) onde a variabilidade das temperaturas, num ciclo anual é pequena, permanecendo as temperaturas médias mensais sempre elevadas. Em termos numéricos essa oscilação mensal é da ordem de $3,5^{\circ}\text{C}$.

Com relação ainda à oscilação térmica no ciclo anual, percebe-se que os meses de julho e agosto destacam-se como os mais frios, estando o sol nesta época mais afastado do zênite e, por conseguinte, proporcionando menos radiação solar, e os meses de fevereiro e março como os meses mais quentes.

3.3.3.4 - Evaporação

Após denotada a destacada parcela da evaporação no ciclo hidrológico anteriormente descrito,

vê-se também esta, como função de outros parâmetros regionais, podendo, pois, ser estimada por diversos métodos

vê-se também esta, como função de outros parâmetros regionais, podendo, pois, ser estimada por diversos métodos e focalizada sob diferentes conceitos. Entretanto, constitui-se um fator muito mais importante no balanço das disponibilidades hídricas que nos estudos das potencialidades.

Na evaporação que se verifica a partir de uma superfície líquida, intervêm entre os principais fatores: o déficit higrométrico do ar, a temperatura da água e do ar na zona de contato, a isolação, a radiação solar, a velocidade dos ventos e a pressão atmosférica.

A determinação dessa evaporação pode ser feita por diversos métodos, utilizando-se como dados de entrada elementos tais como os acima citados, e também através de métodos que utilizem dados mais diretos como os fornecidos por tanques evaporimétricos, ou pela aplicação de balanços hídricos em reservatórios. A metodologia a ser adotada depende, sem dúvida, do universo das informações disponíveis, do seu melhor uso e da precisão requerida pelo trabalho.

Dentre o acervo identificado, as informações disponíveis constituem duas categorias principais. Na primeira enquadram-se os dados meteorológicos sob a forma de "normais" publicadas pelo Ministério da Agricultura, resultantes de medições com evaporímetro de piche na estação de João Pessoa. Na segunda, enquadram-se os dados oriundos de estações equipadas com tanques tipo "A" constante de publicação editada pela SUDENE, ou sob a forma de dados brutos disponíveis nos arquivos dessa Superintendência.

Pela simplicidade do método, homogeneidade e densidade espacial das informações, optou-se pe

la utilização do segundo grupo de dados, acima classificados, para compor o conjunto das informações básicas às de terminações da evaporação potencial. Desta forma, a rede evaporimétrica básica foi formada por 5 estações equipadas com tanques tipo A, localizadas no mapa 20.

Em escala anual, os tanques tipo "A" apresentam coeficientes em torno de 0,77 em relação ã eva poração em lago. Em escala mensal, as relações variam entre limites bastante afastados, influenciadas por fatores meteorológicos, geográficos e mesmo com a profundidade do reservatório. A grande desigualdade entre as massas de ã gua e, conseqüentemente, entre as capacidades de armazenamento de calor, do tanque e do reservatório responde por grande parte dessa oscilação a escala mensal.

Esses aspectos são suficientes para explicar a grande margem de erro que afeta as estimativas da evaporação em reservatórios, a se adotar a escala mensal. Por outro lado, os ciclos anuais, por serem periodicamente repetidos, são bem menos sensíveis às aludidas oscilações, permitindo, assim, para escalas anuais, estimativas bem mais aceitáveis.

As isolinhas apresentadas nos mapas 21 e 6 representam uma razoável aproximação, a escala anual, da evaporação potencial na região.

Observa-se que, na ã rea de interesse aos estudos, a evaporação potencial anual varia entre os valores de 1800 mm a 1600 mm, diminuindo ã medida que se desloca para Sudeste. Assim, pode-se tomar um valor médio de 1700 mm para as bacias em estudo.

3.3.3.5 - Outros Meteoros

Com base nos estudos desenvolvidos pelo Ministério da Agricultura em 1970 - Normais Climatológicas - desenvolveremos a seguir uma síntese de alguns meteoros por não serem muito significativos ao objetivo ilustrado deste estudo.

Observa-se que, na área em estudo, a nebulosidade apresenta um valor médio igual a 6,2, com valores máximos registrados em Areia e Campina Grande, diminuindo à medida que se desloca para o sul e para o litoral.

A umidade relativa média na região é da ordem de 81%, apresentando-se maior nos postos de Areia e João Pessoa e tendo seu valor mínimo em Umbuzeiro.

O trimestre mais úmido e de maior índice de nebulosidade coincide, de modo geral, com o trimestre mais chuvoso, correspondendo, portanto, aos meses de abril, maio e junho, deslocando-se ligeiramente para junho, julho e agosto, à medida que se desloca para o sul.

Os ventos, na região, apresentam uma direção predominante "SE", soprando do litoral para o interior com uma velocidade média de 2,7 m/s, sendo fortes no segundo semestre do ano.

3.4 - A REDE HIDROMÉTRICA EM OPERAÇÃO

A hidrometria da GRANDE JOÃO PESSOA encontra-se atualmente observada através de 15 postos, entre fluviométricos e linimétricos, sendo 10 na bacia do Paraíba, 3 na bacia do Gramame e 2 na bacia do Mamanguape.

Na bacia do rio Paraíba encontram-se os seguintes postos: Pilar; Lauro Muller; Taboado; Caraúbas; Fazenda Poço de Pedra e Açude Boqueirão no curso principal; sangradouro Açude Sumê; Açude Sumê e Linigrafo Sumê no afluente Sucuru; e Açude Soledade no rio Soledade.

Na bacia do rio Mamanguape os postos de Mulungu e Ponte do Leitão, instalados no curso principal, são os únicos que se encontram em operação, já que outros como o de Mulunguzinho (rio Mamanguape), Tainha (rio Araçajá) e Curralinho (rio Guandu) existentes em 1964/65, foram extintos.

Finalmente, na bacia do rio Gramame estão em operação os postos de Fazenda Serrota no próprio rio Gramame, Fazenda Mamuaba e Fazenda Mumbaba, nos afluentes Mamuaba e Mumbaba respectivamente.

De início, foi feita uma análise sobre a bacia do rio Paraíba, e constatou-se que, em face do seu grande comprometimento com as demandas existentes (atuais e prospectivas) e a má qualidade de suas águas, esse rio não podia ser considerado um manancial promissor para o abastecimento de água para a GRANDE JOÃO PESSOA. Desta forma, os estudos de recursos hídricos de superfície que

se sequem, se limitarão apenas às bacias do Mamanguape, Gramame, Jacuípe e Miriri.

No estudo da bacia do Mamanguape, além dos postos de Mulungu e Ponte do Leitão, foram também utilizados os dados extrapolados para o período de 1970/74 do posto de Taíña no rio Araçaji.

Na bacia do Gramame foram utilizadas as observações nas estações de Fazenda Serrota, Fazenda Muaba e Fazenda Mumbaba.

Devido à não existência de postos fluviométricos nas bacias do Miriri e Jacuípe, a estimativa de dados de vazões nos locais barráveis, aí selecionados, foi feita através da correlação chuva x deflúvio da bacia do rio Mumbaba.

O posto de Ponte do Leitão instalado em 23/09/64 e reinstalado a um quilômetro a montante em 08/12/69, dispõe de duas fichas descritivas, cada uma correspondendo a cada local de instalação.

3.5 - O ESCOAMENTO FLUVIAL

3.5.1 - Séries Pluviométricas básicas

Devido ao curto período de operação dos postos pluviométricos, tornou-se necessário, para maior confiabilidade dos estudos de regularização, que suas séries fossem estendidas. Para tal, empregaram-se correlações ajustadas com as séries pluviométricas, mais longas.

O cálculo da chuva média na bacia dos postos pluviométricos, utilizados na correlação chuva x deflúvio, foi feito através do método do polígono de Thiessen.

Na bacia do Mamanquape foi calculada primeiramente a chuva média para a área de drenagem do posto de Ponte do Leitão (Ver Mapa 22) no período de 1970/74, período coincidente com as observações pluviométricas, utilizando-se 10 postos pluviométricos.

Posteriormente, obteve-se a chuva média, na bacia deste mesmo posto, para o período longo de 1930/74 (Ver Mapa 23). Utilizaram-se apenas 5 postos pluviométricos no polígono de Thiessen pelo fato de que são esses ofereciam séries longas. Os fatores dos respectivos polígonos foram os seguintes:

NOME DO POSTO	PERÍODO 1970/74	PERÍODO 1930/74
	FATOR DE THIESSEN	FATOR DE THIESSEN
MAMANGUAPE	0,09	0,15
ARAÇAJÍ	0,18	0,20
MULUNGU	0,10	0,20
SERRARIA	0,10	0,21
BANANEIRA	0,06	0,24
ALAGOA GRANDE	0,10	-
ALAGOA NOVA	0,19	-
AREIA	0,10	-
SALGADOS	0,04	-
ALGODÃO	0,04	-

Para as bacias do Gramame, Mumbaba e Mamuaba utilizou-se, para o triênio 1972/74, o polígono de Thiessen apresentado pela ATECEL em seu relatório "ESTUDOS HIDROLÓGICOS DOS RIOS GRAMAME, MUMBABA, MAMUABA E MARÉS" (outubro/1975), (Ver Mapa 24) e os valores da chuva média, referentes ao período 1975/78, foram fornecidos diretamente pela CAGEPA.

Os coeficientes do polígono de Thiessen, referente ao triênio 1972/74, são representados a seguir.

NOME DO POSTO	GRAMAME	MUMBABA	MAMUABA
	PERÍODO 1972/74	PERÍODO 1972/74	PERÍODO 1972/74
	FATOR DE THIESSEN	FATOR DE THIESSEN	FATOR DE THIESSEN
FAZ. MAMUABA	0,029	0,009	0,149
SANTA RITA	-	0,176	-
FAZ. MUMBABA	-	0,179	-
FAZ. CORUADAS	-	0,246	-
ENG. FAZENDINHA	-	0,248	0,016
ENG. MUMBABA	-	0,066	0,212
FAZ. IMBIRIBEIRA	-	0,076	0,177
JANGADA	0,072	-	0,200
FAZ. STA. EMÍLIA	0,263	-	0,005
RIACHO DO SANTO	-	-	0,209
VARZEA CERCADA	0,346	-	0,032
GRAMAME DE BULHÕES	0,258	-	-
RIACHO DO SALTO	0,032	-	-

Devido à carência de estações pluviométricas com período longo de observação, utilizaram-se apenas 3 postos na elaboração do polígono de Thiessen referente ao período 1930/71 (Ver Mapa 25), cujos fatores se apresentam a seguir.

NOME DO POSTO	GRAMAME	MUMBABA	MAMUABA
	PERÍODO 1930/71	PERÍODO 1930/71	PERÍODO 1930/71
	FATOR DE THIESSEN	FATOR DE THIESSEN	FATOR DE THIESSEN
TAMBÉ	0,663	0,395	0,768
ALHANDRA	0,329	-	0,029
SANTA RITA	0,008	0,605	0,203

Não se dispõdo de observações fluvio-métricas nas bacias do Miriri e Jacuípe, a correlação chuva x deflúvio empregada na geração de vazões nos locais barráveis foi a mesma utilizada na bacia do rio Mumbaba.

A escolha desta correlação deveu-se às características semelhantes que estas três bacias possuem.

Para o cálculo da chuva média nas áreas de drenagem dos locais barráveis, utilizaram-se no traçado do polígono de Thiessen 4 postos pluviométricos (Ver Mapa 26) com os seguintes fatores de contribuição:

NOME DO POSTO	MIRIRI	JACUIPE
	FATOR DE THIESSEN	FATOR DE THIESSEN
MAMANGUAPE	0,45	0,06
SAPE	0,55	-
JOAO PESSOA	-	0,06
SANTA RITA	-	0,85

3.5.2 - Séries de deflúvios mensais

Para a extensão das séries fluviométricas foram tomadas como base as séries longas de dados pluviométricos e aplicou-se a correlação chuva x deflúvio ajustada para o período curto de operação simultânea dos dois tipos de estações.

3.5.2.1 - Bacia do Mamanguape

Considerou-se como estação básica, ao estudo desta bacia, o posto do rio Mamanguape em Ponte de Leitão. A curva de correlação ajustada para o período 1970/74, tomando-se por base os deflúvios mensais aí observados e as chuvas médias calculadas como mostrados no item 4.2.1, é apresentada no Gráfico 3.3.

Como o local selecionado para barramento neste curso d'água apresentava área de drenagem

significativamente inferior à do posto de Ponte de Leiteão, foi necessário que se considerassem, no cálculo dos deflúvios neste local, valores gerados nos postos de Mulungu e Taíña.

Para a geração de dados na estação fluviométrica do rio Araçaji em Taíña, utilizou-se a correlação deflúvios x deflúvios, ajustadas com base nos dados relativos ao período 1964/65, observados em Ponte Leiteão e Taíña e apresentados no relatório da LASA - ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS DA BACIA DO RIO MAMANGUAPE (Gráfico 3.2).

A complementação dos dados fluviométricos, para o período 1970/75, do posto rio Mamanguape em Mulungu, fornecidos pelo DNAEE, foi feita com uma correlação com os de Mamanguape em Ponte de Leiteão de mesma origem (Gráfico 3.3).

3.5.2.2 - Bacia do Gramame

Analisando-se os dados disponíveis dos postos fluviométricos da bacia do rio Gramame (rio Gramame em Fazenda Serrota, rio Mamuaba em Fazenda Mamuaba e rio Mumbaba em Fazenda Mumbaba), verifica-se uma incoerência das observações feitas nas estações da Fazenda Mamuaba e Fazenda Serrota, para o período 1975/78, com as do posto da Fazenda Mumbaba, sendo as deste último mais confiáveis que as demais.

Tendo em vista o acima citado, procedeu-se à correção dos dados dos postos inconsistentes através das correlações deflúvios x deflúvios estabelecidas.

dos para o período 1971/74 com o do posto de Fazenda Mumbaba. (Gráficos 3.4 e 3.5)

Posteriormente, foram feitas as correlações chuva x deflúvios para os postos citados acima e estenderam-se seus períodos para 1930/78 (Gráficos 3.6, 3.7 e 3.8)

3.5.2.3 - Bacias do Miriri e Jacuípe

As séries longas de deflúvios dos rios Miriri e Jacuípe foram obtidas utilizando-se as chuvas médias nessas bacias e a correlação chuva x deflúvio ajustada para o posto rio Mumbaba em Fz. Mumbaba.

3.6 - ANÁLISE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

Um indicador expressivo e que restringe o aproveitamento dos recursos hídricos de uma região, é o resultado da análise química da qualidade de suas águas superficiais.

Feita em nível exploratório e objetivando a caracterização química das águas para fins distintos, partindo da repartição dos vários constituintes em locais amostrados, as análises químicas das águas indicaram suas variações espaciais, assim como subsídios para a possibilidade de seus usos.

Fornecem também uma visão conjunta da

Bacia em seu estado primário de desenvolvimento e, por consequinte, ainda natural e sem solicitação dos agentes po-
luidores. Os resultados constituem assim um retrato do momento histórico que servirá como referência de padrão de
qualidade, controlando também os níveis de poluição em ou-
tras épocas futuras que sobre o corpo hídrico atuam, aumen-
tando ou diminuindo a atividade biológica em decorrência
da alteração dos teores de nutrientes e acidez.

Assim, o estudo de qualidade da água é importante à preservação e previsões de alterações no e-
quilíbrio ecológico. Essas alterações do meio ambiente se
refletem sobre os solos, equilíbrios das florestas e das cul-
turas, sobre a vida aquática e, de uma maneira geral, re-
fletem sobre todos os consumidores.

Portanto, desenvolvemos neste estudo uma análise quanto ao aspecto qualitativo dos mananciais
de superfície (e subterrâneo), por ser este um fator limi-
tante do aspecto quantitativo que objetivam nossas finalida-
des.

3.6.1 - Localização de Fontes Poluidoras

O desenvolvimento econômico e social de determinada região, se não feito de forma ordenada e levando em consideração a preservação do meio ambiente, po-
de vir a acarretar sérios problemas no equilíbrio ecológi-
co da área e, conseqüentemente, perturbações e desvios nes-
se próprio desenvolvimento.

A industrialização e o crescimento dos núcleos urbanos podem se tornar fatores causadores

da degeneração do meio ambiente, caso seja negligenciado o tratamento dos despejos poluidores nos corpos de água.

O Estado da Paraíba, e mais precisamente a região em estudo, vêm sofrendo um processo de industrialização e concentração da população em torno dos centros urbanos mais desenvolvidos, criando-se assim focos potenciais de poluição, que se tornam fontes poluidoras atuantes, à medida que não são tratados os seus dejetos.

Neste trabalho a preocupação fundamental é o problema da poluição hídrica, que possa vir a prejudicar a qualidade dos mananciais selecionados para o abastecimento de água da GRANDE JOÃO PESSOA.

No Mapa 33 foram localizadas as fontes poluidoras identificadas na região. Como se observa trata-se principalmente de despejos domésticos e de indústrias. Outras causas de poluição são ainda encontradas na área, como, por exemplo, a restituição aos corpos d'água de efluentes transportando fertilizantes e defensivos agrícolas, provenientes das áreas em exploração agrícola. Como, no entanto, essas fontes são de menor monta e se encontram dispersas pela região, não poderiam ser devidamente consideradas e quantificadas neste estudo.

Nos núcleos urbanos os maiores problemas de degradação ambiental são os relacionados com a contaminação de seus corpos d'água, sendo esta decorrente da não utilização e/ou falta de sistemas de esgotamento sanitário, e, quando existentes, desprovidos de suas unidades de tratamento dos despejos domésticos e industriais neles lançados indiscriminadamente.

Este tipo de degradação nas áreas urbanas e suas periferias acarreta, além dos problemas ecológicos, sérios riscos relacionados com a saúde pública no que concerne à contaminação e veiculação hídrica de teores inadequados de certas substâncias e micro-organismos patogênicos.

3.6.1.1 - Bacia do rio Mamanguape

Como se pode observar, pelo grande número de engenhos (87), usinas de açúcar (3) e destilarias de álcool (1) localizadas na bacia, a agroindústria canavieira constitui-se na maior fonte de poluição hídrica por despejos industriais da bacia do rio Mamanguape.

Dentre as cidades pertencentes à bacia, apenas a de Alagoa Grande possui sistema de esgotamento sanitário. Nas demais predomina a inadequada disposição dos efluentes de esgotos, lançados em sarjetas ou no solo, contaminando o lençol freático e os pequenos cursos d'água.

3.6.1.2 - Bacia do rio Paraíba

A bacia do rio Paraíba, uma das mais desenvolvidas da região apresenta, em determinados trechos, sérios problemas de poluição. A agroindústria da bacia representada por 5 (cinco) curtumes, 4 (quatro) mata-douros, 7 (sete) indústrias de bebidas, 11 (onze) de óleos vegetais e 20 (vinte) indústrias textéis ou de beneficia

mento de sisal, aparece, juntamente com o distrito industrial de Campina Grande, como uma das maiores fontes de poluição da área em estudo.

Dos municípios pertencentes à bacia, apenas as cidades de Bayeux, Campina Grande, João Pessoa, Santa Rita e Sapê, possuem sistemas de esgotos sanitários. Nos demais, predomina a disposição de dejetos sobre o solo e em fossas negras, ocorrendo também a conexão de ligações domiciliares de esgotos com as galerias de águas pluviais.

3.6.1.3 - Bacia do Rio Gramame

O distrito industrial de João Pessoa aparece como a maior fonte poluidora, por despejos industriais, da bacia.

Nenhuma das 2 (duas) sedes municipais pertencentes à bacia possui sistemas de esgotos sanitários. A inadequada disposição dos dejetos humanos, associada à outras precárias condições de higiene e saneamento, tem concorrido para que essa região possua um dos mais altos índices de esquistossomose do Estado.

3.6.1.4 - Bacias dos rios Miriri e Jacuípe

Sendo ambas as bacias pouco povoadas, não apresentam ainda núcleos urbanos ou industriais que se distingam como fontes importantes de poluição.

3.6.2 - Campanha de Coleta e Análise de amostra d'água

A fim de verificar as potencialidades, segundo o aspecto qualitativo, dos mananciais selecionados para o abastecimento d'água da GRANDE JOÃO PES-SDA, realizou-se uma série de campanhas de coletas de amostras de água em locais pré-determinados dos cursos d'água da região. O Mapa 34 apresenta a localização dos pontos de coleta.

Coletamos um número de 34 amostras que foram analisadas no laboratório da CAGEPA em Campina Grande, determinando-se as suas características físico-químicas.

3.6.3 - Análise dos Resultados

No conjunto de amostras coletadas durante a realização deste estudo, pode-se afirmar, em uma análise global, que apenas as águas do rio Paraíba podem ser descartadas para fins de consumo público, pois os demais mananciais são adequados para este fim com níveis diferentes de tratamento. Para uma visão mais detalhada foi feita uma verificação nas amostras de cada manancial. O Quadro 3.12 apresenta os valores dos indicadores principais da qualidade de suas águas, resumindo as planilhas de análise fornecidas pela E.T.A. do Alto Branco.

O rio Gramame apresenta água de boa qualidade no que diz respeito aos parâmetros estabelecidos pela ABNT. Deve-se investigar a pequena presença de

<u>Data da Amostra</u>	<u>CO₂ (mg/l)</u>	<u>PH</u>
18/01	7,92	5,4
03/05	4,40	7,6

Os valores dos sólidos totais estão aquêm dos valores máximos tolerados, porém ultrapassam os recomendados, o mesmo acontecendo com a cor nas duas amostras coletadas em 03/05.

A água do rio Miriri apresenta Índices elevados (acima dos tolerados pela ABNT) de cor nas duas amostras, Índice elevado de turbidez na amostra de 18/01, presença significativa de CO₂, presença pouco destacada de ferro (< 1) Índices elevados de cloretos (95 e 171 mg/l) e sólidos totais ultrapassando os valores recomendados e presença de amônia na amostra de 03/05, indicando contaminação recente por matéria orgânica.

Se este manancial for indicado para a aproveitamento, sua água deverá ser objeto de uma bateria de amostras para melhor definição de suas características físico-químicas de modo a definir o melhor tipo de tratamento para torná-la apta para consumo público.

Os rios Mamanguape e Araçaji deverão ser analisados conjuntamente, pois o eixo barrável definido no rio Mamanguape está situado após a confluência destes rios.

O principal aspecto a ser analisado nestes rios é a presença de teores altos de cloretos nas amostras analisadas, ou seja, teores situados entre 135 e 275 mg/l. Evidentemente, esses teores tenderiam a ser mais baixos, se existisse uma barragem de regula-

rização, mas possivelmente situados em torno de 100 mg/l.

Observa-se também que os valores de PH são maiores que 7,2 em todas as amostras coletadas, fato que exigirá correção.

Os valores de sólidos totais são também elevados, porém situados na faixa do máximo tolerado pela ABNT, enquanto que a turbidez, de modo geral, apresenta índices em torno de 1,0 mg/l.

Os valores da cor são, de modo geral, menores que os máximos tolerados.

Constatou-se ferro apenas em uma amostra (4,0 mg/l) e CO_2 em três amostras (4,4; 2,6 e 6,2 mg/l), evidenciando uma necessidade maior de análises destes componentes, caso estes mananciais sejam indicados.

Nas duas amostras coletadas no rio Tibiri destaca-se apenas a presença de CO_2 com valores de 10,5 mg/l e cor situados no limite máximo tolerado pela ABNT. Os dois índices são satisfatórios e atestam a potabilidade das águas do rio Tibiri.

O rio Paraíba apresenta teores inaceitáveis de cloretos, pois nas 4 amostras analisadas o menor índice é de 275 mg/l e o maior é de 710 mg/l, e não há tratamento viável economicamente para redução dos teores de cloretos.

Constataram-se também valores elevados de sólidos totais e de dureza total ou seja maiores que os máximos tolerados pela ABNT.

O valor do PH também ultrapassa o máximo tolerado.

Observou-se a presença de CO₂ e ferro em duas amostras, enquanto que a cor apenas em uma das amostras ultrapassa o máximo tolerado.

3.7 - CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

No presente capítulo, teceremos consideração às características hidrogeológicas para a área objeto do estudo, suprimindo-se porém, os tópicos abordados na análise feita no Cap. I, que se caracterizam mais no aspecto geológico, enquanto estes últimos, na caracterização hídrica subterrânea.

Assim sendo, desenvolveremos por aqui fero estas considerações.

3.7.1 - Aquífero Beberibe

A Formação Beberibe compõe o principal aquífero explorado em grande escala na área da GRANDE JOÃO PESSOA, ocorrendo em cerca 80% desta área.

3.7.1.1 - Características hidrodinâmicas

Os dados disponíveis sobre as características hidrodinâmicas são muito precários. A maioria das

determinações da transmissividade foram efetuadas a partir de medidas levadas a cabo nos próprios poços bombeados. (Gráficos 3.9 a 3.19)

Estes valores são apresentados no quadro que se segue.

DETERMINAÇÃO DA TRANSMISSIVIDADE NOS
PRÓPRIOS POÇOS BOMBEADOS

MUNICÍPIO	POÇO	T (m ² /s)	MEDIA
CABEDELO	CB-I-1	$1,37 \times 10^{-3}$	$1,98 \times 10^{-3}$
	CB-I-2	$2,59 \times 10^{-3}$	
TAMBAO	JP-I-1	$2,30 \times 10^{-3}$	$2,30 \times 10^{-3}$
INOCOP	JP-IV-1	$9,83 \times 10^{-4}$	$9,83 \times 10^{-4}$
CABO BRANCO	JP-V-1	$2,37 \times 10^{-3}$	$2,37 \times 10^{-3}$
BAYEUX	BX-I-1	$6,17 \times 10^{-4}$	$8,47 \times 10^{-4}$
	BX-I-2	$1,07 \times 10^{-3}$	
	BX-I-3	$9,20 \times 10^{-4}$	
	BX-I-4	$7,80 \times 10^{-4}$	
SANTA RITA	SR-I-2	$5,74 \times 10^{-4}$	$5,49 \times 10^{-4}$
	SR-I-4	$5,24 \times 10^{-4}$	
FÁBRICA AVON	SR-08	$5,24 \times 10^{-4}$	$5,24 \times 10^{-4}$

A localização dos poços testados em -
contra-se indicada no Mapa

As características hidrodinâmicas avaliadas a partir de medidas em poços de observação não são consideradas corretas, pois as determinações foram influenciadas por diferenças construtivas entre os poços bombeados e os observados (seções filtrantes em diferentes níveis do sistema aquífero), pela superposição dos efeitos de rebaixamento e recuperação e pela influência da maré. As determinações efetuadas a partir de observações com piezômetros são incluídas no quadro a seguir. Vale, porém ressaltar, que os poços testados fazem parte do sistema de captação da CAGEPA e não poderiam ser paralisados por muito tempo.

DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS HIDRODINÂMICAS
OU AQUIFERO BEBERIBE EM POÇOS DE OBSERVAÇÃO

LOCAL	POÇO BOMBEADO	POÇO OBSERVADO	T (m ² /s)	S	B (m)
CASEDELO	CB-I-1	CB-I-2	$3,98 \times 10^{-3}$	$5,52 \times 10^{-4}$	-
BAYEUX	BX-I-2	BX-I-1	$2,93 \times 10^{-3}$	$4,60 \times 10^{-4}$	885
SANTA RITA	SR-I-1	SR-I-2	$1,95 \times 10^{-3}$	$4,87 \times 10^{-4}$	359

Embora as determinações não sejam precisas, os testes efetuados serviram para comprovar que, nas áreas em que o Aquífero é recoberto pelos sedimentos do Grupo Barreiras (Santa Rita e Bayeux), existe uma grande contribuição por drenança.

A estimativa do fator de drenança (B)

foi feita em função do rebaixamento observado no poço utilizado como piezômetro, e a exploração nos demais poços na área em que foi realizado o teste, a partir do uso da seguinte expressão:

$$s = \frac{\sum_{i=1}^{n+1} Q_i K_0 (r_i/B)}{2 \pi T}$$

em que:

- s = rebaixamento no poço observado
- Q_i = vazão do poço de ordem "i"
- r_i = distância do poço "i" ao poço observado
- T = transmissividade média determinada na área a partir de observações no próprio poço bombeado
- B = fator de drenança.

O cálculo é feito por aproximações sucessivas. Os resultados das últimas iterações indicaram valores de B da ordem de 400m, tanto em Santa Rita como em Bayeux.

Uma determinação precisa do coeficiente de armazenamento foi efetuada pela CONESP no poço JP-V-1, levando em conta a "eficiência da maré". O valor no ponto determinado é de $1,80 \times 10^{-4}$.

3.7.1.2 - Recarga

A recarga do sistema aquífero é feita exclusivamente por filtrações verticais através dos sedimentos do Grupo Barreiras. A área real de recarga natural é difícil de ser precisada, uma vez que, com os dados disponíveis, foi praticamente impossível delinear as zonas em que o potencial hidráulico do aquífero é superior à do Beberibe. Nas áreas de exploração mais intensa (Santa Rita, Bayeux e Distrito Industrial) a recarga através da drenança se torna mais efetiva.

3.7.1.3 - Descarga por bombeamento

De acordo com os dados levantados no cadastramento de poços, os volumes explorados no início do ano de 1979 são da ordem de 22.735 m³/dia.

3.7.1.4 - Usos atuais

Do total bombeado, 18.120 m³/dia são utilizados em abastecimento público, 1.792 m³/dia em consumo industrial e 2.823 m³/dia para fins domésticos.

3.7.1.5 - Riscos de poluição e/ou contaminação

Por enquanto não existem riscos de poluição a temer, pois o Aquífero, de um modo geral, é profun

do e, mesmo nas zonas de recarga, encontra-se protegido por camadas semi-permeáveis. O mesmo, porém, não se pode dizer quanto aos riscos de contaminação por água do mar, sobretudo na faixa litorânea de Cabedelo e João Pessoa onde já se verifica uma inversão do fluxo natural. O problema, porém, é ainda insuficientemente conhecido por falta de dados.

Os poços penetram apenas nas denominações Formações Gramame e Maria Farinha. Captam água de zonas fissuradas e de arenitos intercalados. As descargas por bombeamento em 38 poços cadastrados é da ordem de $4.000 \text{ m}^3/\text{dia}$, dos quais 1.150 são para uso industrial e 2.850 para uso doméstico.

3.7.2 - Aquífero dos alúvios e sedimentos de praia

Nesses depósitos, constituídos de areias de granulação diversas, limos, argilas e vasas, desenvolve-se um sistema de águas subterrâneas livres (freáticas), com profundidade geralmente inferior a 3,00 m. A espessura não é uniforme, variando de 2 a 15m, alcançando localmente até cerca de 20m.

Cobrem uma superfície de 326 km^2 e têm como limites lateral e local as formações sobre as quais repousam, a saber: as rochas do embasamento cristalino (no setor mais ocidental), os sedimentos do Grupo Barreiras e os calcários da Formação Gramame.

3.7.2.1 - Características hidrodinâmicas

Não se dispõe de dados sobre as características hidrodinâmicas. Todavia, em se tratando de sedimentos inconsolidados e que variam bastante de fácies, é possível estimar para as areias mais grosseiras dos alúvios valores de permeabilidade da ordem de 10^{-3} m/s, enquanto que para os sedimentos arenosos da faixa da praia o mínimo que se pode esperar é uma permeabilidade da ordem de 10^{-4} m/s, geralmente representativa de areias finas e homogêneas de origem eólica, bem como de areias aluviais finas e argilosas, pouco consolidadas.

A porosidade efetiva nos alúvios é muito difícil de avaliar para fins de cálculos precisos, mesmo que se disponha de dados e testes pontuais. Diante da grande variação de fácies, um valor médio de 5% é o máximo que se pode estimar em cálculos de orientação. Para as areias da faixa da praia é razoável prever, para fins de cálculo, um valor em torno de 10%, que corresponde as determinações mais frequentes neste tipo de depósito, tanto através de medições de infiltração quanto em teste de aquífero.

3.7.2.2 - Recarga

A recarga se faz por infiltração direta das precipitações e por filtrações laterais a partir dos rios nas épocas de enchentes. As taxas de infiltração permanecem desconhecidas por falta de medidas diretas, e a inferência de um valor médio é certamente destituída de significado prático, não apenas porque a fácies afloran-

te pode variar amplamente desde areias até argilas, mas também porque existem áreas permanentemente alagadas sobre as quais nenhuma recarga se verifica.

Na faixa dos sedimentos de praia, embora também inexistem dados, não é excessiva uma taxa da ordem de 30% das precipitações. Valores dessa ordem foram determinados pela SUDENE, utilizando infiltômetros de gaveta. Não obstante, o significado dessa infiltração é sempre potencial, uma vez que esses sedimentos possuem nível freático muito alto e situam-se muito próximos ao nível geral de base, razão pela qual sua capacidade de armazenamento acaba sendo muito pequena, apesar da alta capacidade de infiltração potencial.

3.7.2.3 - Descargas por bombeamento

Não existem dados que permitam configurar uma exploração de águas subterrâneas exclusivamente no freático dos sedimentos recentes. As cacimbas e os poços ponteiros existentes exploram volumes, a priori, pouco significativos, já que sua utilização se faz em grande parte por métodos manuais.

Tanto na faixa de praia, quanto nas zonas dos vales, as captações rasas existentes geralmente fornecem água para fins secundários. Mesmo não se dispondo de dados específicos, admite-se que o volume explorado no aquífero dos sedimentos recentes seja pequeno, na medida em que as condições hidrogeológicas são desfavoráveis. Em termos quantitativos nada se pode afirmar com segurança.

3.7.2.4 - Usos atuais

As águas são utilizadas para fins secundários domésticos e irrigação de pequenas hortas e jardins, sendo a maioria das captações constituídas por poços ponteiros e cacimbas equipadas com bombas centrífugas ou manuais. No levantamento que foi efetuado, somente foram cadastrados poços tubulares.

3.7.2.5 - Riscos de poluição e/ou contaminação

Dada a pequena profundidade do nível freático (variável de 1 a 5m), as águas armazenadas e em circulação são altamente vulneráveis a poluições de toda sorte, desde esgotos e resíduos industriais, até contaminações por influência das marés.

3.7.3 - Aquífero Barreiras

Cobre, em toda área estudada, uma superfície de 1.005,1 km². A parte mais importante deste aquífero corresponde às zonas dos tabuleiros, entrecortados por vales profundos e estreitos, que se desenvolvem em cerca de 80% da área estudada. É na zona dos tabuleiros que se encontra a quase totalidade dos recursos hídricos renováveis da região.

3.7.3.1 - Características hidrodinâmicas

Para este sistema aquífero bastante heterogêneo, também não se dispõe de dados sobre as características hidrodinâmicas. O certo é que a permeabilidade varia de acordo com a lenticularidade geral. Para os níveis arenosos grosseiros, a permeabilidade é da ordem de 10^{-4} m/s (valores determinados na região de Natal).

3.7.3.2 - Recarga

A recarga se processa por infiltrações diretas das precipitações sobre os tabuleiros. Realmente, a configuração morfológica dos tabuleiros, entre - cortados em grande parte por vales profundos, favorece a infiltração direta das águas das chuvas e a exudação, através de restituições, no sapê das vertentes dos vales, onde emergem as fontes que perenizam os cursos d'água. É de fundamental importância na recarga indireta do aquífero subjacente (Beberibe), na faixa central da área da GR^U DE JOAO PESSOA, que tem os seus recursos engrandecidos pelas infiltrações condicionadas pelo potencial hidráulico mais elevado (especialmente nas áreas de exploração).

Os estudos efetuados pela SUDENE na faixa costeira Pernambuco - Paraíba, conduziram à determinação de uma taxa de infiltração da ordem de 35% da pluviometria média anual. Esta determinação foi efetuada a partir da definição do regime de recessão dos Rios Mumbaba, Mamuaba e Gramame. Em verdade, as descargas de estiagem destes rios (que têm a quase totalidade de suas bacias hidrográficas nos sedimentos do Grupo Barreiras),

resultantes das infiltrações, se distribuem do seguinte modo:

- a - exsudação da zona não saturada, que corresponde à principal parcela restituída e constitui na realidade recursos hídricos de superfície;
- b - descarga correspondente às exsudações da zona saturada.

Em tais condições, o estudo da recesão assume grande complexidade e a aplicação das fórmulas tradicionalmente utilizadas para relacionar o volume de água de um aquífero à sua vazão de descarga, não pode ser feita sem riscos de erros elevados na previsão dos recursos reguladores do aquífero.

Nos tabuleiros e zonas mais dissecadas onde se desenvolve a urbanização, a recarga é hoje reduzida, conforme se depreende da quase completa ausência de restituições nesta faixa.

3.7.3.3 - Descargas por bombeamentos

Dados relativos a cerca de 30 poços tubulares e em funcionamento neste aquífero indicam que as descargas por bombeamento atingem cerca de $1.300\text{m}^3/\text{dia}$. A isto devem ser somadas as descargas em cacimbas e poços razos equipados e não cadastrados.

3.7.3.4 - Usos atuais

Do total bombeado, 900 m³/dia se destinam ao consumo doméstico e 400 m³/dia para uso industrial.

3.7.3.5 - Riscos de poluição e/ou contaminação

Considerando que sobre os tabuleiros e morros os níveis d'água são relativamente profundos, os riscos de poluição e contaminação são muito pequenos nas zonas de recarga, ficando restritos às zonas de descarga.

3.8 - QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Os dados disponíveis a respeito da qualidade das águas subterrâneas, apesar de restringirem-se apenas às análises físico-químicas elaboradas pela CAGEPA e pela SUDENE (estas referentes às amostras coletadas na fase de cadastramento dos poços), são suficientes para aquilatar, em termos regionais, as características hidro-químicas dos principais sistemas aquíferos.

3.8.1 - Aquífero dos alúvios e sedimentos de praia

Embora não se disponha de nenhum dado a respeito das águas subterrâneas freáticas do aquífero dos alúvios, este tem, como restrição ao uso público, a

vuulnerabilidade à poluição e à contaminação por influência das "línguas salinas".

3.8.2 - Aquífero Barreiras

Dispõe-se apenas de duas análises físico-químicas: uma referente a uma amostra coletada no sistema de captação de Buraquinho (elaborada pela CAGEPA), a outra à água captada no poço SR-09. Os dados referentes a estas análises (Quadro 3.12) mostram que as águas do Aquífero Barreiras têm suas fácies CLORETADO-BICARBONATADO/sódico e, de um modo geral, não apresentam restrições a sua utilização para fins de abastecimento público.

3.8.3 - Aquífero Beberibe

Os dados referentes às análises químicas disponíveis (estampados no Quadro 3.12), demonstram que nas áreas onde é menor o teor de arenitos calcíferos (Santa Rita e Bayeux), as águas são predominantemente BICARBONATADAS/sódicas. Nas áreas mais próximas do litoral, como por exemplo, em Cabedelo, as águas têm fácies CLORETADO-BICARBONATADO/sódico-cálcico, indicando já uma certa influência de contaminação marinha, através dos níveis mais superiores, onde deve haver circulação cárstica.

Na parte mais ocidental, a única restrição ao uso em sistemas de abastecimento (facilmente superável) diz respeito ao excessivo teor de CO_2 , enquanto que, no setor ocidental, apesar de ainda não atingir os limites permissíveis, a dureza elevada e os perigos de

contaminação por avanço da interface constituem fatores restritivos.

3.8.4 - Aquitard dos calcários

Dispõe-se apenas de (2) duas análises de águas coletadas em poços que captam água no aquitard dos calcários (poços JI-III-2 e JP-47). As águas são BI CARBONATADAS/cálcicas - magnesianas e apresentam um dureza acima dos limites permissíveis para a utilização em sistemas de abastecimento. Os dados referentes as análises efetuadas são apresentadas no Quadro 3.14.

3.9 - CARACTERÍSTICA DO REGIME FLUVIAL

3.9.1 - Introdução

O regime fluvial de um curso d'água é observado em uma dada seção deste e representado pela sucessão de estágios de seus níveis d'água, atingidos em um determinado período, e suas respectivas vazões. Esta sucessão é o resultado da ação conjunta de uma série de agentes modeladores: meteorológicos; geomorfológico e seres vivos, os quais são, em grande parte, interdependentes.

Como é sabido, o regime pluviométrico caracteriza-se por ser um dos condicionantes principais do regime fluvial, estando intimamente relacionado às estações do ano. Observa-se, portanto, que há uma repetição

cíclica anual de tendência geral de geração de níveis d'água e vazões de um rio em uma determinada seção de controle.

A sucessão de valores de vazão observados em um determinado local do rio constitui uma série de dados que pode ser organizada segundo uma distribuição de frequências. Para isto basta definir os intervalos de classe e registrar o número de valores que se situam no intervalo.

Com os valores das frequências acumuladas, lançadas em um gráfico, em correspondência com os limites inferiores dos respectivos intervalos de classe, obtêm-se as "curvas de duração ou curvas de permanência de vazão," como são denominadas.

As curvas de duração ou permanência, obtidas da forma acima citada, permitem visualizar de imediato a potencialidade natural do rio, podendo-se destacar as vazões correspondentes, que permaneceram durante 0,25; 0,50 e 0,75 do tempo histórico de observação. Entretanto, vale resaltar que a potencialidade assim definida caracteriza uma quantificação para seu uso de modo natural, ou seja, a "fio d'água".

Sempre que uma determinada população necessitar satisfazer suas demandas de água ativando um determinado manancial, pode fazê-lo de duas formas. A primeira, utilizando este manancial, em suas condições naturais, através de uma "captação a fio d'água" (conforme descrito anteriormente), a segunda, modificando seu regime através de obras de barramento. Cabe, portanto, ressaltar que, na primeira hipótese, o aproveitamento fica restrito pelas condições de escassez do regime fluvial e à mercê

de suas variações. Na segunda, garante-se a demanda de uma vazão constante superior à mínima e independente das variações do regime.

Com base nessas informações e pretendendo-se fornecer maior contribuição a estudos na área da GRANDE JOÃO PESSOA, selecionamos (apoiado nos estudos estabelecidos pela Geotécnica) para cada manancial em questão, um local barrável onde desenvolvemos os estudos de regularização, além dos estudos de potencialidades.

Para os estudos das potencialidades dos mananciais em questão nos locais barráveis, apresentamos as curvas de permanência de vazão, as quais indicam a percentagem do tempo em que ocorrem ou deverão ocorrer vazões superiores ou iguais ao limite indicado. (Ver Gráfico 3.23 a 3.29 e Quadro 3.16)

O estudo de regularização tem por objetivo, baseado no histórico dos deflúvios mensais, determinar o volume de água necessário de se acumular para garantir, durante o período mais crítico de estiagem do histórico de dados, o fornecimento de uma vazão de demanda constante.

As vazões passíveis de ser regularizadas em um determinado curso d'água, são sempre uma fração do módulo deste rio. Considerando-se as perdas por evaporação e outras inerentes ao próprio aproveitamento, limitamos esta vazão regularizada a 0,8 do módulo. Valores de descargas regularizadas abaixo de 0,5 do módulo não foram analisadas, dado seu baixo valor e o objetivo meramente ilustrativo deste estudo.

A determinação dos volumes regularizadores para as vazões de 08, 07, 06 e 0,5 do módulo, respectivamente, foram feitas através do emprego do diagrama diferencial acumulado. Os resultados encontrados são apresentados no Quadro 3.17.

3.9.2 - Os deflúvios mensais

Com base nos deflúvios observados e gerados, através de correlação com as séries pluviométricas (desenvolvimento no item 3.5) nos postos fluviométricos em operação, foram estimados os deflúvios médios mensais nos locais escolhidos para barramento dos cursos d'água.

Assim, para o eixo escolhido sobre o rio Mamanguape foram obtidos, os deflúvios mensais, considerando-se os deflúvios específicos alcançados para o posto de Ponte Leitão, corrigidos por um coeficiente calculado pela equação:

$$C_1 = \frac{q_M^i \times AM + q_T^i \times AT}{AM + AT} / q_{PL}^i$$

onde:

C - coeficiente de correção

i - mês

q_M - deflúvio específico em Mulungu

q_T - deflúvio específico em Tainha

q_{PL} - deflúvio específico em Ponte Leitão

AM - área de drenagem em Mulungu

AT - área de drenagem em Tainha

aplicada aos dados observados no período 1970/75. Dessa forma, o deflúvio específico no eixo barrável foi obtido por:

$$q_{LB}^i = C_i q_{PL}^i \quad \text{onde,}$$

q_{LB}^i - deflúvio específico no local barrável

q_{PL}^i - deflúvio específico em Ponte Leitão

C_i - coeficiente para o mês i

Para os eixos de Mumbaba, Mamuaba e Gramame I, em face da proximidade dos postos, foram adotados os mesmos deflúvios específicos obtidos para as estações fluviométricas em operação nesses rios.

Já no eixo Gramame II, o deflúvio específico foi igualado ao valor médio dos deflúvios obtidos no rio Mamuaba em Fz. Mamuaba de Baixo e no Rio Gramame em Fz. Serrota:

$$q_{GII} = \frac{q_{Ma} \times AM_a + q_s \times A_s}{AM_a + A_s} \quad \text{onde,}$$

q_{GII} - deflúvio específico no eixo II

q_{Ma} - deflúvio específico em Fz. Mamuaba de Baixo

q_s - deflúvio específico em Fz. Serrota

AM_a - área de drenagem em Fz. Mamuaba de Baixo

A_s - área de drenagem em Fz. Serrota

Para obtenção dos deflúvios específicos nos locais barráveis nas bacias dos rios Jacuípe e Miriri, onde não se dispõe de dados fluviométricos, utilizou-se a correlação chuva x deflúvio ajustada para a bacia do rio Mumbaba em Fz. Mumbaba, gerando-se através dela, e com base na chuva média precipitada em cada bacia, os deflúvios específicos correspondentes.

A escolha da correlação ajustada para a bacia do rio Mumbaba em Fz. Mumbaba, como elemento de geração de deflúvios nos rios Miriri e Jacuípe, deveu-se à semelhança das características físicas e climáticas dessas bacias, e à maior confiabilidade dos dados observados naquela estação fluviométrica em relação às demais da bacia do rio Gramame.

Com base nas descargas médias mensais

em m^3/s ; os deflúvios mensais em $10^6 m^3$ e os deflúvios específicos em mm (obtidos para os locais barráveis em questão), apresentamos o Quadro 3.17 que expressa as descargas regularizadas com os respectivos volumes regularizados para cada local barrável, calculados com base nos resultados obtidos na comparação acima.

Dispõe-se, assim, de um elemento fundamental ao pré-dimensionamento das obras de barramento necessárias para as diversas alternativas de solução ao abastecimento d'água da GRANDE JOÃO PESSOA.

3.10 - POTENCIALIDADES DE ÁGUA SUBTERRÂNEAS

O problema da avaliação quantitativa dos recursos hídricos subterrâneos admite vários níveis de resolução. Estes, em função dos dados disponíveis e do estágio de avanço das investigações, podem ser classificados, desde o mais simples, em que as estimativas se fazem a partir de dados geológicos e hidrogeológicos existentes e relativos a poços isolados, até a avaliação completa, apoiada em dados de exploração de longa duração.

Nos diversos problemas relativos à quantificação das águas subterrâneas, objetivando a sua utilização, aparecem 3 noções fundamentais, a saber:

- Volume de água de um aquífero ou reserva, que corresponde à totalidade de água mobilizável existente em um aquífero ou sistema aquífero;
- Recursos reguladores (sazonais ou

interanuais), que regularizam a vazão de escoamento natural de um aquífero ou sistema aquífero; correspondem, portanto, a uma recarga/descarga;

- Recurso exploráveis, que correspondem a uma vazão de água subterrânea passível de ser extraída, de um aquífero ou sistema aquífero, na dependência de condições técnicas e econômicas (concepção das obras de captação, disposição das mesmas, seus custos etc), sem alteração do regime de exploração da qualidade da água durante o tempo previsto pelo cálculo para o funcionamento das obras. Portanto, a definição desses recursos implica sempre em uma proposta segundo um tempo e um modo.

As reservas são calculadas para os diferentes aquíferos (unidades litológicas de características mais ou menos homogêneas), simplesmente multiplicando-se os volumes saturados dos mesmos pelas respectivas porosidades médias específicas medidas.

Os recursos reguladores podem ser estimados em função das variações sazonais dos níveis d'água ou da piezometria natural de cada um sistema aquífero.

Cálculos simplistas demonstram que, em termos de reservas, os volumes armazenados são da ordem de $25 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}^2$ para os aquíferos Barreiras e Beberibe. Os recursos reguladores assumem valores de 3×10^5

m^3/km^2 no Aquífero Barreiras e são desprezíveis para o Aquífero Beberibe.

Estes valores não representam nenhum significado prático na estimativa dos recursos exploráveis para o suprimento dos sistemas de abastecimento a serem implantados ou ampliados. A esse respeito é importante ressaltar que as vantagens de utilização de águas subterrâneas em sistemas de abastecimento se tornam evidentes em função dos seguintes aspectos:

- a - a natural proteção que oferecem, e o permanente processo de filtração a que são submetidos, trazendo, como consequência óbvia, a melhor qualidade química e biológica das águas, dispensando os tratamentos convencionais, requerendo apenas uma simples desinfecção:
- b - a forma como ocorrem, constituindo extensos pacotes oferecendo várias alternativas de locação das obras de captação, sem maiores riscos de contaminação pela eventual proximidade das áreas urbanas; daí decorre, quase sempre, a menor extensão de adutoras, quando não a sua própria eliminação, com vantagens evidentes no custo operacional e do investimento:
- c - a uniformidade prática dos poços tubulares que constituem as obras

de captação mais usuais e das elevatórias correspondentes, que são fatores altamente significativos na redução dos custos operacionais, pela homogeneidade que asseguram a partir de uma escolha criteriosa dos equipamentos e demais instalações;

- d - o alto grau de flexibilidade que normalmente acompanha os sistemas que utilizam água subterrânea tanto em termos de possibilidades de escalonamento dos investimentos, quanto do atendimento a situações futuras eventualmente diferentes das previstas em projetos;
- e - é evidente que as vantagens decrescem com o aumento do número de captações necessário à satisfação das demandas.

A luz dessas considerações e tendo em conta as demandas requeridas para o abastecimento das principais comunidades, julga-se conveniente estabelecer, mesmo ainda em nível preliminar, até que ponto estas demandas poderiam ser atendidas com os recursos hídricos subterrâneos.

É válido acrescentar que, se forem consideradas as restrições de qualidade (físico-química e bacteriológica), o suprimento dos sistemas de abastecimento somente poderá ser efetuado com a captação de águas subterrâneas provenientes do Aquífero Barreiras e do Aquí

fero Beberibe.

No caso do Aquífero Barreiras os recursos exploráveis correspondem aos recursos reguladores. Como estes recursos fluem à superfície em sua quase totalidade, a melhor forma de aproveitamento será através de captações de superfície e sub-superficiais (galerias, drenos etc). Apenas pequenas percentagens poderiam ser captadas através de poços tubulares, ou amazonas profundos, cujas vazões serão certamente (como é o caso) bastante reduzidas, em virtude da fraca permeabilidade e modesta espessura saturada.

Para o caso do Aquífero Beberibe, alcançado somente em grande profundidade através de poços tubulares, os recursos exploráveis são estimados a partir de um modelo de simulação estabelecido em função da reação hidrodinâmica às solicitações.

3.10.1 - Estimativa dos recursos exploráveis para os sistemas de abastecimento

3.10.1.1 - Cruz do Espírito Santo

Como se sabe, a captação atualmente é feita no aquífero frático (Barreiras) através de um sistema de drenos que conduzem a água para um tanque de acumulação.

De acordo com a lei de Darcy, a vazão captada é dada pela seguinte expressão:

$$Q = K i A$$

em que

K = permeabilidade

i = gradiente hidráulico

A = área da seção de captação.

Isto significa que a vazão total do sistema poderá ser ampliada com o aumento da área de captação (ou, em outras palavras, com a ampliação dos drenos). Um dimensionamento adequado do sistema de drenos deve ser apoiado em pesquisas específicas.

Embora não se tenham dados concretos a respeito da permeabilidade, tem-se como altamente provável o atendimento da demanda com a ampliação dos drenos e instalação dos mesmos a maior profundidade (de modo a aumentar também o gradiente hidráulico).

3.10.1.2 - Santa Rita

As características do aquífero na área de Santa Rita permitem dimensionar poços tubulares com vazões de 50 m³/h para rebaixamento da ordem de 50m. Assim, para o atendimento da demanda no final (considerado este rebaixamento) do plano seriam necessários 21 poços.

A análise do perfil litológico mais confiável (poço SR-I-A) mostra que, em termos de qualidade (águas de menor dureza), a zona aquífera mais promissora

ra fica compreendida entre 130 a 210 m de profundidade (para poços locados em cotas da ordem de 5m). Isto significa que as câmaras de bombeamento deverão ter uma profundidade máxima de 130 a 135m ou, em outras palavras, o nível dinâmico não deverá exceder a profundidade de 115 a 120 m (15m acima da extremidade inferior da câmara de bombeamento).

O espaçamento ótimo entre os poços é dado pela seguintes expressão:

$$n = \frac{0,2Tt}{S} / n$$

em que

- n - espaçamento entre os poços (em bateria retilínea).
- T - coeficiente de transmissividade (da ordem de $5,49 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$)
- S - coeficiente de armazenamento (da ordem de 5×10^{-4})
- n - número de poços da bateria (21)
- t - tempo de bombeamento até se alcançar o regime de equilíbrio (estimado em 10 anos).

Este espaçamento calculado com os dados disponíveis é da ordem de 416m. Para efeito de cálculo estima-se um espaçamento da ordem de 500m.

A simulação das condições de exploração em cada poço para os diversos alcances é feita através do uso da seguinte expressão:

$$ND = NE - S_0 + \Delta_i + \Delta_e$$

em que

ND - profundidade do nível dinâmico

NE - profundidade do nível estático

S₀ - rebaixamento devido ao equilíbrio no poço

Δ_i - interferências provocadas pelos poços da bateria

Δ_e - interferências provocadas por poços fora da bateria.

O rebaixamento devido ao próprio poço é estimado a partir da seguinte expressão:

$$s_0 = \frac{Q}{4\pi T} W(\mu)$$

em que

$$\mu = 4Tt/rw^2S$$

rw = raio da seção filtrante

$$W(\mu) = 0,722 - \ln\mu + \mu - \frac{\mu^2}{2.2!} + \frac{\mu^3}{3.3!} - \dots$$

O rebaixamento devido às interferências provocadas pelos poços da bateria é dado por:

$$\Delta_i = \sum_{j=1}^{n-1} Q_j K_0(r^j/B) / 2\pi T$$

em que

$K_0 (r^i/B)$ = função de Bessel

r_i = distância do poço "i"

B = fator de drenança

O rebaixamento devido às interferências provocadas pelos poços localizados fora da bateria é dado por:

$$\Delta_e = Q_e K_0 (r_e/B) / 2\pi T$$

onde,

Q_e = vazão total dos poços localizados fora da bateria

r_e = distância entre o poço equivalente (vazão total - Q_e e localizado no centro geométrico dos poços localizados fora da bateria)

T = coeficiente de transmissividade média.

Para efeito de cálculo consideram-se como poços influentes fora da bateria aqueles considerados na simulação efetuada para a bateria de BAYEUX.

Considera-se um nível estático da região da ordem de 5 m.

Os resultados obtidos com as simulações para os diferentes alcances foram os seguintes:

Ano de 1985

Oferta: 6.000 m³/dia
Número de poços: 5
Nível dinâmico no poço central: 89,78m (85,48m sem a
bateria de Bayeux)
Nível dinâmico no poço extremo: 83,11m (78,81m sem a
bateria de Bayeux)

Ano de 1990

Oferta: 9.600 m³/dia
Número de poços: 8
Nível dinâmico no poço central: 107,18m (98,59m sem a
bateria de Bayeux)
Nível dinâmico no poço extremo: 89,92m (81,33m sem a
bateria de Bayeux)

Ano de 1995

Oferta: 13.200 m³/dia
Número de poços: 11
Nível dinâmico no poço central: 121,20m (108,31m sem
a bateria de Bayeux)
Nível dinâmico no poço extremo: 103,75m (90,86m sem
a bateria de Bayeux)

Ano de 2000

Oferta: 20.400 m³/dia
Número de poços: 17
Nível dinâmico no poço central: 139,31m (120,69m sem
a bateria de Bayeux)
Nível dinâmico no poço extremo: 113,55m (94,93m sem
a bateria de Bayeux)

Ano de 2005

Oferta: 25.520 m³/dia

Número de poços: 21

Nível dinâmico no poço central: 149,08m (126,16m sem
a bateria de Bayeux)

Nível dinâmico no poço extremo: 119,05m (96,13m sem
a bateria de Bayeux)

3.10.1.3 - Bayeux

As características hidro-dinâmicas do Aquífero Beberibe na área de Bayeux permite prognosticar vazões de 75 m³/h para rebaixamentos da ordem de 50m.

Os dados relativos aos perfis dos poços existentes indicam que a zona aquífera mais promissora para a captação de águas de melhor qualidade fica compreendida entre as cotas de -130 e -220m. Isto significa que para poços localizados a uma cota média de +20m o nível dinâmico máximo deve ser da ordem de 130m de profundidade.

A simulação das condições de exploração para cada poço é feita de modo similar àquele já apresentado para o caso de Santa Rita. Os resultados são apresentados resumidamente a seguir:

Ano de 1985

Oferta: 5.400 m³/día
Número de poços: 3
Nível dinâmico no poço central: 91,83m
Nível dinâmico no poço extremo: 88,41m

Ano de 1990

Oferta: 10.800 m³/dia
Número de poços: 6
Nível dinâmico no poço central: 111,37m
Nível dinâmico no poço extremo: 103,29m

Ano de 1995

Oferta: 16.200 m³/día
Número de poços: 9
Nível dinâmico no poço central: 126,07m
Nível dinâmico no poço extremo: 112,18m

Ano de 200

Oferta: 23.400 m³/dia
Número de poços: 13
Nível dinâmico no poço central: 142,45m
Nível dinâmico no poço extremo: 122,37m

Ano de 2005

Oferta: 26.800 m³/día
Número de poços: 6
Rebaixamento no poço central: 151,90m
Rebaixamento no poço extremo: 128,03m

3.10.1.4 - Cabedelo

No estágio atual dos conhecimentos, qualquer estratégia de exploração de águas subterrâneas para o abastecimento d'água de Cabedelo, por mais prudente que seja, admitiu elevados riscos de salinização pelo avanço da interface não somente pela enorme complexidade dos fenômenos envolvidos, como principalmente pelo desconhecimento da posição atual do início da zona de mistura. Neste sentido, somente a partir deste conhecimento, (a ser obtido por piezômetro perfurado na linha de costa) com a utilização de modelos numéricos devidamente calibrados por medições em período de tempo suficiente (estimado de 2 a 3 anos), será possível estabelecer, com a devida garantia, uma proposta definitiva para a exploração.

Os cálculos estimativos apresentados a seguir foram realizados de acordo com o caráter preliminar que deve ser imputado nas estimativas dos recursos exploráveis, diante da incerteza da posição atual da interface.

Admite-se para uma bateria de poços a ocorrência de um sistema de fluxo cilíndrico e não radial, de modo que os volumes bombeados procedem em partes iguais, nos sentidos respectivamente da área de recarga e do litoral. Na realidade, as descargas efetuadas pelos poços esparsamente distribuídos determinam uma rede de fluxo de conformação elíptica. Assim, a suposição de que a metade dos volumes bombeados procedem da faixa entre a seção de bombeamento e o início da zona de transição, confere à estimativa um certo fator pessimista.

O que se procura obter é uma vazão por

km de costa de tal forma que o avanço da zona de mistura se faça até uma distância determinada.

Supõe-se que a zona de mistura situa-se hoje na linha de costa e que a bateria de poços a ser implantada fique localizada a uma distância do litoral, da ordem de 500m. Admite-se ainda que o avanço da zona de mistura avance até o fim do período do projeto de abastecimento apenas a metade da distância entre a linha de costa e a bateria de poço.

A vazão explorada por fim de costa é dada por:

$$Q = \frac{2 \text{ bdm} \times 1000}{t}$$

em que

b = espessura do aquífero (estimado em 250m)

d = avanço da interface (pré-fixado em 250m)

m = porosidade efetiva (estimada em 0,1)

t = período de bombeamento (pré-fixado em 25 a nos).

A vazão assim calculada é de 57,08 m^3/h .

De acordo com os dados disponíveis, os poços deverão ter uma profundidade da ordem de 350m e seção de filtros colocadas no intervalo compreendido entre 280 e 350m (de modo a captar na zona aquífera mais inferior não calcífera).

A profundidade do nível dinâmico em cada poço é dada pela seguinte expressão.

$$ND = NE + So + \Delta i$$

em que

NE = profundidade do nível estático original (1 m)

So = rebaixamento no próprio poço

Δi = rebaixamento devido as interferências do poço da bateria.

O rebaixamento devido ao próprio poço é dado por:

$$So = \frac{Q}{4\pi T} W(u)$$

em que

Q = vazão de exploração

T = coeficiente de transmissividade (estimado em $1,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$)

$$W(u) = 0,5772 - \ln u + \frac{u-u^2}{2.21} + \frac{u^3}{3.3.} - \dots$$

$$u = \frac{r_w^2 S}{4Tt}$$

r_w = raio do aço filtrante (estimado em 0,075m)

S = coeficiente de armazenamento (estimado em 2×10^{-4})

t = tempo de bombeamento (estimado em 25 anos).

O rebaixamento devido às interferências é dado por:

$$\Delta i = \frac{\Sigma Q}{4\pi T} W(u_i)$$

em que

$$u_i = \frac{r_i^2 S}{4 T t}$$

r_i = distancia ao poço "i"

As simulações efetuadas, considerando as distâncias entre os poços de 1000m, apresentam os seguintes resultados:

Ano de 1985

Oferta: 3.960 m³/dia
 Número de poços: 3
 Nível dinâmico no poço central: 45,52m
 Nível dinâmico no poço extremo: 44,40m

Ano de 1990

Oferta: 5.280 m³/dia
 Número de poços: 4
 Nível dinâmico no poço central: 53,02m
 Nível dinâmico no poço extremo: 51,25m

Ano de 1995

Oferta: 5.280 m³/dia
 Número de poços: 4
 Nível dinâmico no poço central: 54,34m
 Nível dinâmico no poço extremo: 52,47m

Ano de 2000

Oferta: 7.920 m³/dia
Número de poços: 6
Nível dinâmico no poço central: 67,39m
Nível dinâmico no poço extremo: 63,66m

Ano de 2005

Oferta: 9.240 m³/dia
Número de poços: 7
Nível dinâmico no poço central: 74,38m
Nível dinâmico no poço extremo: 69,53m

Nas simulações efetuadas deixou - se uma margem de 10m para os rebaixamentos devidos aos efeitos de penetração parcial e as perdas de carga. A vazão estimada por poço foi de 55 m³/h.

3.10.1.5 - Conde

O abastecimento da cidade de Conde, como se sabe, é feito a partir de uma captação no Aquífero Barreiras, constituída de um poço tipo amazonas dotado de drenos. Considerando que esta captação é vulnerável à contaminação bacteriológica e que as possibilidades de ampliação são mínimas, a solução que se afigura mais vantajosa, sobretudo porque vem eliminar a adutora, é a utilização de um poço tubular perfurado junto ao reservatório de distribuição, mesmo levando em conta grandes profundidades de perfuração (da ordem de 300m) e o nível estático (em torno de 80m).

As características hidrodinâmicas estimadas para a área de Conde permitem prognosticar vazões de $30 \text{ m}^3/\text{h}$ para rebaixamento da ordem de 30m.

Como o nível estático deveria estar a uma profundidade de 80m a câmara de bombeamento deveria ter uma extensão de 150m.

Além da sede municipal, o distrito de Jacumã tem amplas possibilidades de ser abastecido integralmente a partir da água subterrânea. Para este distrito os poços deverão ter características idênticas às dos poços projetados para Cabedelo e, como medida de segurança deverão ser locados a uma distância mínima de 500m da costa.

3.10.2 - Cálculo das Potencialidades Subterrâneas

Tendo-se desenvolvido anteriormente todos os parâmetros e requisitos necessários ao desenvolvimento deste item, procederemos então, de maneira objetiva, a estas quantificações.

Primeiramente, serão definidos para os aquíferos Barreiras e Beberibe as expressões que permitirão determinar estas quantificações.

Para o Aquífero Barreiras a potencialidade será dada por:

$$P1 = A_T \times V_Z \times K$$

onde

A_T = área total de ocorrência do Aquífero Barreiras na bacia

V_Z = variações sazonal

K = porosidade específica.

Para o Aquífero Beberibe a potencialidade será dada por:

$$P_2 = E_N + F_p$$

onde

E_N = escoamento natural

F_p = fração das reservas permanentes,

sendo que

$$E_N = 130 \text{ m}^3/\text{dia} \times \text{largura média da bacia em km}$$

$$F_p = \frac{1}{3} \frac{\text{Área de ocorrência} \times \text{porosidade específica (K1)}}{\text{Tempo de exploração (t)}}$$

Para fins de cálculo, consideraremos os seguintes valores:

$$V_N = 3\text{m}$$

$$K = 0,1$$

$$K_i = 0,1$$

$$t = 25 \text{ anos}$$

3.10.2.1 - Para a Bacia do Mamanguape

I - Potencialidade devido ao aquífero Barreiras

$$P1 = A_T \times V_Z \times K$$

onde substituindo teremos:

$$P1 = 249 \times 3 \times 0,1$$

$$P1 = 74,7 \text{ hm}^3/\text{ano}$$

II - Potencialidade devido ao aquífero Beberibe

$$P2 = \frac{1}{3} \frac{A_T \times K_1}{t}$$

onde substituindo teremos:

$$P2 = \frac{130 \times 365 \times 27}{10^6} + \frac{1}{3} \frac{190 \times 0,1 \times 250}{25}$$

$$P2 = 64,58 \text{ km}^3/\text{ano},$$

sendo a potencialidade total dada por:

$$P_T = P1 + P2$$

$$P_T = 74,7 + 64,58$$

$$P_T = 139,28 \text{ hm}^3/\text{ano}.$$

Analogamente, teremos:

3.10.2.2 - Para a Bacia do Gramame e seus afluentes

I - Potencialidade devido ao aquífero Barreiras

$$P1 = 520 \times 3 \times 0,1$$

$$P1 = 156 \text{ hm}^3/\text{ano}$$

II - Potencialidade devido ao aquífero Beberibe

$$P2 = \frac{130 \times 365 \times 15}{160} + \frac{1}{3} \cdot \frac{249 \times 0,1 \times 250}{25}$$

$$P2 = 0,71 \text{ hm}^3/\text{ano}$$

$$PT = 239 + 0,71$$

$$PT = 239,71 \text{ hm}^3/\text{ao}$$

3.10.2.3 - Para a Bacia do Miriri

I - Potencial devido ao aquífero Barreiras

$$P1 = 280 \times 0,1 \times 3$$

$$P1 = 84 \text{ hm}^3/\text{ano}$$

II - Potencial devido ao aquífero Beberibe

$$P2 = \frac{130 \times 365 \times 6,4}{106} + \frac{1}{3} \cdot \frac{163 \times 250}{25}$$

$$P_2 = 54,63 \text{ hm}^3/\text{ano}$$

$$P_T = 84 + 54,63$$

$$P_T = 138,63 \text{ hm}^3/\text{ano}$$

3.10.2.4 - Para a Bacia do Jacuípe

I - Potencial devido ao aquífero Barreiras

$$P_1 = 158 \times 0,1 \times 3$$

$$P_1 = 47,4 \text{ hm}^3/\text{ano}$$

II - Potencial devido ao aquífero Beberibe

$$P_2 = \frac{130 \times 365 \times 9,6}{106} + \frac{1}{3} \cdot \frac{192 \times 250}{25}$$

$$P_2 = 64,46 \text{ hm}^3/\text{ano}$$

$$P_T = 47,4 + 64,46$$

$$P_T = 111,86 \text{ hm}^3/\text{ano}$$

No quadro 3.18 encontram-se indicados os valores calculados, bem como a área das bacias com as respectivas áreas de influência dos aquíferos Barreiras e Beberibe.

4.0 CONCLUSÃO

CAPÍTULO IV

C O N C L U S Ã O

4.1 - POTENCIALIDADES HÍDRICAS DE SUPERFÍCIE

Os resultados conclusivos ao estudo das Potencialidades Hídricas para a área da GRANDE JOÃO PESSOA encontram-se apresentados através das curvas de permanência de vazão e do Quadro 3.16, os quais foram desenvolvidos no Capítulo 3. Este quadro sintetiza, por mananciais em estudo, as principais características conclusivas, a saber:

- as vazões máximas e mínimas ocorridas durante o período de observação;
- a vazão mais frequente, para este período de observação;
- as vazões que permanecem durante 25%, 50% e 75% do tempo histórico, ou seja, as vazões garantidas iguais ou superiores ao limite indicado;
- a vazão média;
- e os coeficientes de perenidade.

Este último mostra quanto o volume

máximo e mínimo difere do médio, ou seja, é um parâmetro que representa a variação das oscilações do nível do rio durante as repetições cíclicas anuais. Este fator restringe o sistema de captação.

Todos estes itens, individual e conjuntamente, têm significado expressivo no que concerne aos vários tipos de aproveitamento e obras hidráulicas. Além dos resultados diretos que fornecem para o estudo do aproveitamento das Potencialidades desses mananciais em questão, constituem um instrumento valioso de comparação entre as características físicas das bacias hidrográficas distintas, colocando em evidência os efeitos de relevo, vegetação, uso da terra e da precipitação sobre a distribuição de vazão.

Como conclusão do estudo aqui desenvolvido, descreveremos abaixo as Potencialidades de cada manancial estudado, bem como suas principais características do regime fluvial.

4.1.1 - Bacia do Mamanguape

O rio Mamanguape, principal curso d'água da bacia, apresenta no local escolhido para barramento uma descarga média de $8,39 \text{ m}^3/\text{s}$, o que corresponde a $264,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ por ano. E, dos mananciais em estudo, o de regime mais variável (descarga mínima média mensal igual a $0,09 \text{ m}^3/\text{s}$ e máxima igual a $48,4 \text{ m}^3/\text{s}$).

A potencialidade de uma bacia é suposta como constante longo do tempo, embora na realidade ela passa variar à medida que se intensifique a exploração da

bacia, modificando-se as suas condições naturais de cobertura vegetal e de uso da terra.

4.1.2 - Bacia do Miriri

A bacia do Miriri, por estar localizada na zona da mata, dispõe de um regime pluviométrico bem distribuído ao longo do ano, acarretando assim variações não muito grandes das vazões do seu principal curso d'água.

O rio Miriri, no local barrável, apresenta uma vazão média mensal da ordem de $2,20 \text{ m}^3/\text{s}$, correspondendo a um deflúvio anual de $69,4 \times 10^6 \text{ m}^3$ e vazões extremas da ordem de $5,86 \text{ m}^3/\text{s}$ a máxima, e $0,08 \text{ m}^3/\text{s}$ a mínima.

4.1.3 - Bacia do Jacuípe

A bacia do rio Jacuípe, vizinha à bacia do Miriri, se encontra sob regime fluviométrico semelhante, tendo em seu curso d'água pequena amplitude de variação de vazões (máxima = $3,55 \text{ m}^3/\text{s}$ e mínima = $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$). Observa-se que tal regularidade do regime, se deve também aos aspectos geológicos da bacia, situada na baixada sedimentar do Barreiras.

A vazão média do rio Jacuípe, no local escolhido para barramento, é da ordem de $1,45 \text{ m}^3/\text{s}$, correspondendo a um deflúvio anual de $45,7 \times 10^6 \text{ m}^3$.

4.1.4 - Bacia do Paraíba

Considerando-se as vazões médias mensais do rio Paraíba em Louro Müller, apresentadas nos Estudos Hidrológicos para o projeto da Barragem de Acauã, referentes ao período 1969 e 1977, conclui-se que a potencialidade deste rio no local barrável é de $16,1 \text{ m}^3/\text{s}$, correspondendo a um deflúvio anual de $508,0 \times 10^6 \text{ m}^3$. A escolha do período acima para o cálculo das potencialidades da bacia deve-se a que este é o único período em que se dispõe de observações, posterior à construção do açude Epitácio Pessoa.

4.1.5 - Bacia do Gramame

Para o cálculo da potencialidade da bacia do Gramame, considerou-se o somatório das descargas módulo dos rios Mumbaba no local barrável e Gramame no eixo barrável II, referentes ao período de 1930 a 1978.

Assim, obteve-se uma descarga total média de $6,28 \text{ m}^3/\text{s}$, correspondente a um deflúvio anual de $198,0 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Um estudo de Potencialidade não promete, como resultado final, indicar um determinado manancial e sua melhor aplicação, dentro de qualquer Planejamento de Recursos Hídricos. Promete apenas representar a quantificação dos recursos hídricos sem a intervenção humana, em seu estado natural.

Porém, tendo sido desenvolvidos, sucin

tamente, os estudos de regularização para os mananciais em questão nos locais barráveis, poderemos com base nestes descrever as seguintes conclusões que complementam o estudo proposto:

- 1 - Observa-se que o rio Mamanguape apresenta as maiores vazões regularizadas, embora necessite, para tanto, de volumes regularizadores da ordem de centenas de milhões de metros cúbicos.
- 2 - O oposto ocorre para o rio Jacuipé, cuja vazão máxima regularizada é da ordem de 1,16 metros cúbicos e os volumes regularizadores não alcançam a ordem das dezenas de milhões de metros cúbicos.
- 3 - O rio Gramame no eixo II aparece como um manancial de melhor rendimento, obtendo-se com um volume regularizador de $8,7 \times 10^6 \text{ m}^3$ uma vazão regularizada da ordem de $2,21 \text{ m}^3/\text{s}$, superior às vazões obtidas nos demais mananciais para o mesmo volume regularizado.

4.2 - POTENCIALIDADES HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS

Os resultados conclusivos relativos às quantificações hídricas subterrâneas encontram-se desenvolvidos no item 3.10 do capítulo de "Estudos dos Recursos

dos Hídricos". As potencialidades foram estimadas a través de simulações para as cidades da região em estudo. Também foram calculadas as Potencialidades para todas as bacias em estudo, levando-se em consideração a área de influência dos aquíferos nestas. (Quadro 3.18)

Concluí-se, portanto, que as características dimensionais e hidrodinâmicas avaliadas neste estudo permitem aquilatar as grandes possibilidades de utilização de águas subterrâneas em larga escala para a região da GRANDE JOÃO PESSOA, exceção feita à sede municipal. Essa utilização deverá ser feita unicamente para sistemas isolados ou como solução de emergência ou de reforço para o sistema existente.

Os principais aquíferos da região, Barreiras e Beberibe, contribuem atualmente com cerca de... 0,47 hm³/ano e 6,6 hm³/ano, respectivamente, para os diversos usos das cidades. E para que se tenha uma ideia das riquezas hídricas subterrâneas desta região, que ainda podem ser utilizadas indefinidamente, desde que se estabeleçam processos adequados a esta mobilização, as reservas Potenciais para os aquíferos Barreiras e Beberibe foram estimadas em 779,06 hm³/ano para a área em estudo.

O quadro a seguir sintetiza este capítulo quantificando como conclusão final as Potencialidades superficiais e subterrâneas para a região da GRANDE JOÃO PESSOA.

5.0 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

CAPÍTULO V

SUGESTÃO PARA PESQUISAS FUTURAS

Com base nas deficiências encontradas durante o desenvolvimento deste estudo para a região da GRANDE JOÃO PESSOA, passamos a indicar algumas sugestões para temas de pesquisas futuras, para que estas possam suprir tais deficiências, contribuindo ao desenvolvimento da região:

- 1 - Estabelecimento de uma campanha de coletas de água para as bacias hidrográficas da GRANDE JOÃO PESSOA.
- 2 - Uma solução sanitária aos problemas de equistosomose na área marginal à bacia do Gramame.
- 3 - Levantamento da capacidade atual de produção dos poços da GRANDE JOÃO PESSOA e dimensionamento de seus sistemas de recalque.
- 4 - Estabelecimento de campanhas hidrométricas para as bacias do Mi

riri e Jacuípe.

E, finalmente os estudos que se sucedam a este, ou seja, os estudos de Disponibilidade e Demanda para a região da GRANDE JOÃO PESSOA, estabelecidos em um maior horizonte.

CAPÍTULO VI

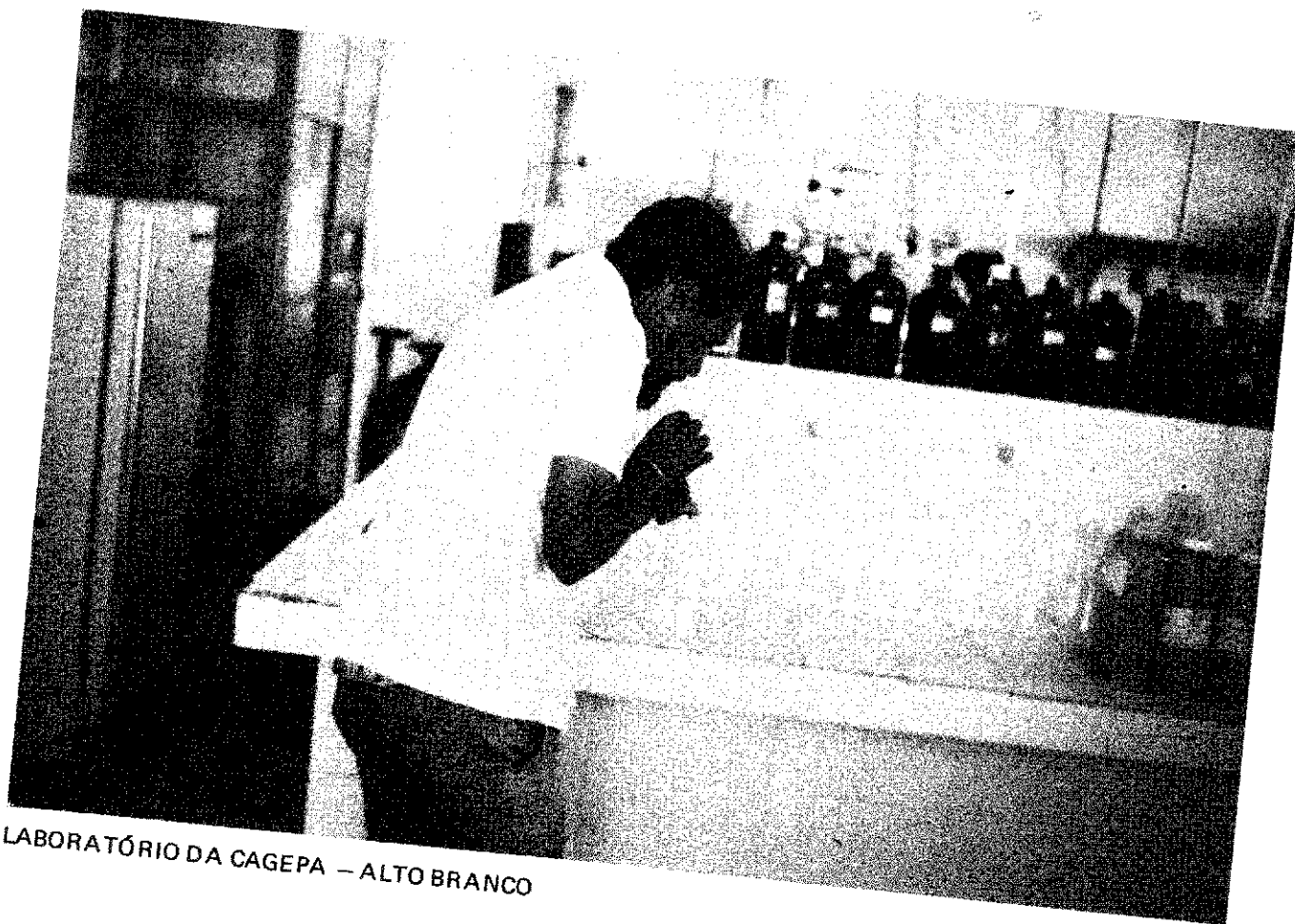
6.0 ANEXOS

1994.01.0000.0

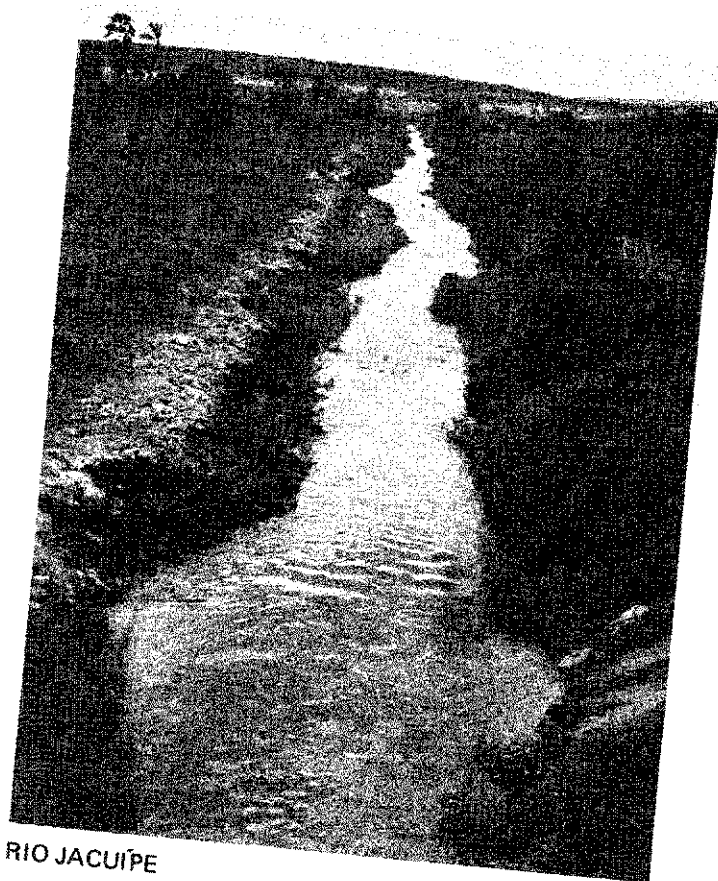
ANEXO I

FOTOGRAFIAS

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
P.O. Caixa 1.908 - 51.001-970
Campus Universitário - João Pessoa
Rua Assis Brasil 882 - CEP 51.021-900
51.001-900 - Campus Universitário - Paraíba



LABORATÓRIO DA CAGEPA – ALTO BRANCO



RIO JACUIPE

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
Pré-Faculdade Para Assuntos do Interior
Coordenação Nacional de Pós-Graduação
Rua Américo Veloso 832 Tel. (83) 321-7222-R 355
58.130 - *Campina Grande - Paraíba*



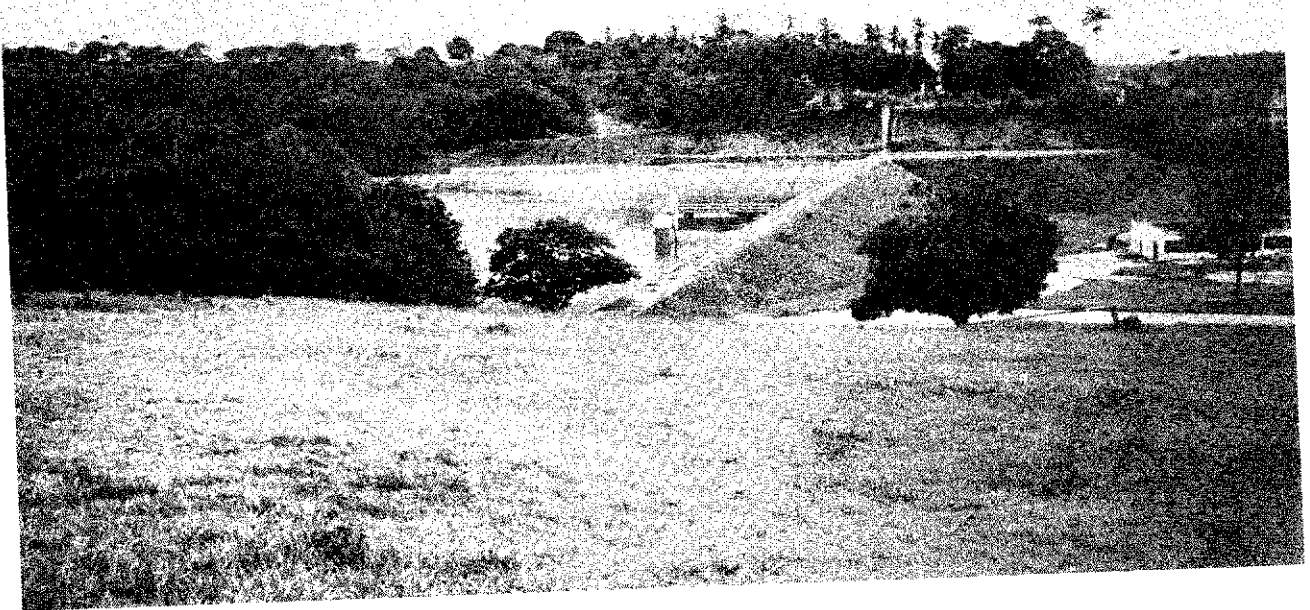
RIACHO JACARAÚNA



RIO PARAÍBA

UFPA / BIBLIOTECA / PRAI

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
Pr6-Reitoria Para Assuntos do Interior
Coordenação Setorial de Pós-Graduação
Rua Aprígio Veloso, 882 - Tel (083) 321-7222-R 355
58.100 - Campina Grande - Paraíba



BARRAGEM DE CAPTAÇÃO EM MARÉS



RIO MUMBABA – VERTERDOR DE CAPTAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
Pró-Reitoria Para Assuntos do Interior
Coordenação Setorial de Pós-Graduação.
Rua Aprígio Veloso, 882 - Tel (083) 321-7222-R 355
58.100 - Campina Grande - Paraíba

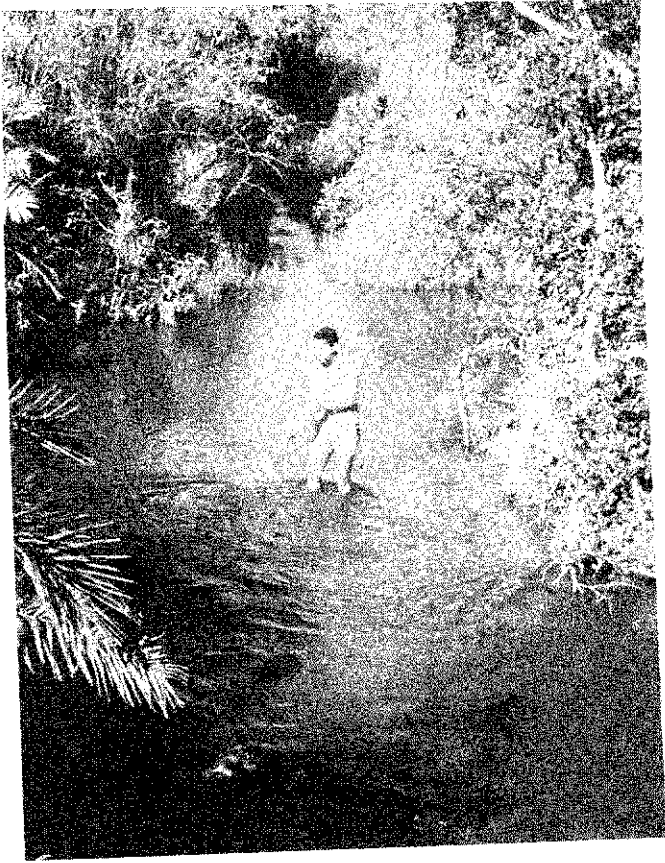


RIO MIRIRI

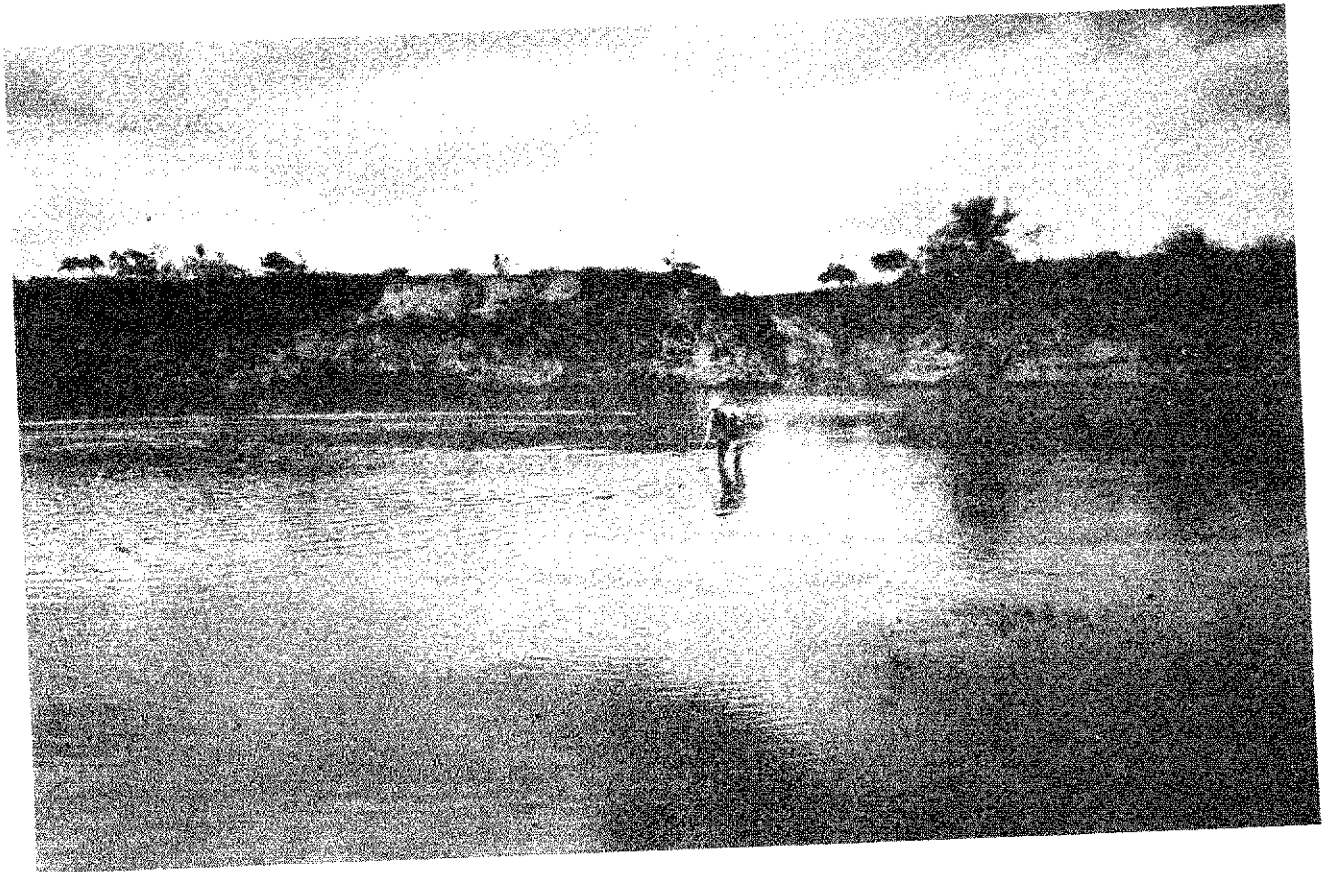
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
Pró-Reitoria Para Assuntos do Interior
Coordenação Setorial de Pós-Graduação
Rua Aprígio Veloso 882 - Tel (083) 321-7222-R 355
68.109 - Campina Grande - Paraíba



RIO JACUIPE



RIO GRAMAME

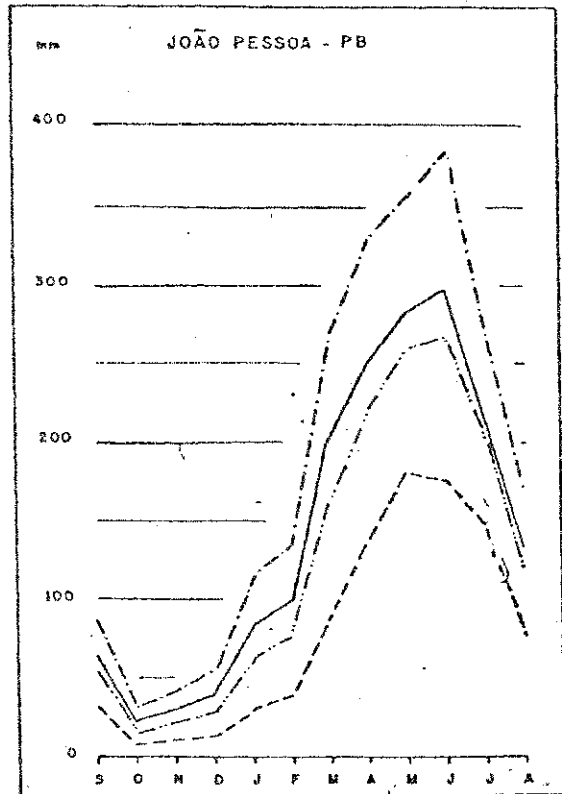
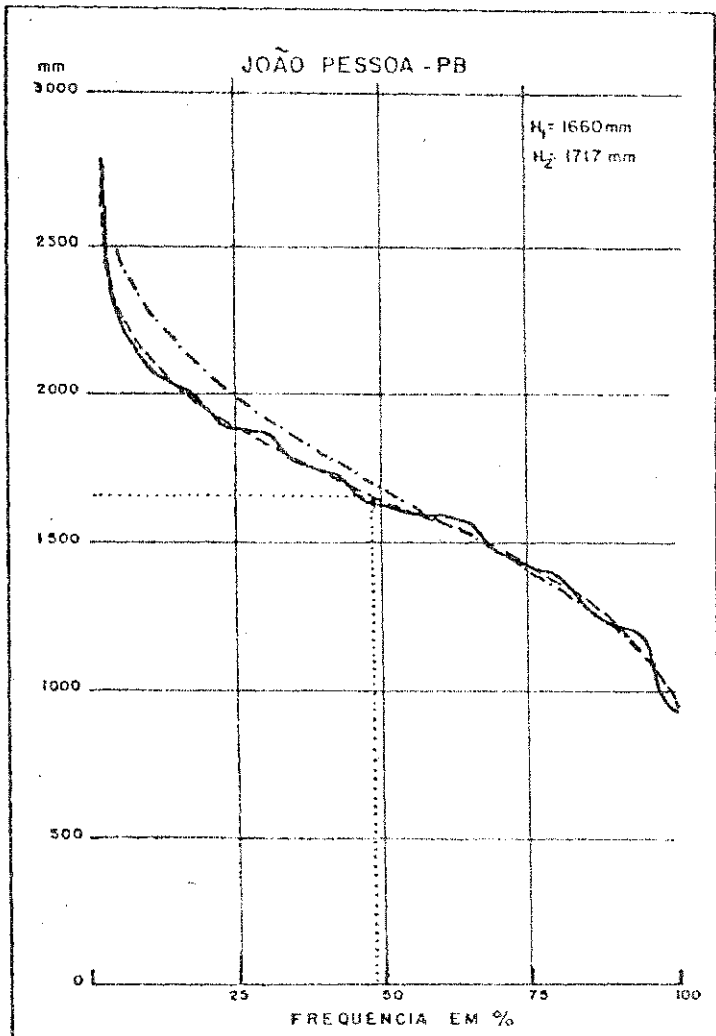


RIO MAMANGUAPE

ANEXO II

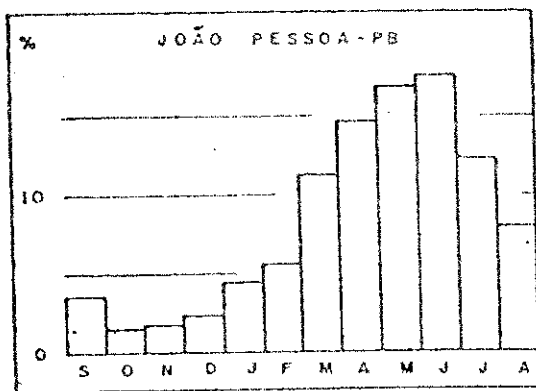
FIGURAS E GRÁFICOS

PRECIPITAÇÃO



PRECIPITAÇÕES MENSIS EM "mm"
SEGUNDO SUAS FREQUÊNCIAS.

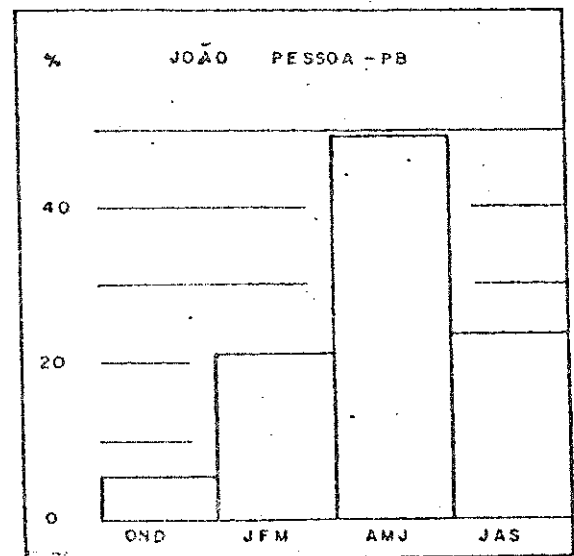
PRECIPITAÇÕES ANUAIS EM "mm" IGUALADAS OU
EXCEDIDAS PARA AS FREQUÊNCIAS INDICADAS.



NORMAIS MENSIS EM "%" DO TOTAL
ANUAL.

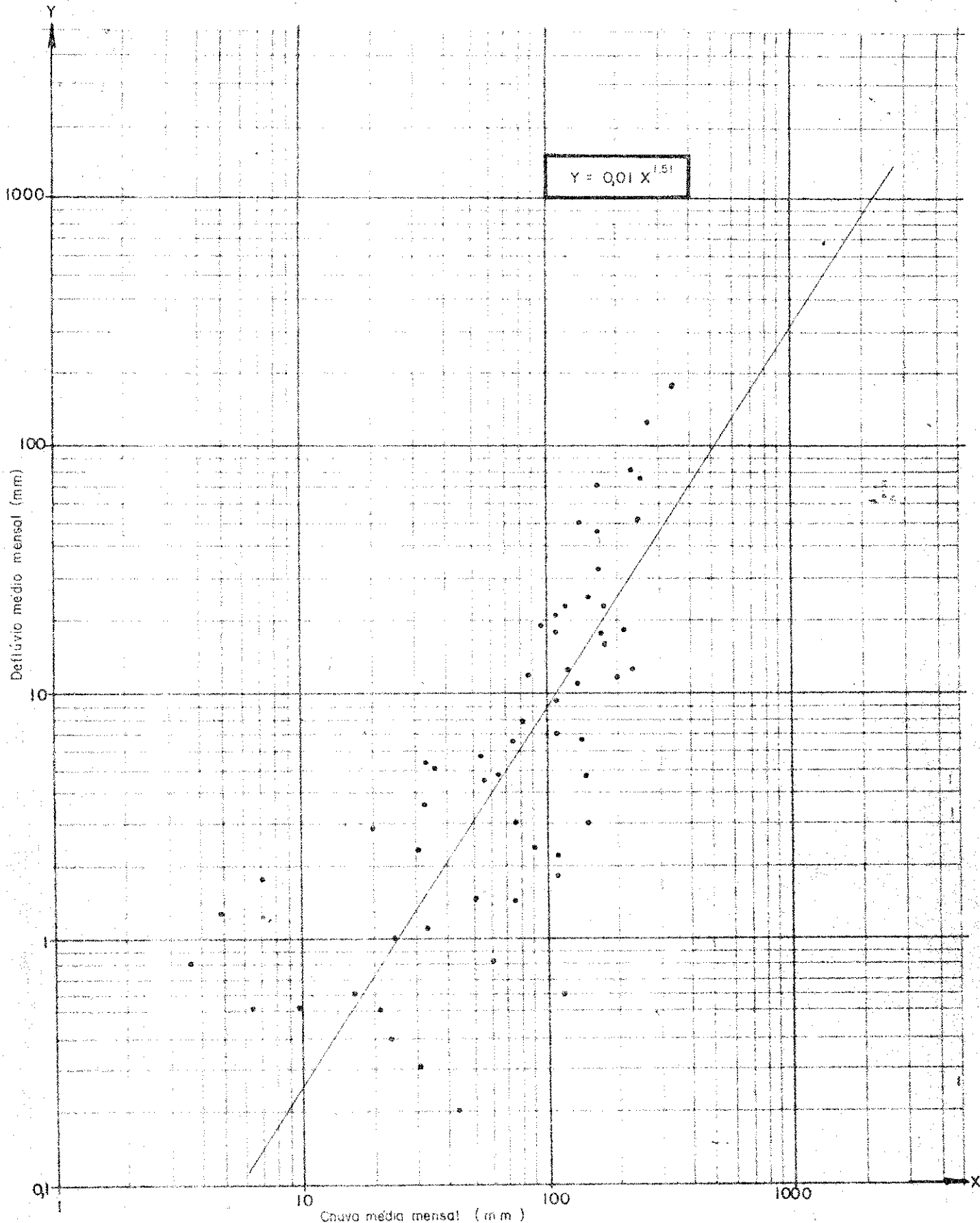
PERÍODO BASE : 1912 / 1958

FIG. 1

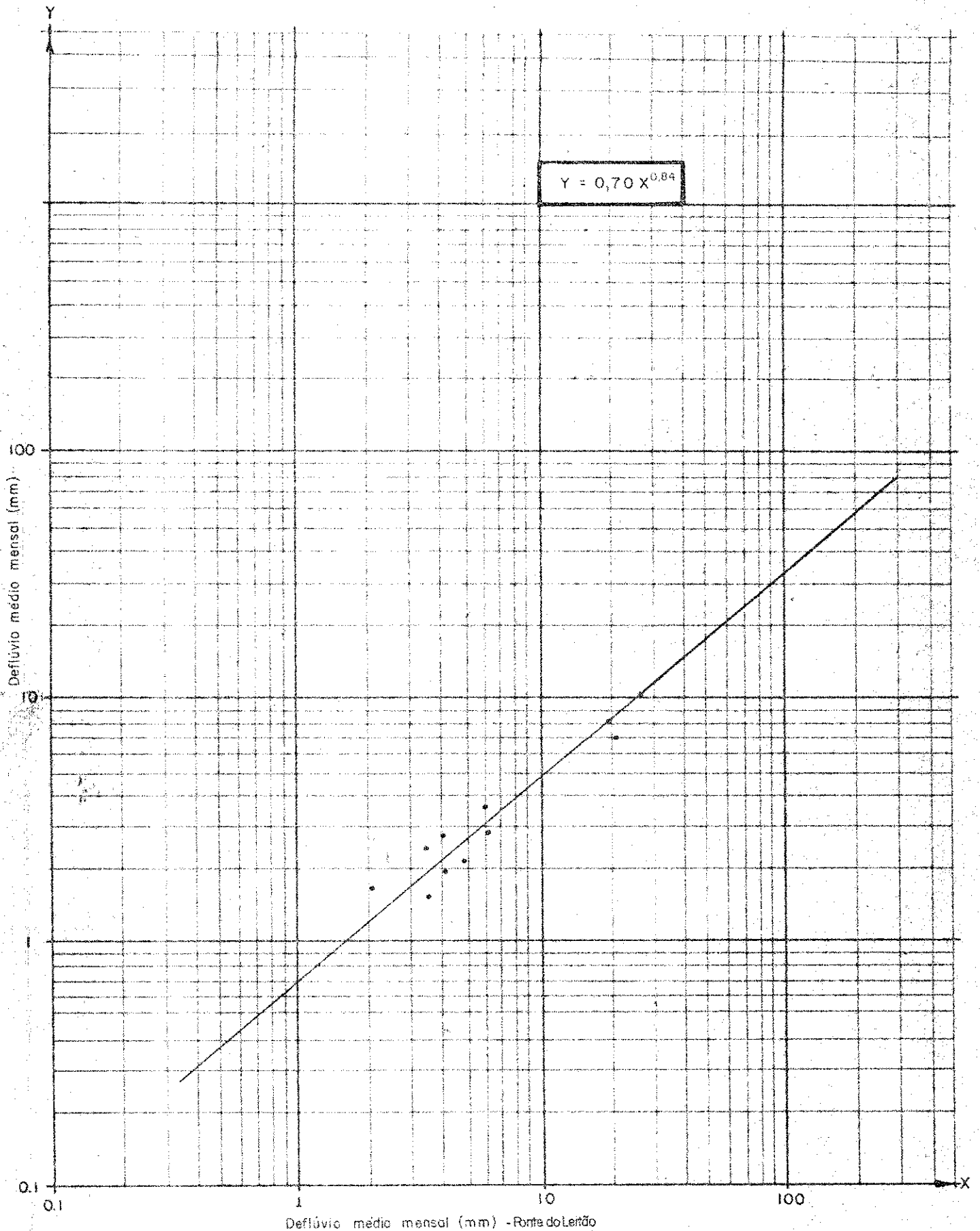


NORMAIS TRIMESTRAIS EM "%" DO TOTAL
ANUAL.

PERÍODO BASE : 1912 / 1958

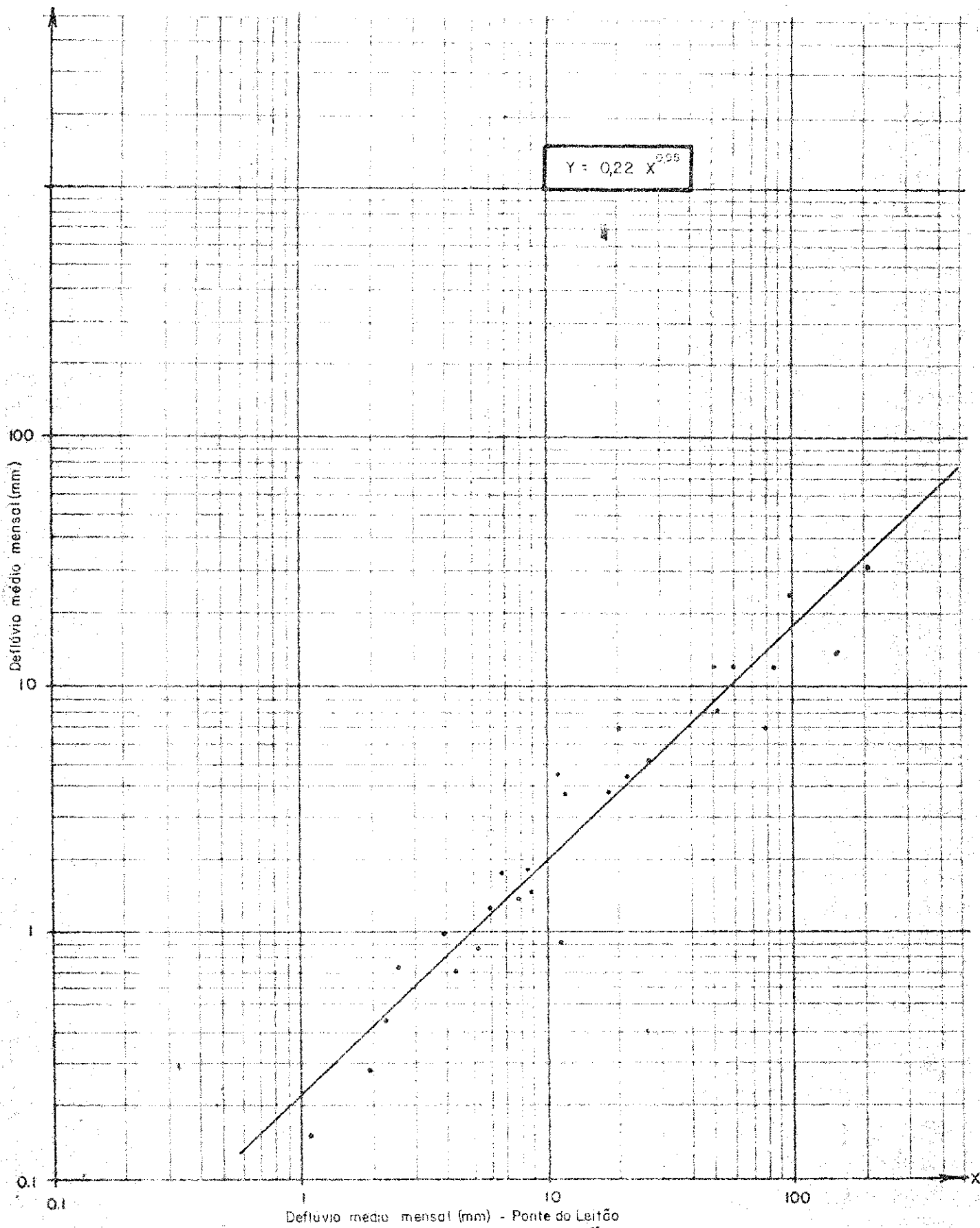


CURVA DE CORRELAÇÃO
ENTRE CHUVA X DEFLÚVIO NO RIO MAMANGUAPE EM PONTE DO LEITÃO

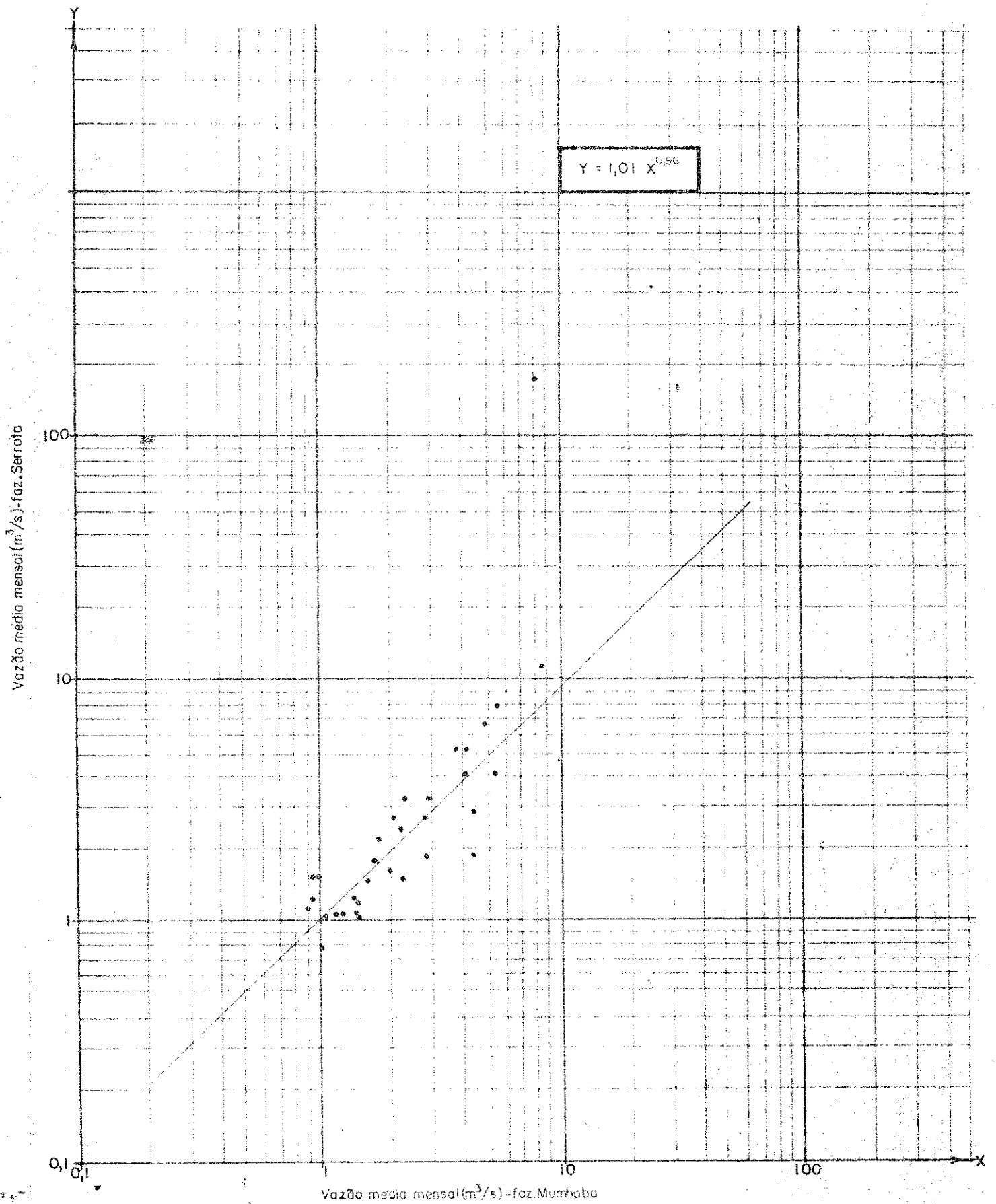


CURVA DE CORRELAÇÃO

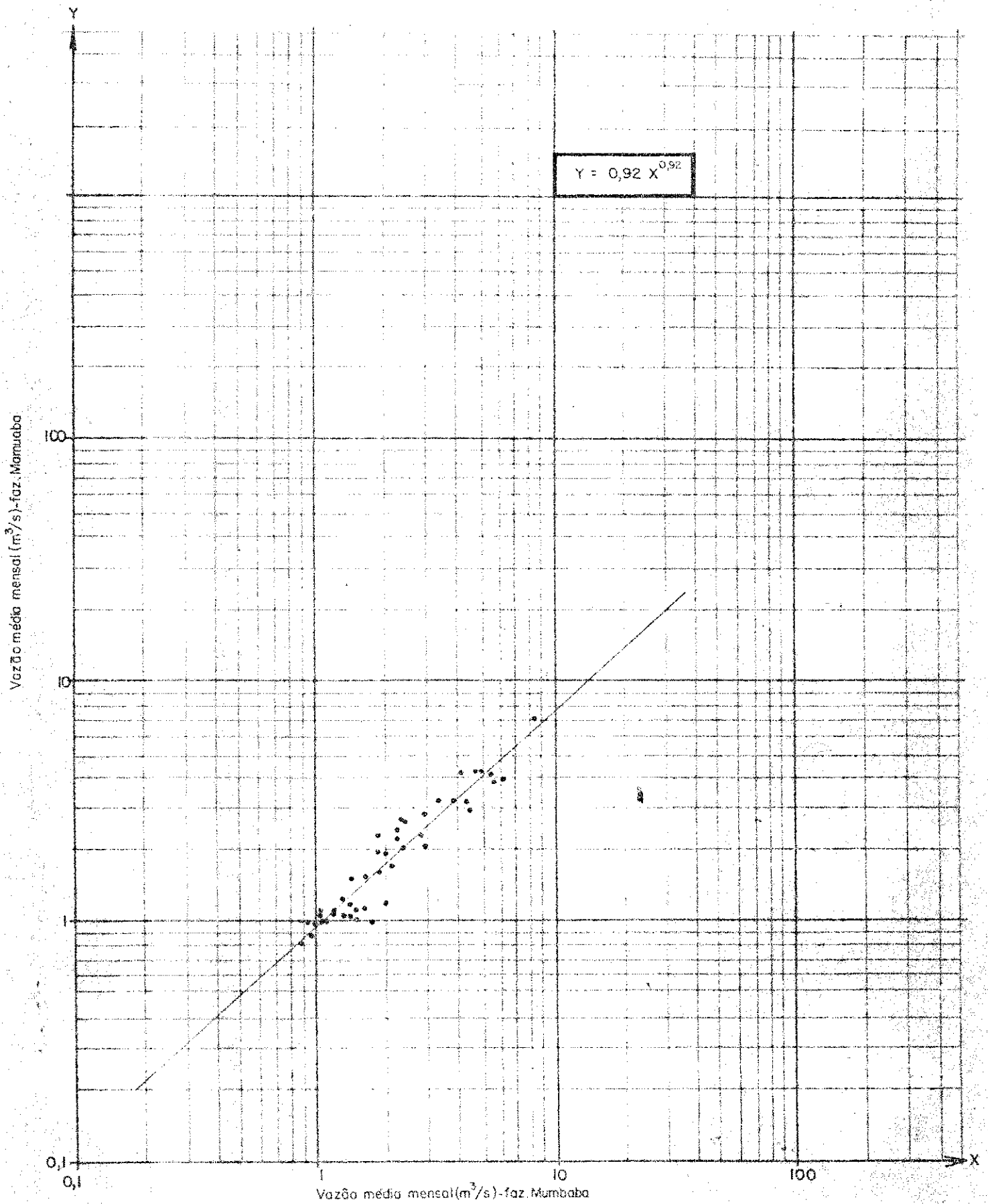
ENTRE DEFLÚVIOS DO RIO ARAÇAÍ EM TAINHA E RIO MAMANGUAPE EM PONTE DO LEITÃO



CURVA DE CORRELAÇÃO
 ENTRE DEFLÚVIOS DO RIO MAMANGUAPE EM MULUNGU E PONTE DO LEITÃO

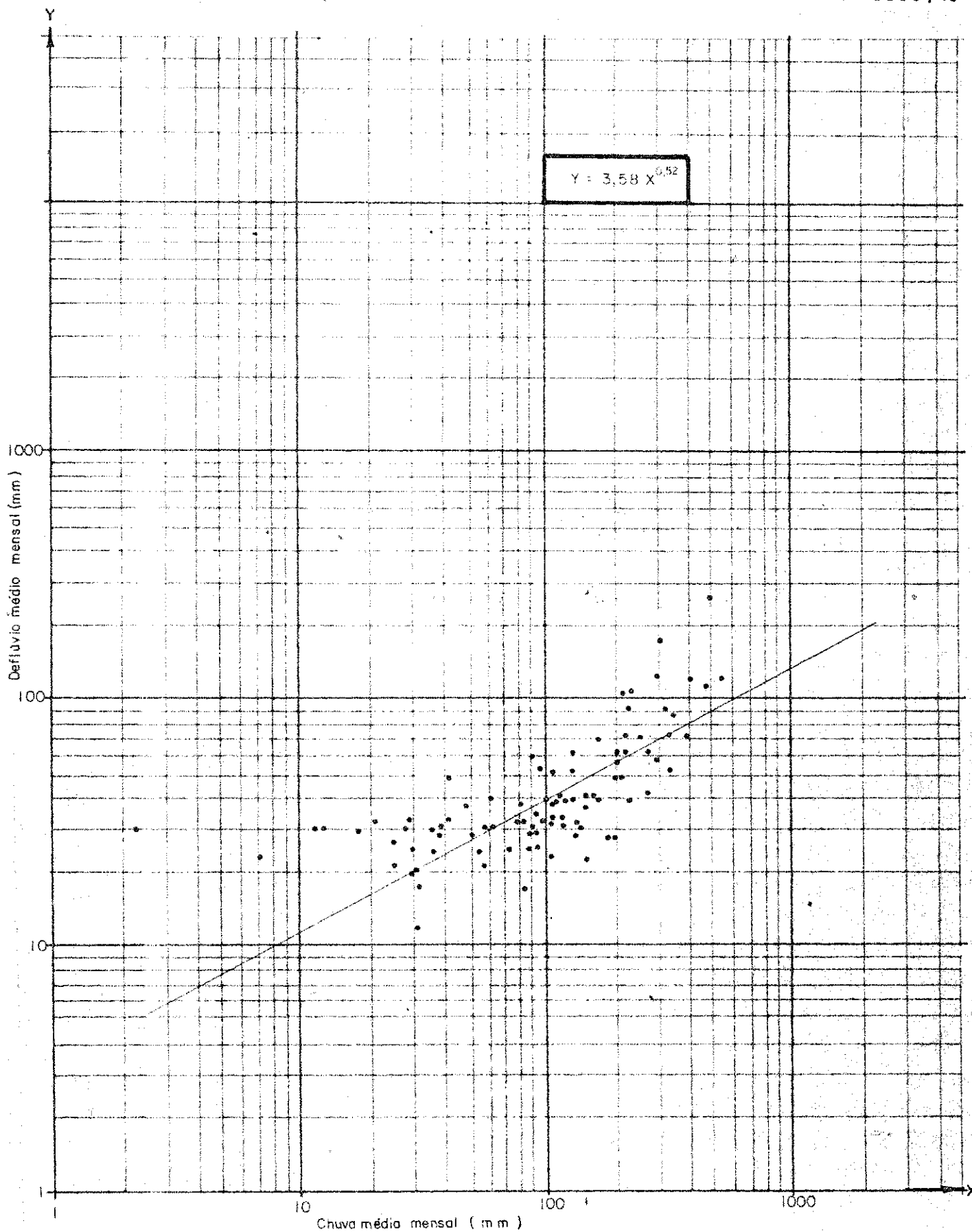


CURVA DE CORRELAÇÃO
ENTRE DESCARGAS DO RIO GRAMAME EM FAZ. SERROTA E RIO MUMBABA EM FAZ. MUMBABA



CURVA DE CORRELAÇÃO

ENTRE DESCARGAS DO RIO MAMUABA EM FAZ. MAMUABA E RIO MUMBABA EM FAZ. MUMBABA

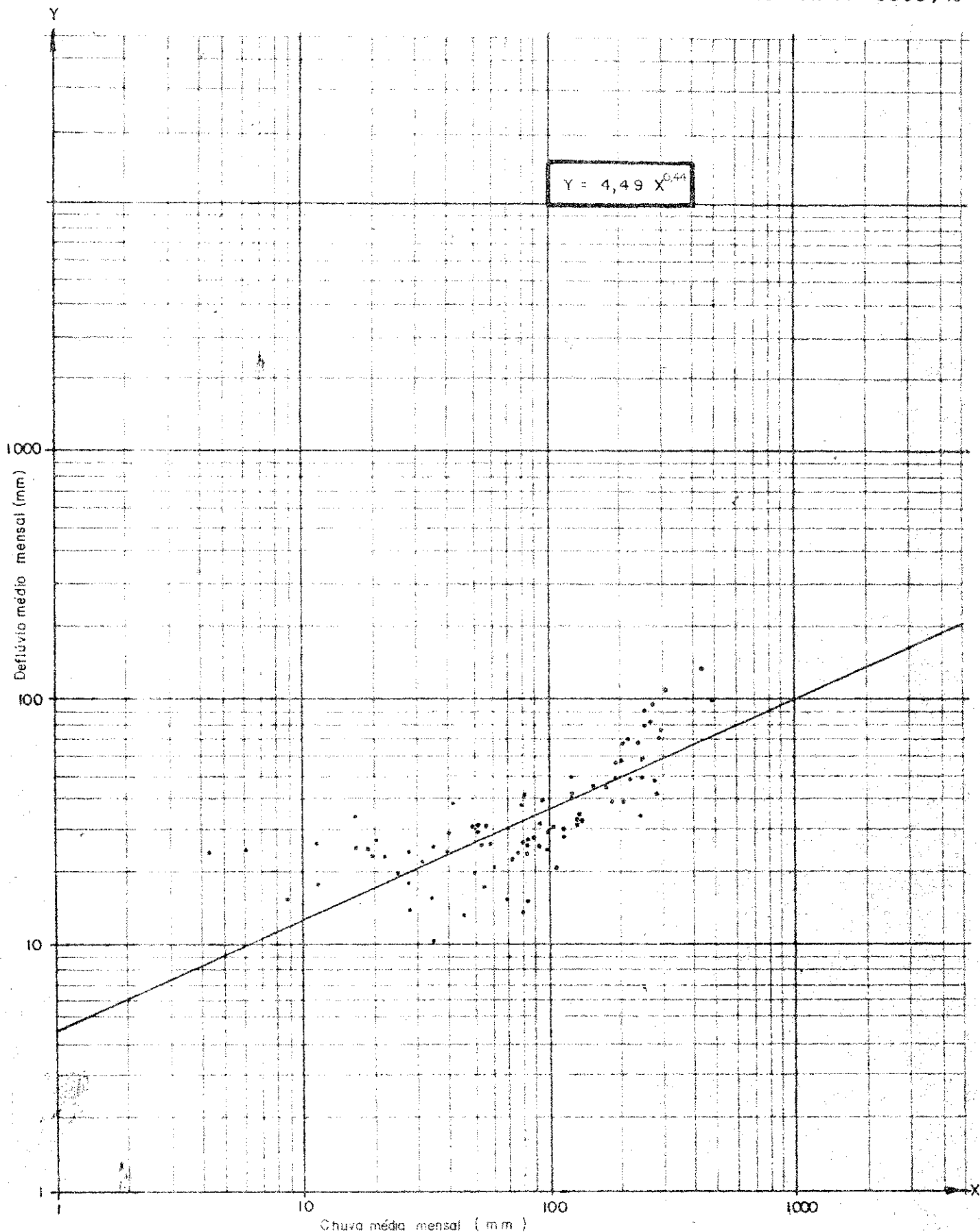


$$Y = 3,58 X^{0,52}$$

Chuva média mensal (mm)

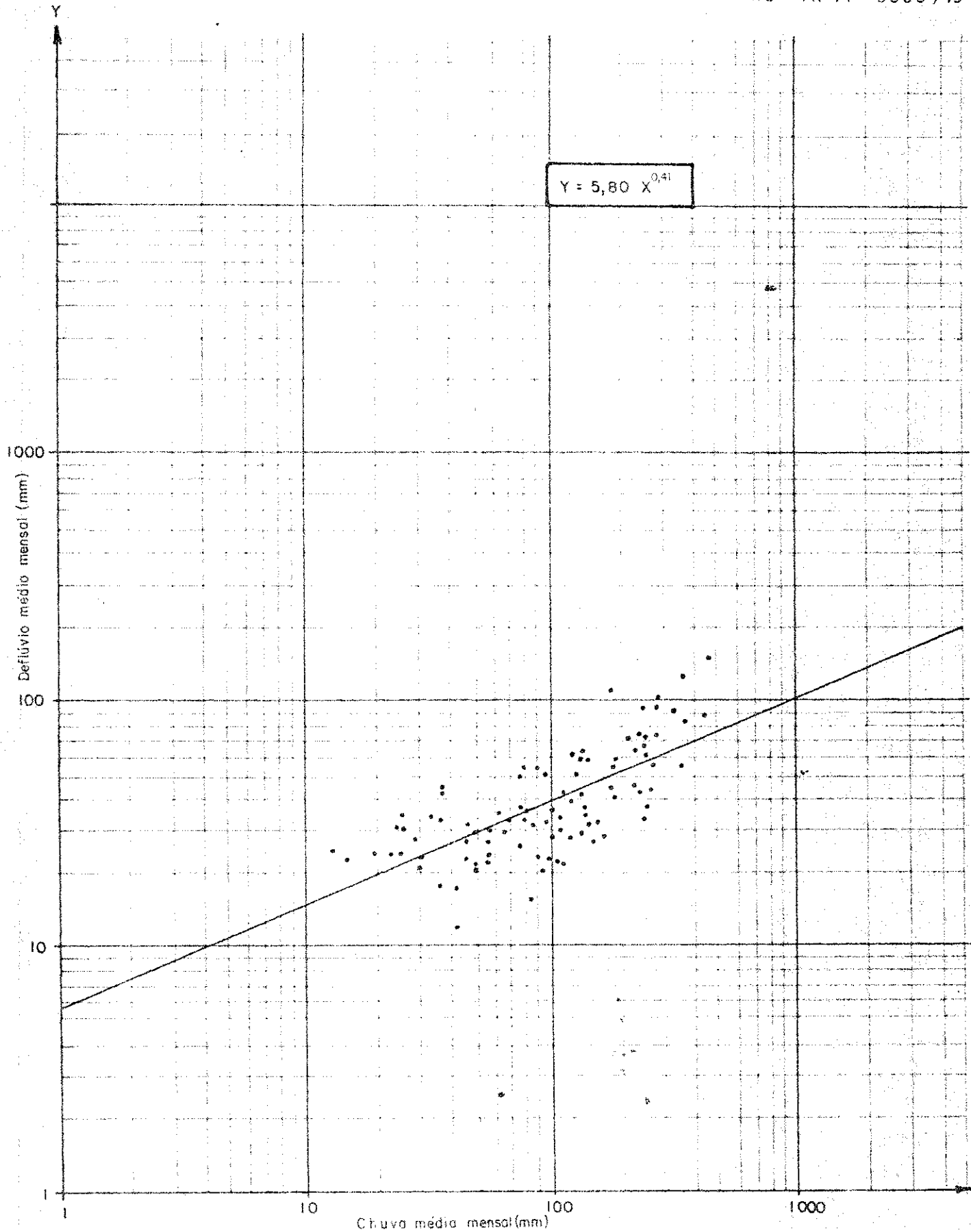
CURVA DE CORRELAÇÃO

ENTRE CHUVA X DEFLÚVIO NO RIO GRAMAME EM FAZ. SERROTA



CURVA DE CORRELAÇÃO

ENTRE CHUVA X DEFLÚVIO NO RIO MUMBABA EM FAZ. MUMBABA



$Y = 5,80 X^{0,41}$

CURVA DE CORRELAÇÃO

ENTRE CHUVA X DEFLÚVIO NO RIO MAMUABA EM FAZENDA MAMUABA

TEMPO DE RECUPERAÇÃO
 TEMPO DE RECUPERAÇÃO

100

0

POÇO: CB-1-1
 LOCAL: CABEDELÓ
 MUNICÍPIO: CABEDELÓ

$Q = 142 \text{ m}^3/\text{h}$
 $\Delta s = 5,25 \text{ m}$
 $\phi = 166 \text{ m}$

$T = 1,37 \times 10^{-3} \text{ s}$ $Q/\Delta s = 5,31 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$
 $K = T/\phi = 8,25 \times 10^{-6}$

TESTE DE AQUÍFERO
 (MÉTODOS DE RECUPERAÇÃO DE THEIS)

Rebaixamento Residual

GRAF. 3.9

TEMPO DE BOMBAMENTO + 1
TEMPO DE RECUPERAÇÃO

100

5

0

POCO: J.P. - 2-1
LOCAL: TAMBAU
MUNICÍPIO: JOÃO PESSOA

Q = 113,14 m³/l
Δs = 2,50 m
b = 205 m

T = 2,30 × 10³ m²/s Q/Δs = 2,92 m³/h/m
K = T/b = 1,2 × 10⁵ m/s

TESTE DE AQUÍFERO
(MÉTODO DE RECUPERAÇÃO DE THEIS)

Rebaixamento Residual

GRAF. 3.10

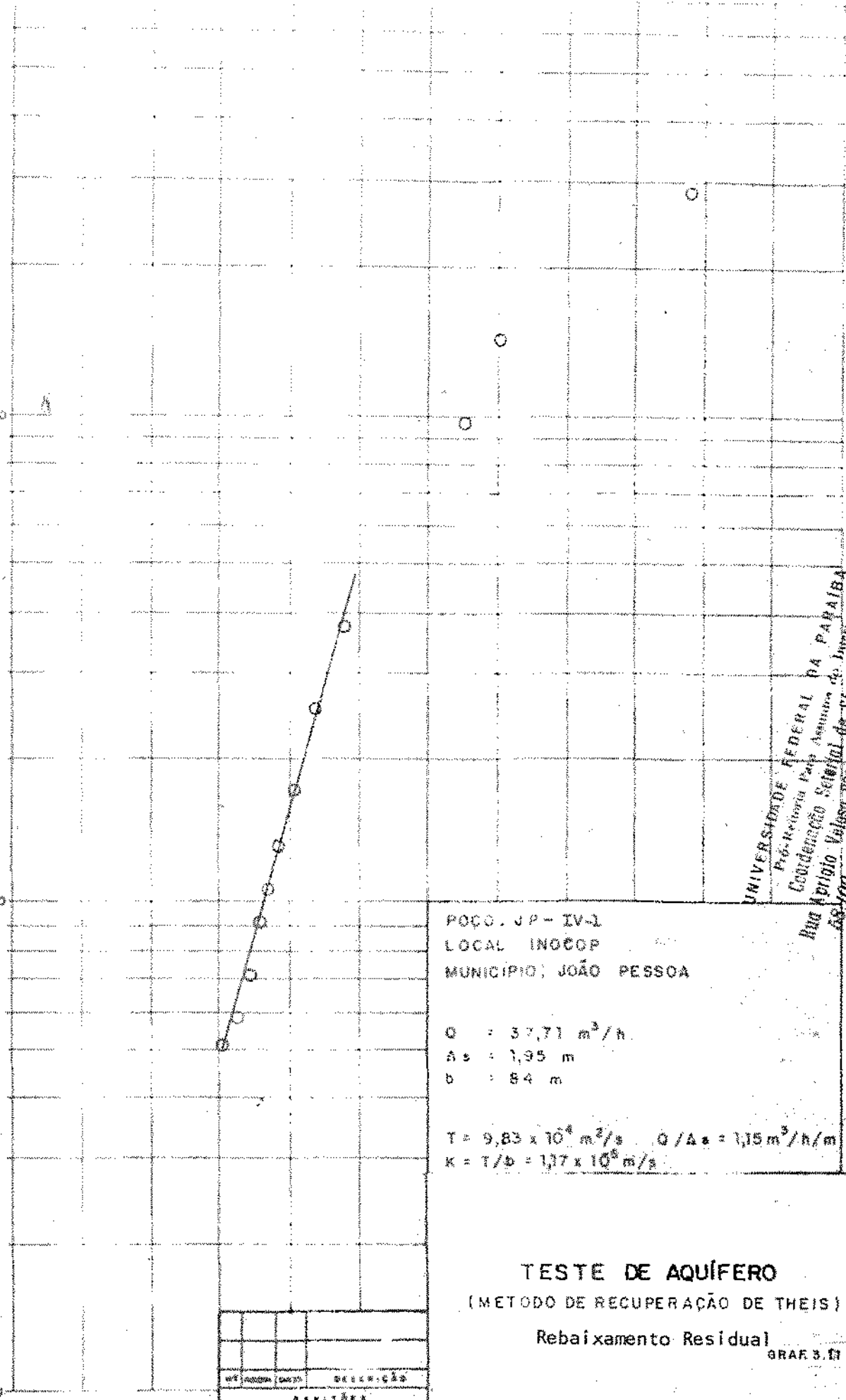
PROJ. GEOL. DE	DE	DE	DE
REVISED			

TEMPO DE SOMBREAMENTO
TEMPO DE RECUPERACAO

100

0

0



POCO. JP - IV-1
LOCAL INOCOP
MUNICIPIO: JOÃO PESSOA

Q = 37,71 m³/h
As = 1,95 m
b = 84 m

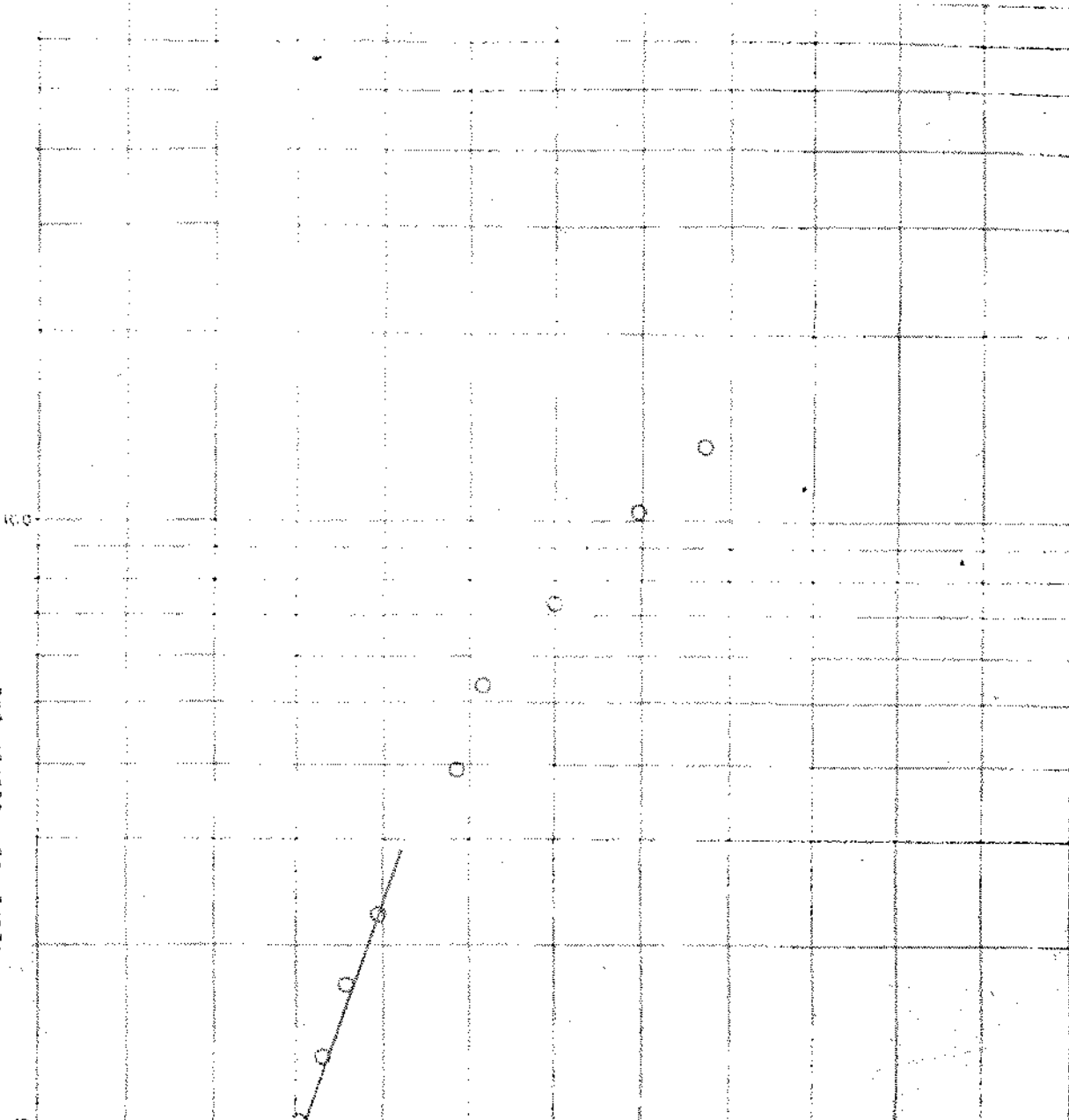
T = 9,83 x 10⁴ m²/s Q/As = 1,15 m³/h/m
K = T/D = 1,17 x 10⁶ m/s

TESTE DE AQUIFERO
(METODO DE RECUPERACAO DE THEIS)
Rebaixamento Residual

GRAF. 3.11

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
Faculdade de Engenharia
Coordenacao Setorial de Engenharia
Rua Aprigio Veloso 882 - Tel (083) 321.7222-355
55.100 - Campina Grande - Paraiba

TEMPO DE RECUPERAÇÃO
 TEMPO DE RECUPERAÇÃO



POÇO: JP - V.1
 LOCAL: CABO BRANCO
 MUNICÍPIO: JOÃO PESSOA

$Q = 23,3 \text{ m}^3/\text{h}$
 $\Delta s = 0,50 \text{ m}$
 $r = 7,9 \text{ m}$

$T = 2,37 \times 10^3 \text{ m}^2/\text{s}$ $Q/\Delta s = 0,67 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$
 $K = T/b = 3,00 \times 10^{-6} \text{ m}/\text{s}$

TESTE DE AQUÍFERO
 (MÉTODO DE RECUPERAÇÃO DE THEIS)

Rebaixamento Residual

GRAF. 3.12

REVISÃO	DESCRIÇÃO

TEMPO DE HOMBAIMENTO +
TEMPO DE RECUPERAÇÃO

100

50

0

POÇO BX-1-1
LOCAL BAIEUX
MUNICÍPIO BAIEUX

Q = 92,8 m³/h
Δs = 4,35 m
b = 122 m

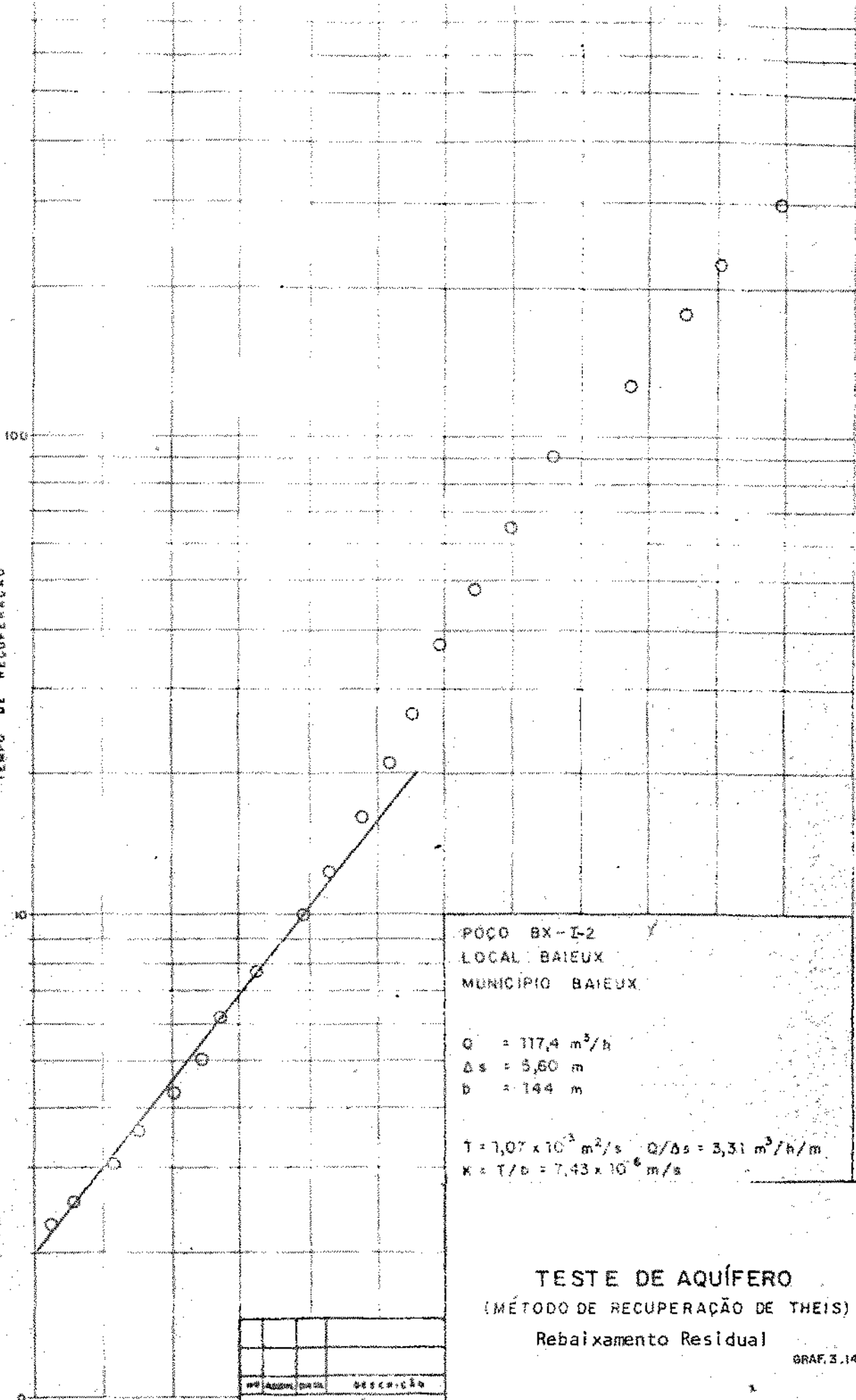
T = 6,17 x 10⁻⁴ m²/s Q/Δs = 1,02 m³/h/m
K = T/D = 3,06 x 10⁻⁶ m/s

TESTE DE AQUÍFERO
(MÉTODO DE RECUPERAÇÃO DE THEIS)
Rebaixamento Residual

GRAF. 3.13

PROJ. GEOL. (1:5000)	PROJ. GEOL. (1:5000)
PROJ. GEOL. (1:5000)	PROJ. GEOL. (1:5000)
PROJ. GEOL. (1:5000)	PROJ. GEOL. (1:5000)
PROJ. GEOL. (1:5000)	PROJ. GEOL. (1:5000)

TEMPO DE POMBEAMENTO
TEMPO DE RECUPERAÇÃO



POÇO BX-I-2
LOCAL BAIEUX
MUNICÍPIO BAIEUX

Q = 117,4 m³/h
Δs = 5,60 m
b = 144 m

T = 1,07 x 10⁻³ m²/s Q/Δs = 3,31 m³/h/m
K = T/b = 7,43 x 10⁻⁶ m/s

TESTE DE AQUÍFERO
(MÉTODO DE RECUPERAÇÃO DE THEIS)
Rebaixamento Residual

GRAF. 3.14

NO. ANEXO	DATA	DESCRIÇÃO

REVISÕES

TEMPO DE BOMBAMENTO
TEMPO DE RECUPERAÇÃO + 1

100

0

0

POÇO: BX - I-3
LOCAL: BAIEUX
MUNICÍPIO: BAIEUX

Q = 112,3 m³/h
Δs = 6,20 m
b = 124 m

T = 920 × 10⁻⁴ m²/s Q/Δs = 2,31 m³/h/m
K = T/b = 7,41 × 10⁻⁶ m/s

TESTE DE AQUÍFERO
(MÉTODO DE RECUPERAÇÃO DE THEIS)
Rebaixamento Residual

GRAF. 3.15

BRASIL 1983

TEMPO DE BOMBAMENTO + 1
TEMPO DE RECUPERAÇÃO

100

50

0

POÇO: SR - I-2
LOCAL: SANTA RITA
MUNICÍPIO: SANTA RITA

Q = 52 m³/h
Δs = 4,85 m
b = 120 m

T = 5,45 × 10⁻⁴ m²/s Q/Δs = 2,33 m³/h/m
K = T/b = 4,54 × 10⁻⁶ m/s

TESTE DE AQUIFERO
(MÉTODO DE RECUPERAÇÃO DE THEIS)
Rebaixamento Residual

GRAF. 3.17

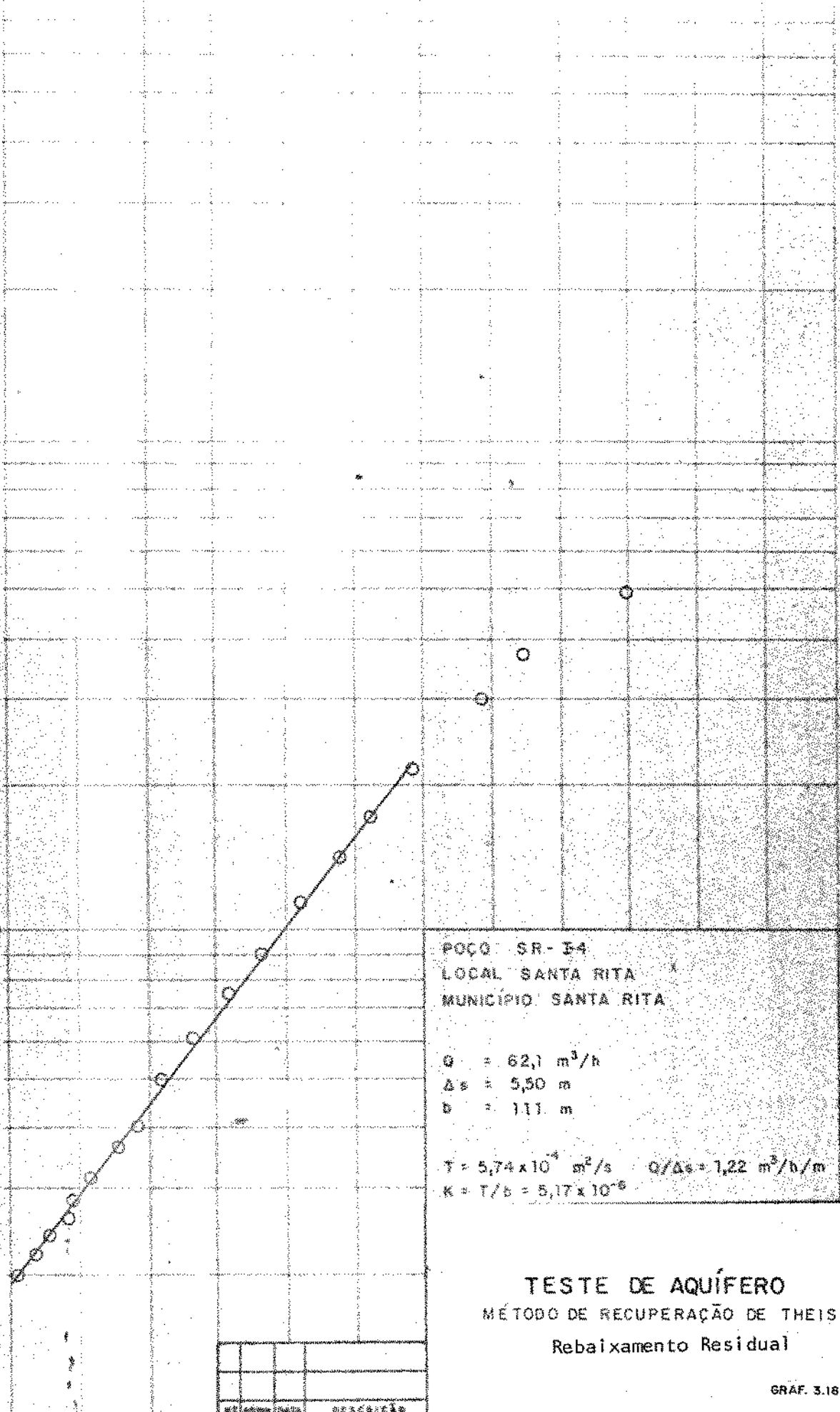
REVIZÃO	DATA	DESCRIÇÃO

TEMPO DE BOMBAMENTO
TEMPO DE RECUPERAÇÃO

100

10

0



POÇO SR- 34
LOCAL SANTA RITA
MUNICÍPIO SANTA RITA

$Q = 62,1 \text{ m}^3/\text{h}$
 $\Delta s = 5,50 \text{ m}$
 $b = 111 \text{ m}$

$T = 5,74 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ $Q/\Delta s = 1,22 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$
 $K = T/b = 5,17 \times 10^{-6}$

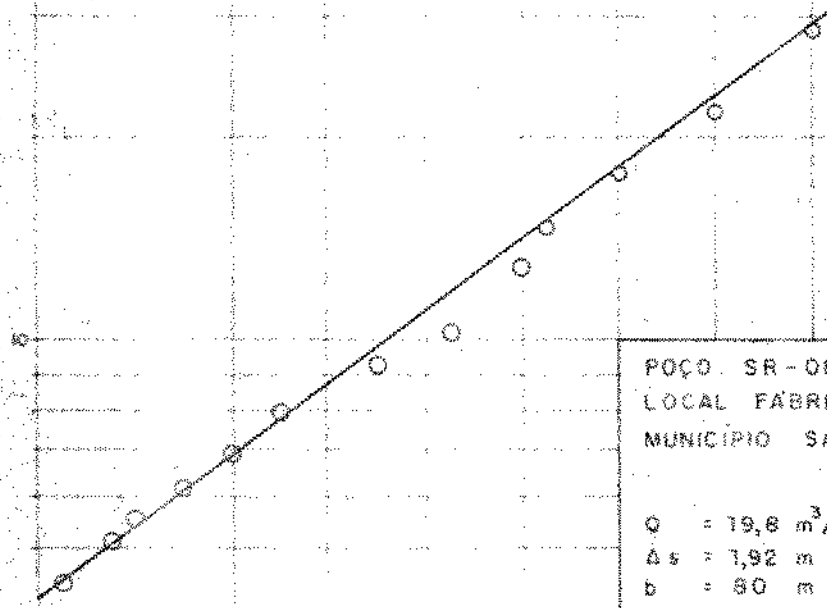
TESTE DE AQUÍFERO
MÉTODO DE RECUPERAÇÃO DE THEIS)
Rebaixamento Residual

REV. Nº	DATA	DESCRIÇÃO

REVISÃO

TEMPO DE BOMBAMENTO + 1
TEMPO DE RECUPERAÇÃO

100



POÇO SR-08
LOCAL FABRICA AVON
MUNICIPIO SANTA RITA

$Q = 19,8 \text{ m}^3/\text{h}$
 $\Delta s = 1,92 \text{ m}$
 $b = 80 \text{ m}$

$T = 5,24 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ - $Q/\Delta s = 0,8 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$
 $K = T/b = 6,56 \times 10^{-6} \text{ m}/\text{s}$

TESTE DE AQUÍFERO
MÉTODO DE RECUPERAÇÃO DE THEIS)
Rebaixamento Residual

NO	ASSIN	DATA	DESCRIÇÃO

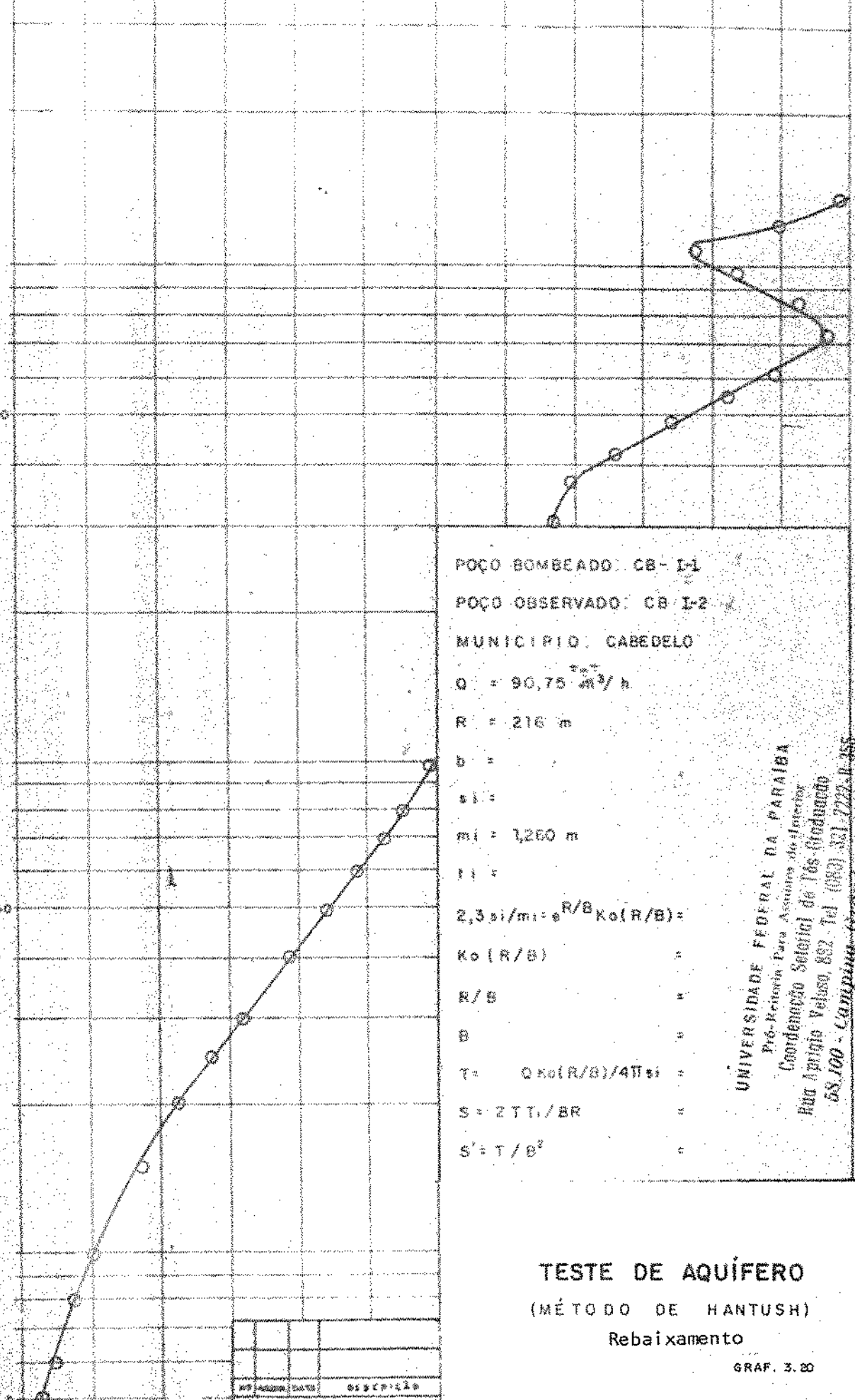
REVISÕES

GRAF. 3.10

TEMPO DE BOMBAMENTO
(min.)

500

50



POÇO BOMBEADO: CB- I-1

POÇO OBSERVADO: CB- I-2

MUNICÍPIO: CABEDELO

Q = 90,75 m³/h

R = 216 m

b =

s1 =

m1 = 1,200 m

l1 =

$2,3 si / m1 \cdot s R/B Ko(R/B) =$

Ko(R/B) =

R/B =

B =

T = $Q Ko(R/B) / 4\pi si =$

S = 2TT1/BR =

S' = T/B² =

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
 Pró-Reitoria Para Assuntos de Interior
 Coordenação Setorial de Pós-Graduação
 Rua Aprígio Veloso, 882. Tel. (083) 321.722-1.355
 58.100 - Campina Grande - Paraíba

TESTE DE AQUÍFERO

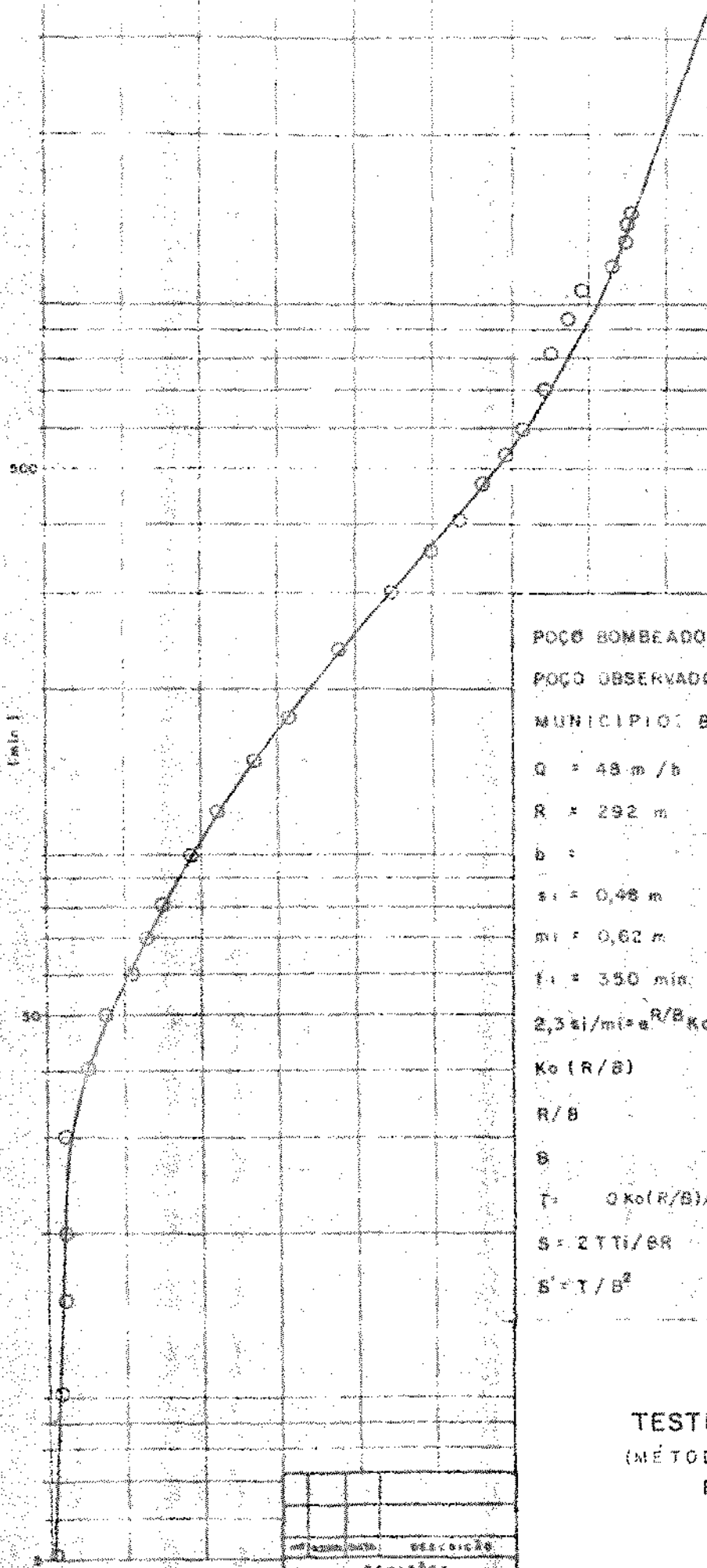
(MÉTODO DE HANTUSH)

Rebaixamento

GRAF. 3.20

APROVADO	DATA	DISCIPLINA
REVISOR		

TEMPO DE BOMBAMENTO (min)



POÇO BOMBEADO: BX-I2
 POÇO OBSERVADO: BX-I-1
 MUNICÍPIO: BAIEUX

$Q = 48 \text{ m}^3/\text{h}$
 $R = 292 \text{ m}$
 $b =$
 $s_1 = 0,48 \text{ m}$
 $m_1 = 0,62 \text{ m}$
 $t_1 = 350 \text{ min}$

$2,3 s_1/m_1 = \frac{R}{B} K_0(R/B) = 1,7826$

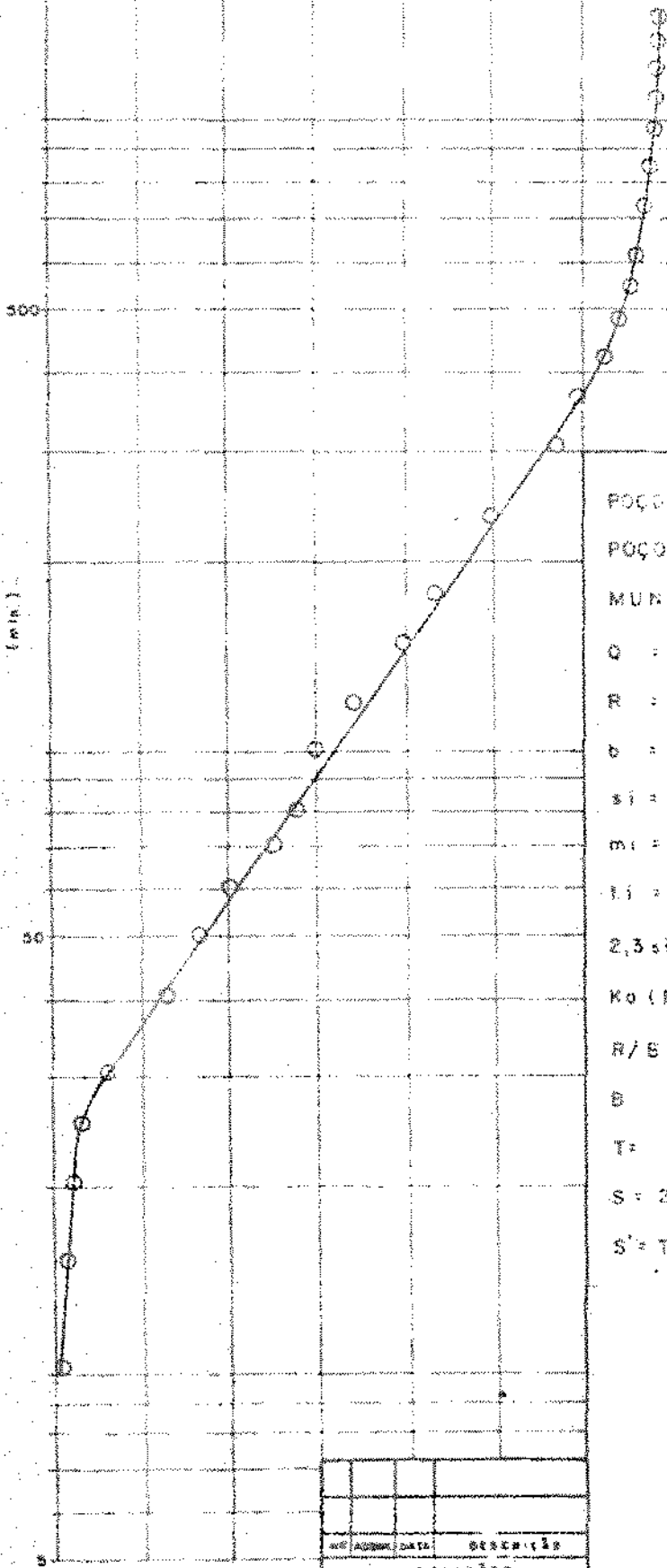
$K_0(R/B) = 1,28$
 $R/B = 0,33$
 $B = 885 \text{ m}$

$T = \frac{Q K_0(R/B)}{4\pi s_1} = 2,53 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$
 $S = \frac{2 T t_1}{B R} = 4,60 \times 10^{-2}$
 $S' = T/B^2 = 3,61 \times 10^{-9}$

TESTE DE AQUÍFERO
 (MÉTODOS DE HANTUSH)
 Rebaixamento

GRAF. 3.21

TEMPO DE BOMBAMENTO
(min.)



POÇO BOMBEADO: SR-I-1

POÇO OBSERVADO: SR-I-2

MUNICÍPIO SANTA RITA

$Q = 30 \text{ m}^3/\text{s}$

$R = 158 \text{ m}$

$b =$

$s_1 = 0,35 \text{ m}$

$m_1 = 0,50 \text{ m}$

$t_1 = 118 \text{ min}$

$2,3 s_1/m_1 = e^{R/B} K_0(R/B) = 1,6118$

$K_0(R/B) = 1,03$

$R/B = 0,440$

$B = 359$

$T = Q K_0(R/B) / 4\pi s_1 = 1,95 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

$S = 2 T t_1 / B R = 4,87 \times 10^{-4}$

$S' = T / B^2 = 1,51 \times 10^{-8}$

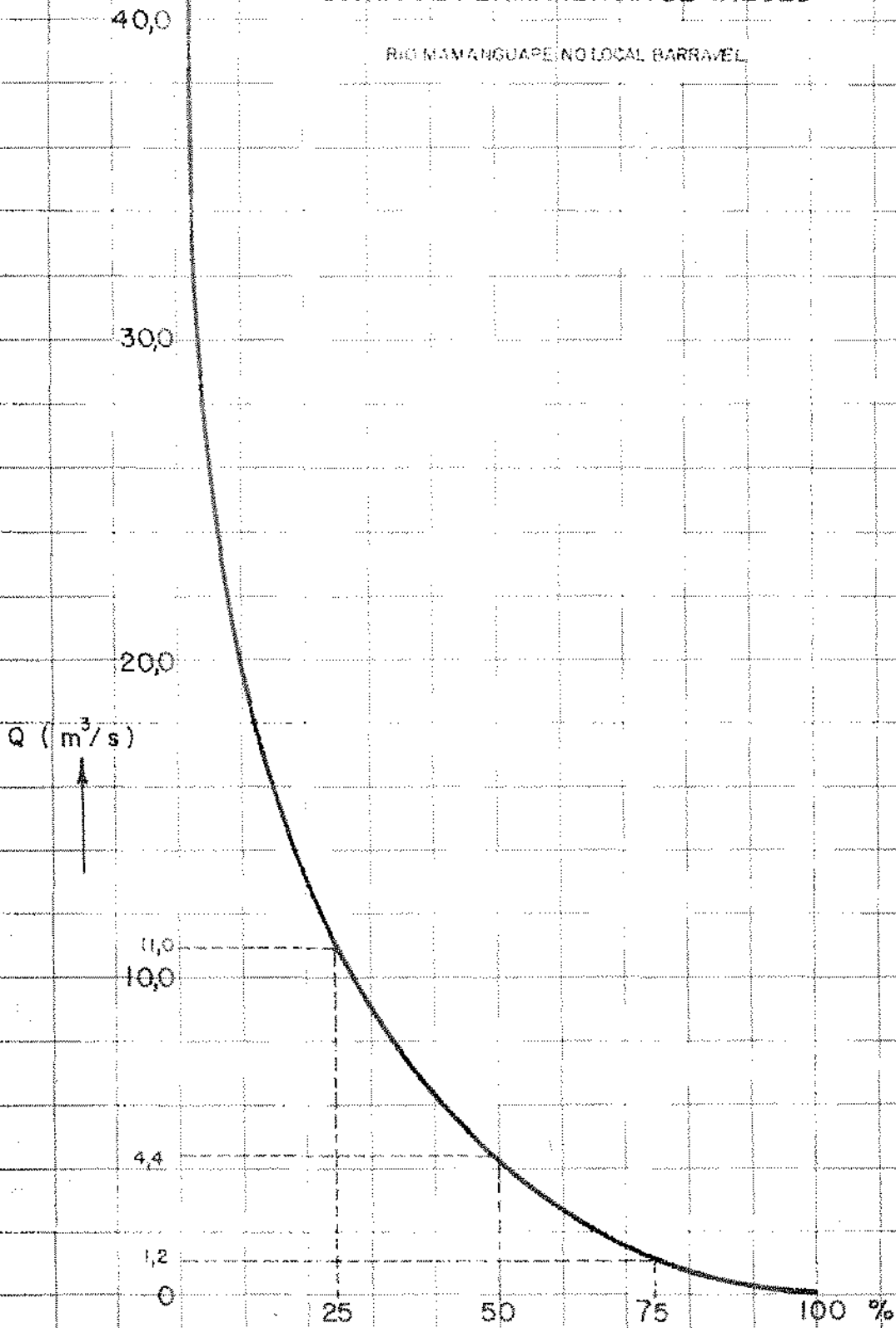
Nº	ACQUER	DATA	DESCR	REVISOR

TESTE DE AQUIFERO
(MÉTODO DE HANTUSH)
Rebaixamento

GRAF. 3.22

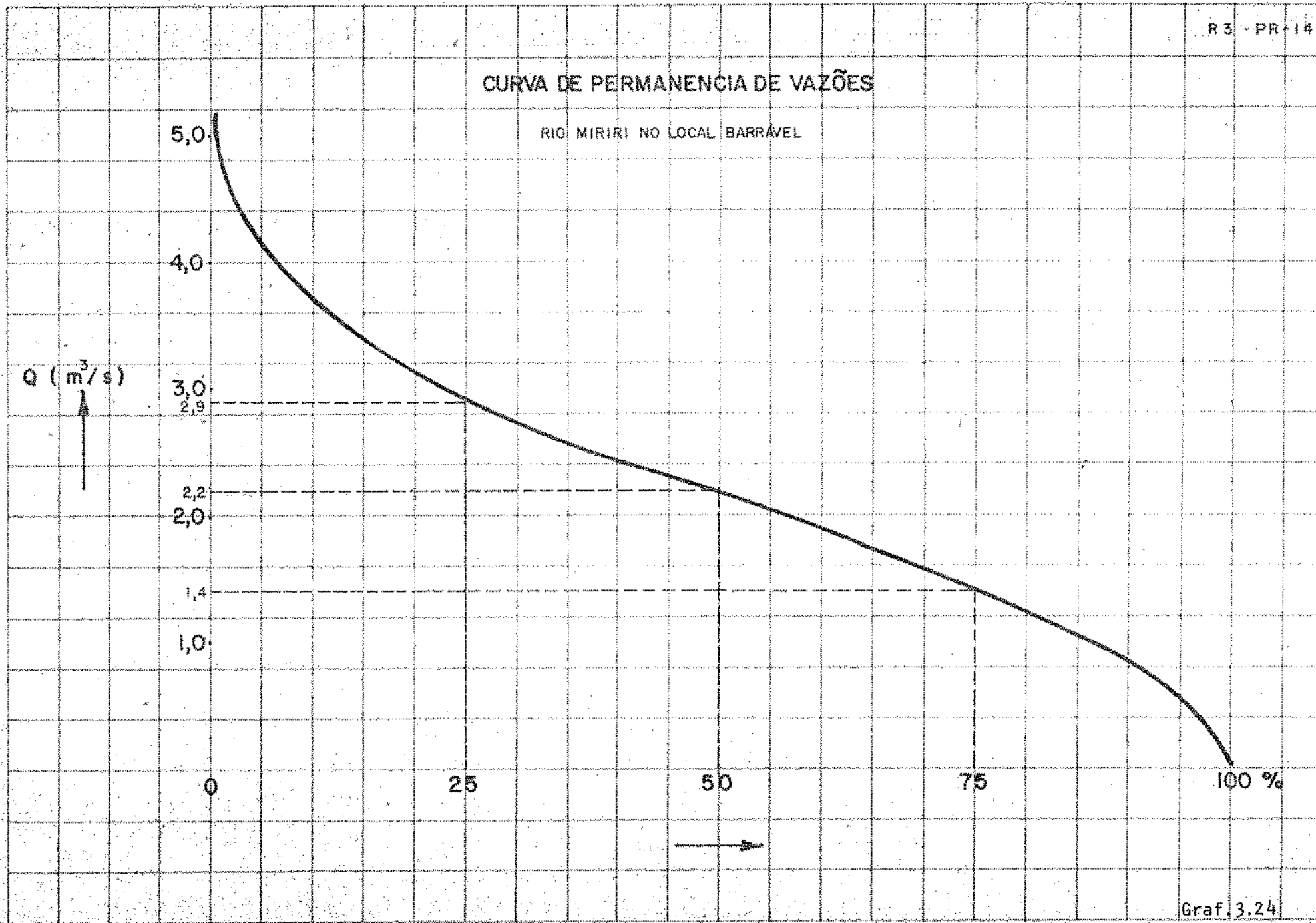
CURVA DE PERMANENCIA DE VAZÕES

RIO MAMANGUAPE NO LOCAL BARRAVEL



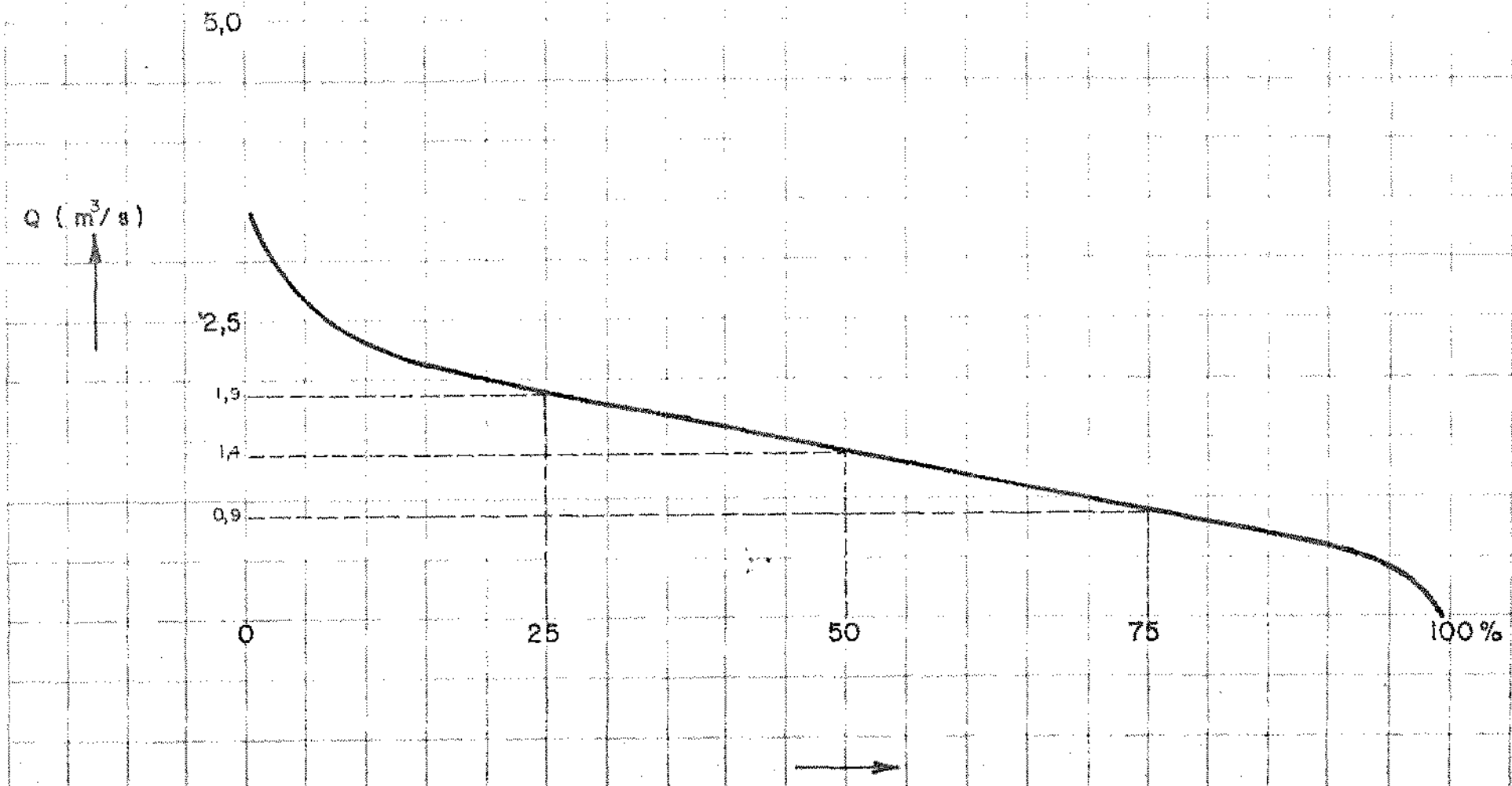
CURVA DE PERMANENCIA DE VAZÕES

RIO MIRIRI NO LOCAL BARRÁVEL



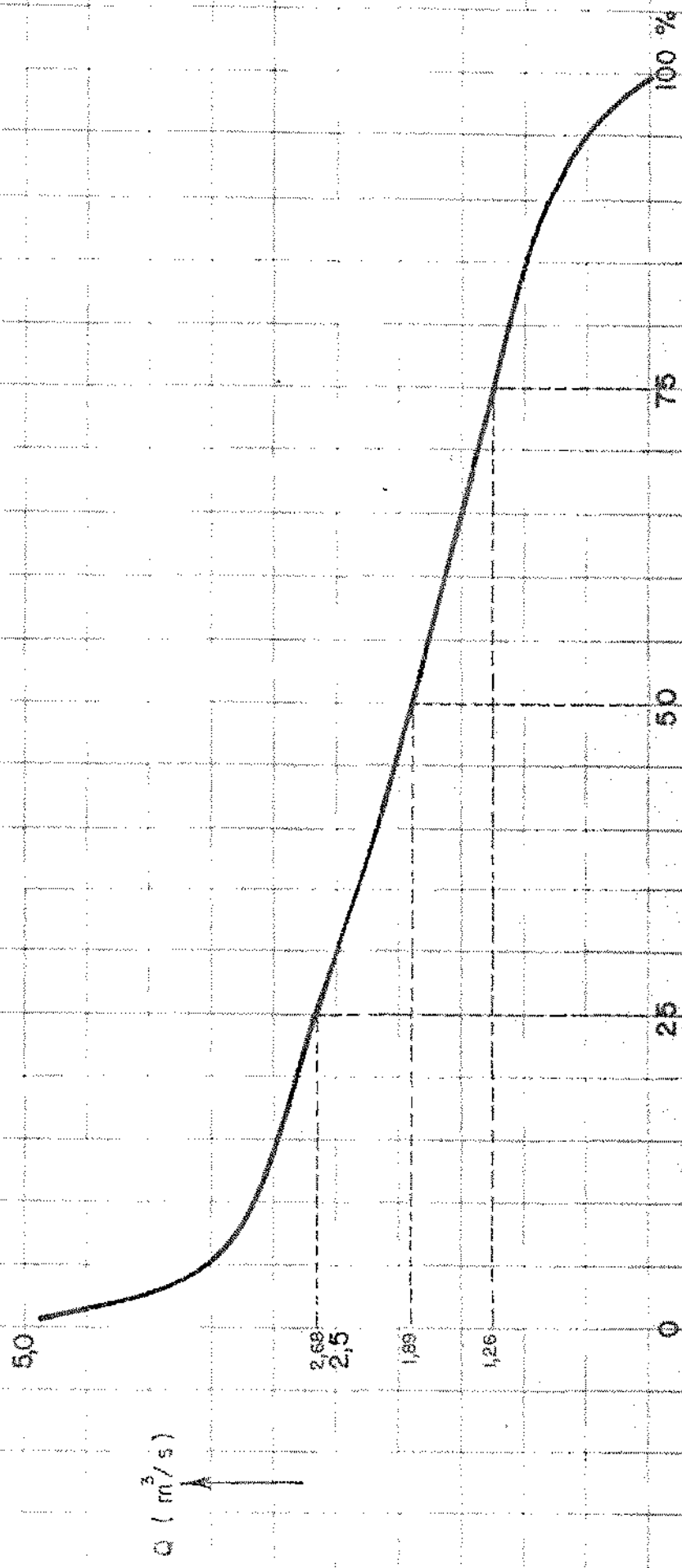
CURVA DE PERMANENCIA DE VAZÕES

RIO JACUIPE NO LOCAL BARRAVEL

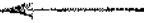


CURVA DE PERMANENCIA DE VAZÕES

RIO MUMBABA NO LOCAL BARRÁVEL



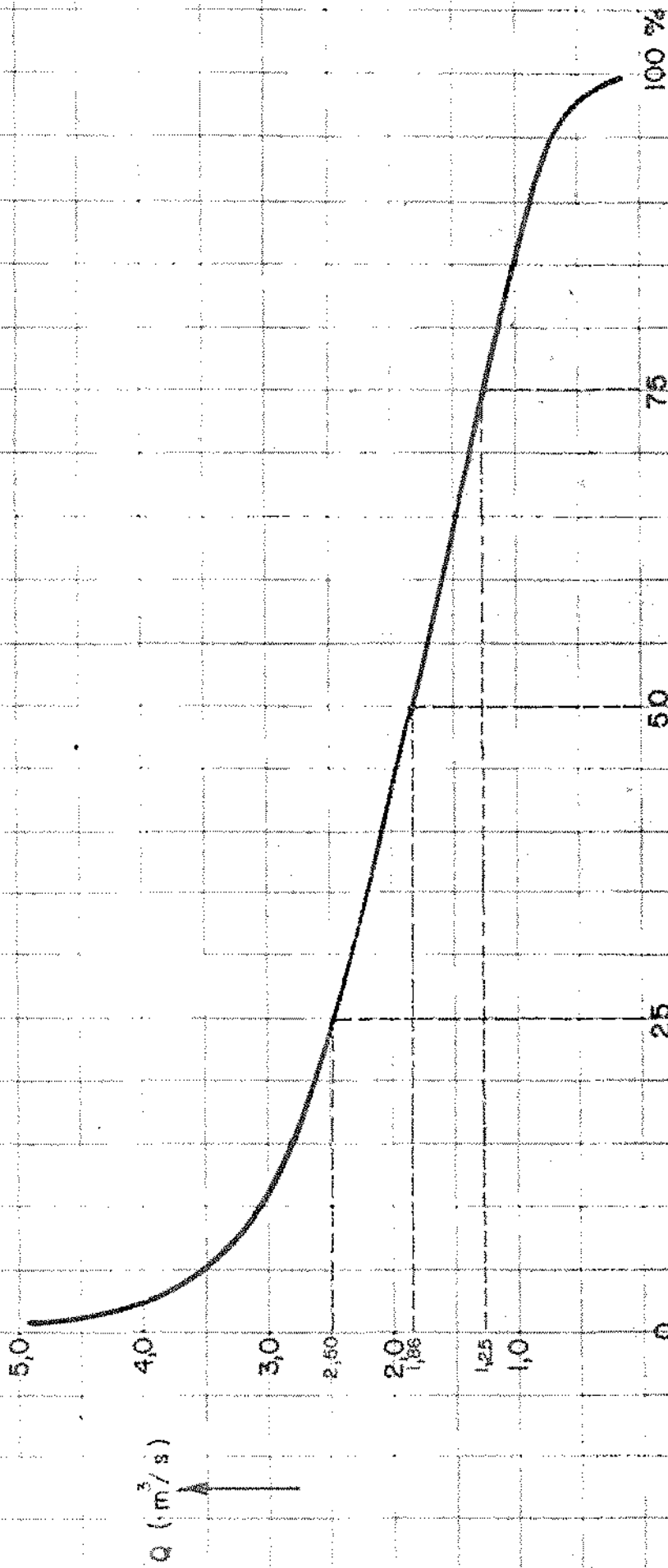
Q (m^3/s)



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE ENGENHARIA DE PORTO ALEGRE
 LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA
 Rua Itália, Valioso, 668 - Tel. (51) 3308-1100
 F.S. Lutz - Engenharia Grande - Curitiba

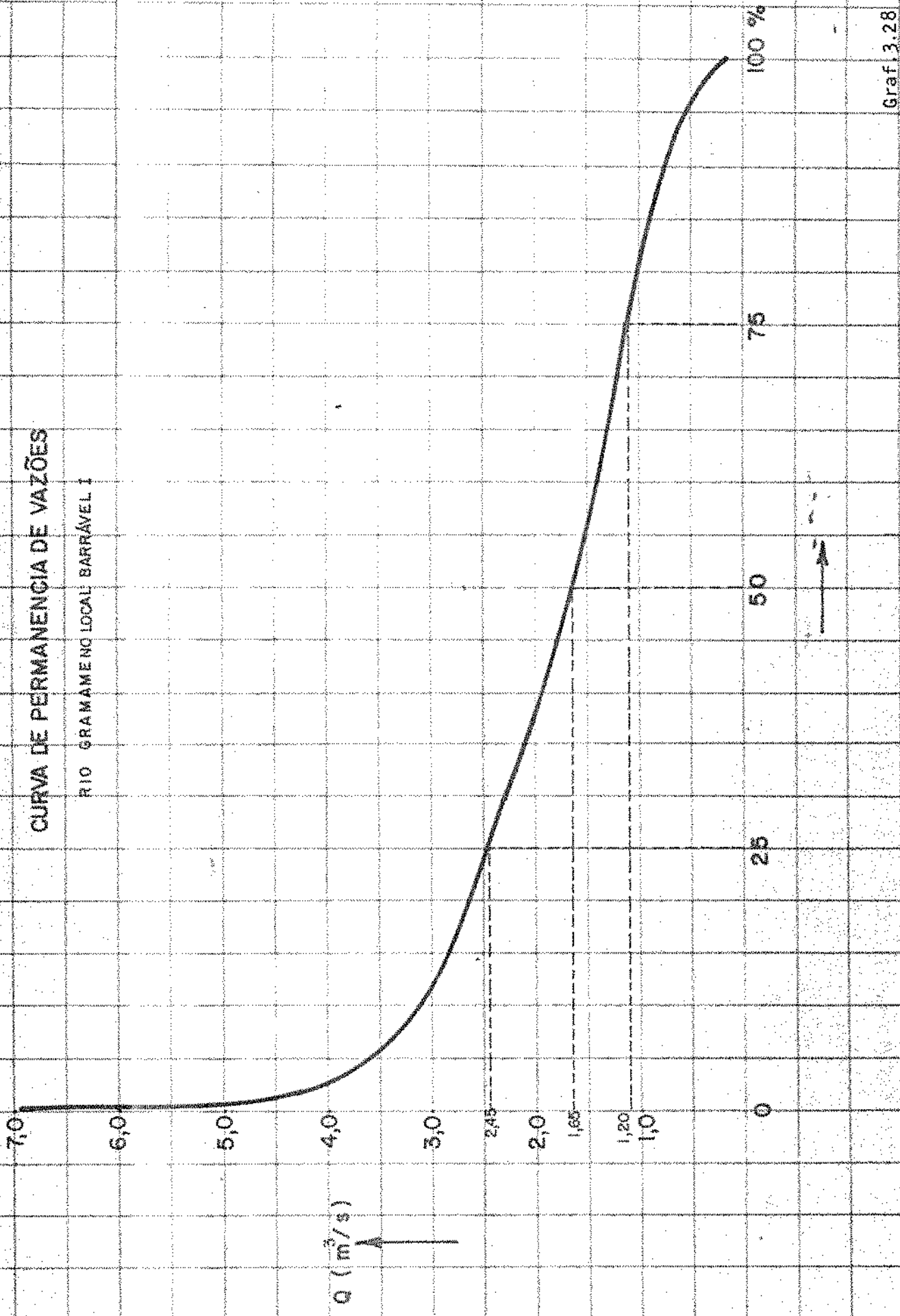
CURVA DE PERMANENCIA DE VAZÕES

RIO MAMUABA NO LOCAL BARRÁVEL



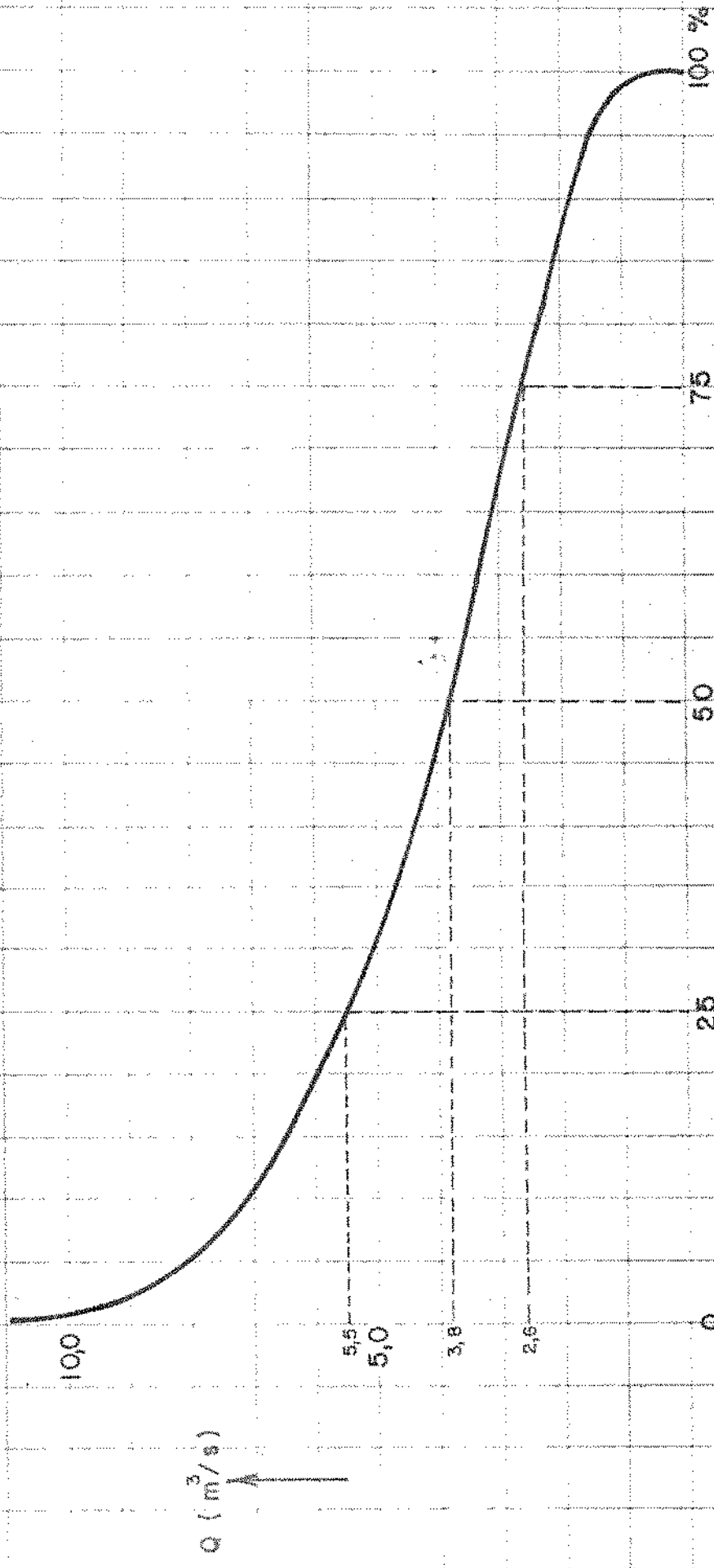
CURVA DE PERMANENCIA DE VAZÕES

RIO GRAMAME NO LOCAL BARRÁVEL I



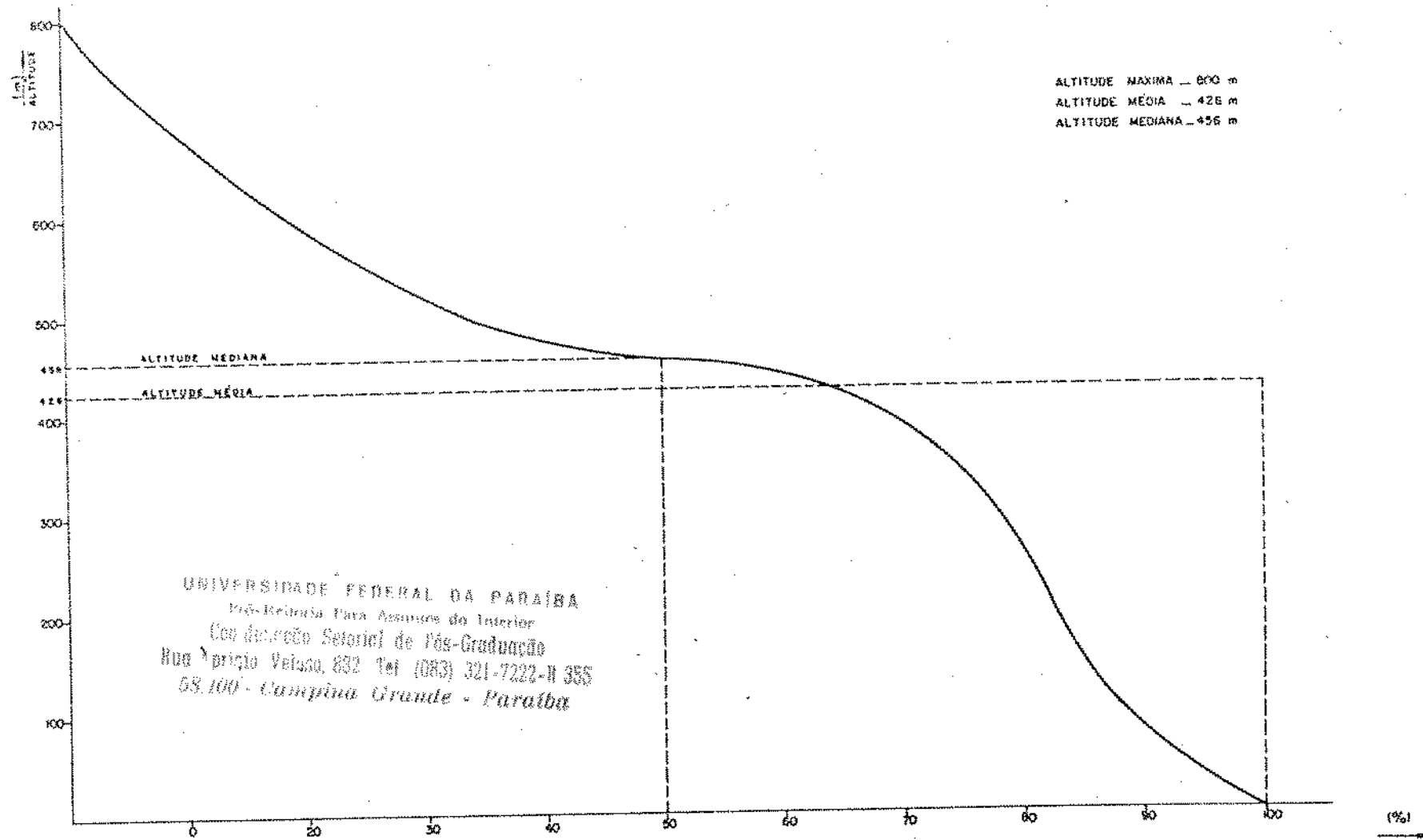
CURVA DE PERMANENCIA DE VAZÕES

RIO GRAMAME NO LOCAL BARRAVELII



CURVA HIPSOMÉTRICA DA BACIA DO PARAÍBA

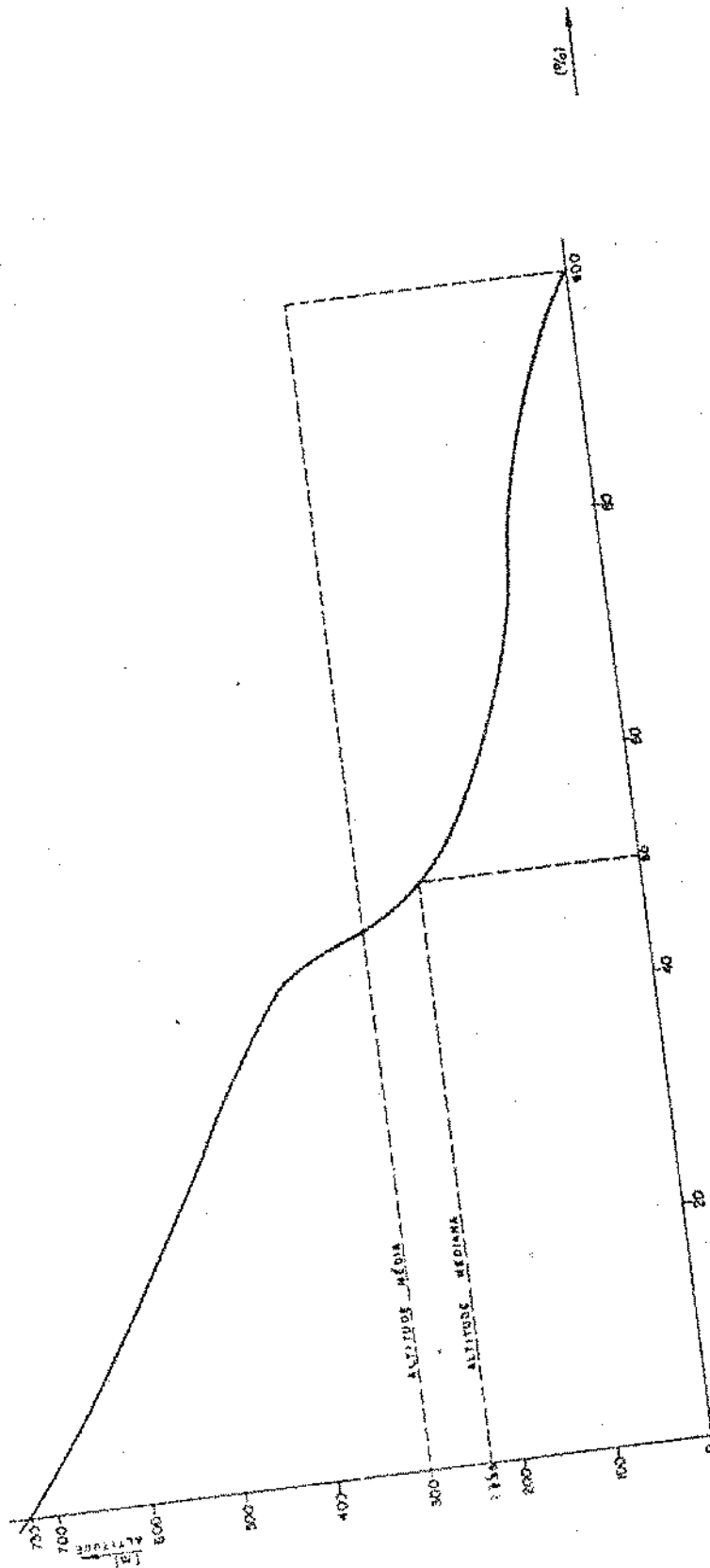
GRAF 3.31



CURVA HIPSOMÉTRICA DA BACIA DO MAMANGUAPE

GRAE 3.32

ALTITUDE MÁXIMA 730 m
ALTITUDE MÉDIA 300 m
ALTITUDE MEDIANA 235 m



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA

Pro-Reitoria Para Assuntos do Interior

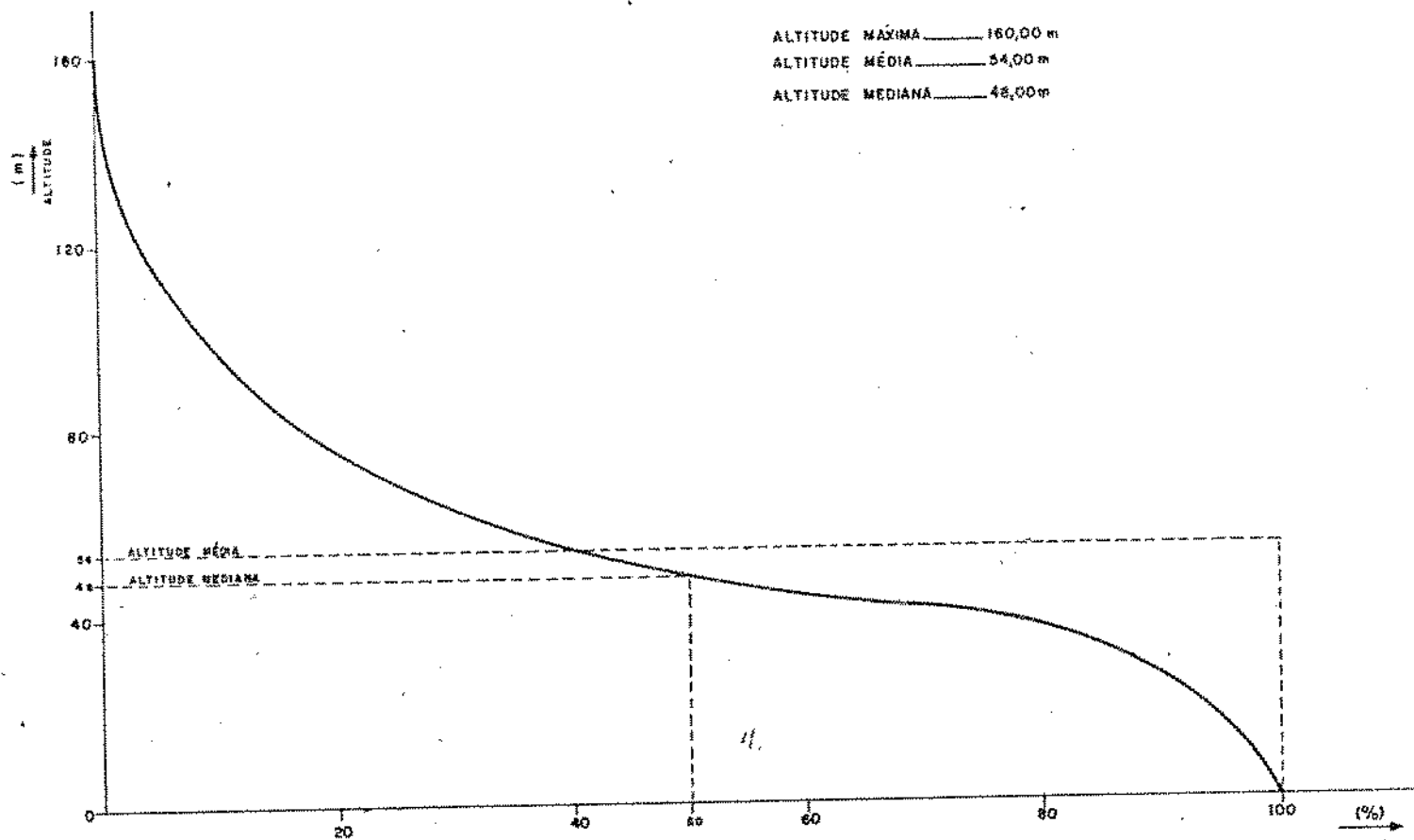
Coordenação Serviço de Pós-Graduação

Rua Aprígio Veloso, 882 - Tel. (083) 321-7222 - 4355

58.100 - Campina Grande - Paraíba

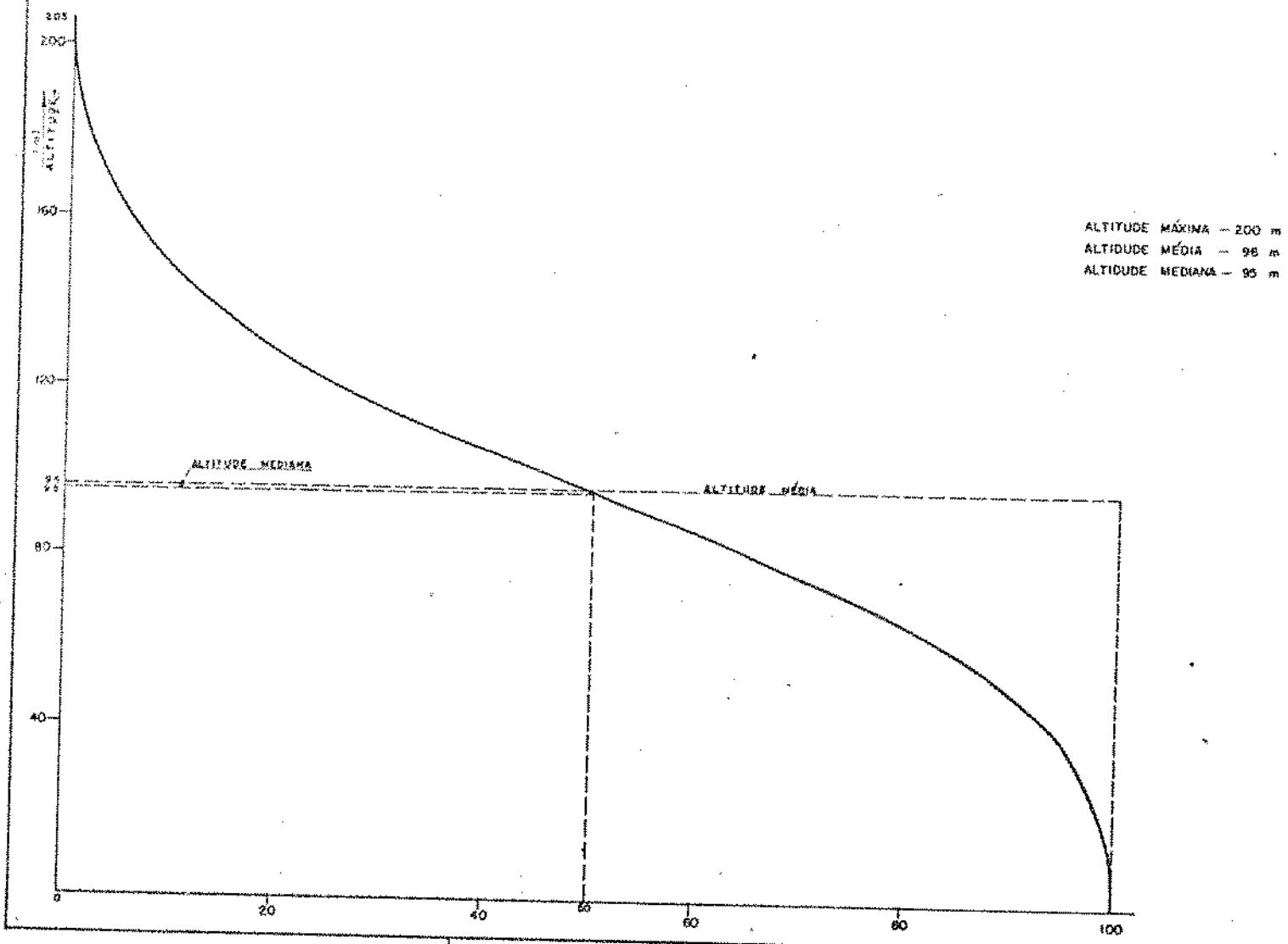
CURVA HIPSOMÉTRICA DA BACIA DO GRAMAME

GRAF 3.33



CURVA HIPSOMÉTRIA DA BACIA DO MIRIRI

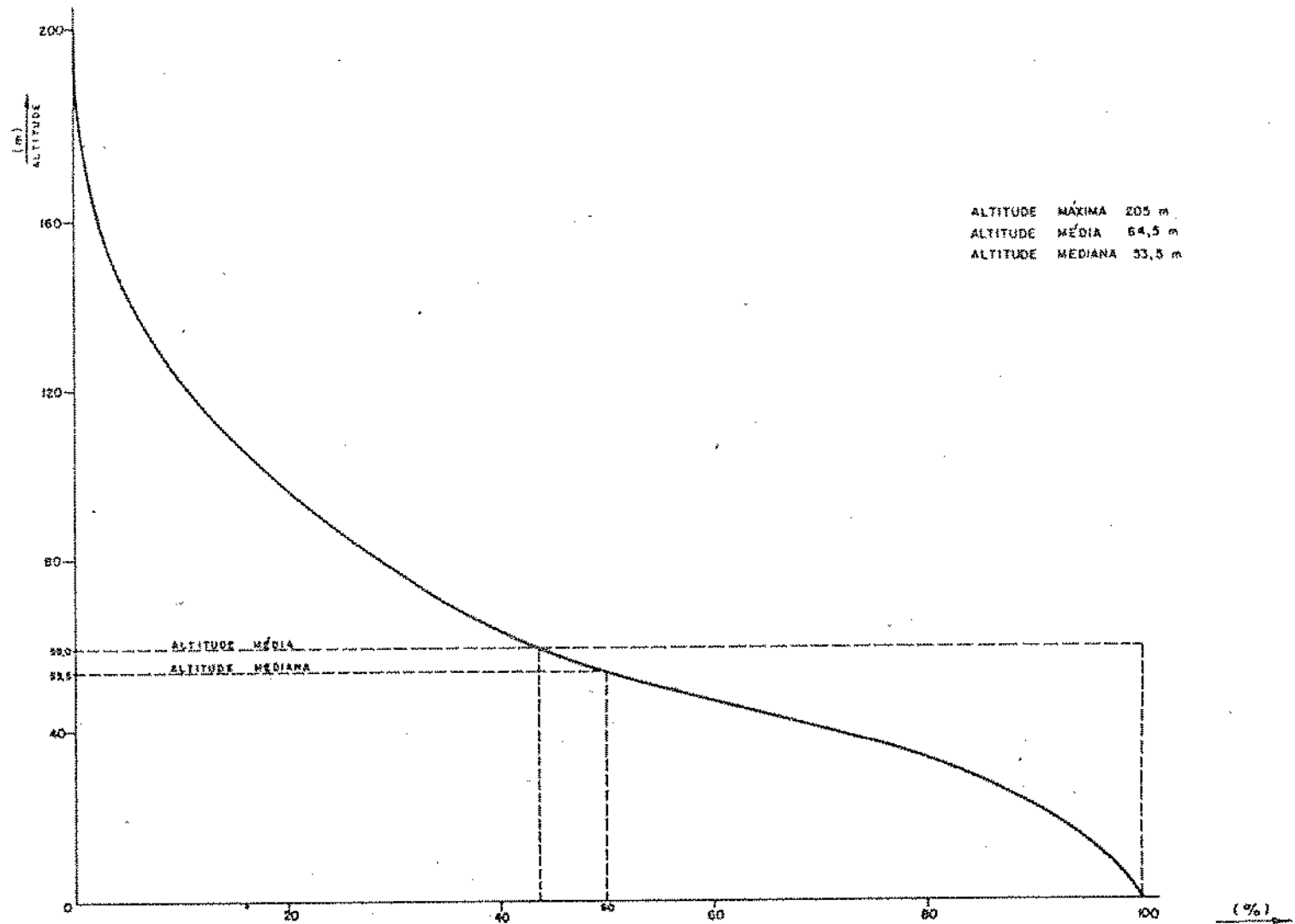
GRAF 3.34



1961

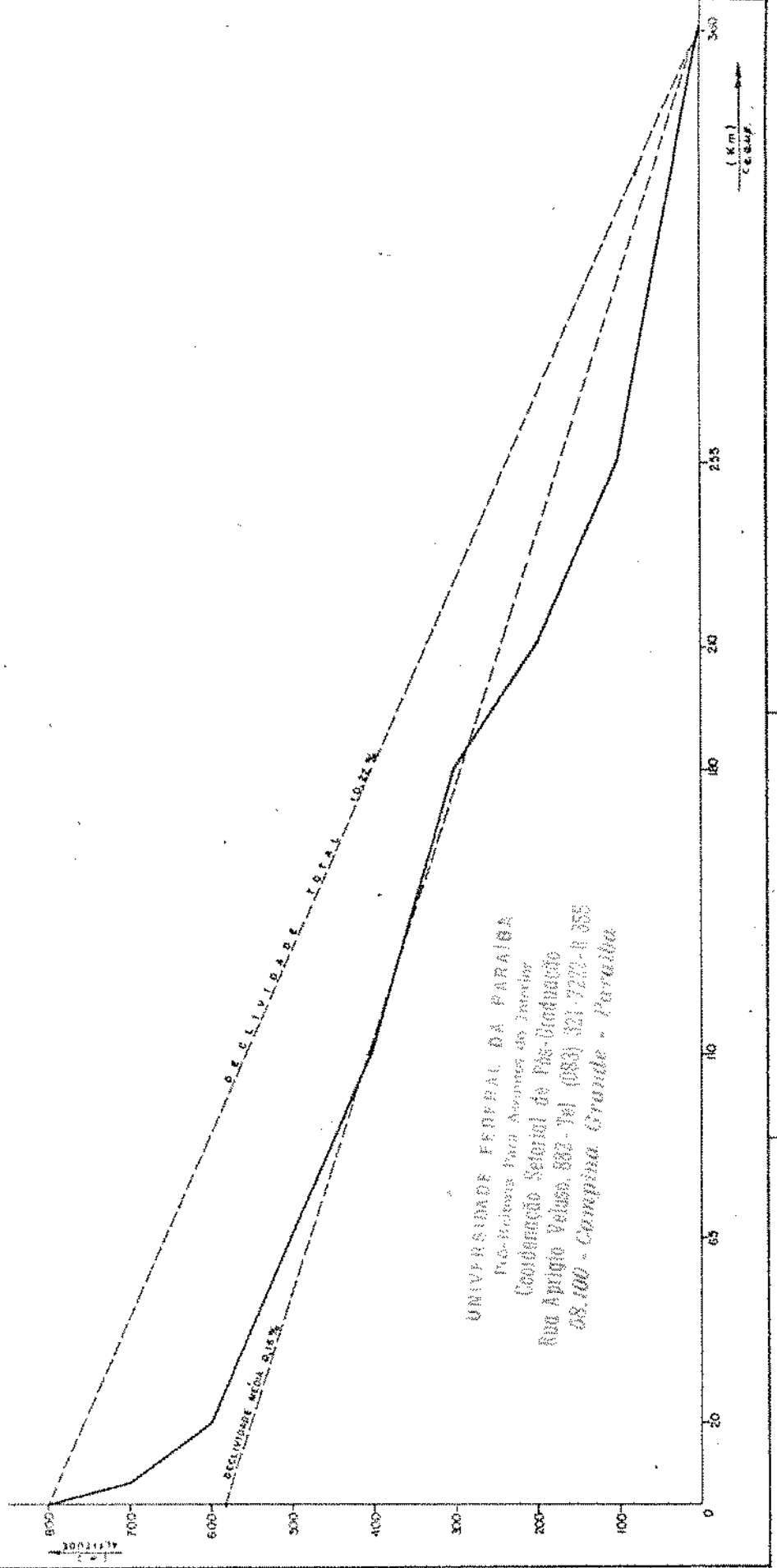
CURVA HIPSOMÉTRICA DA BACIA DO JACUÍPE

GRAF. 3.35



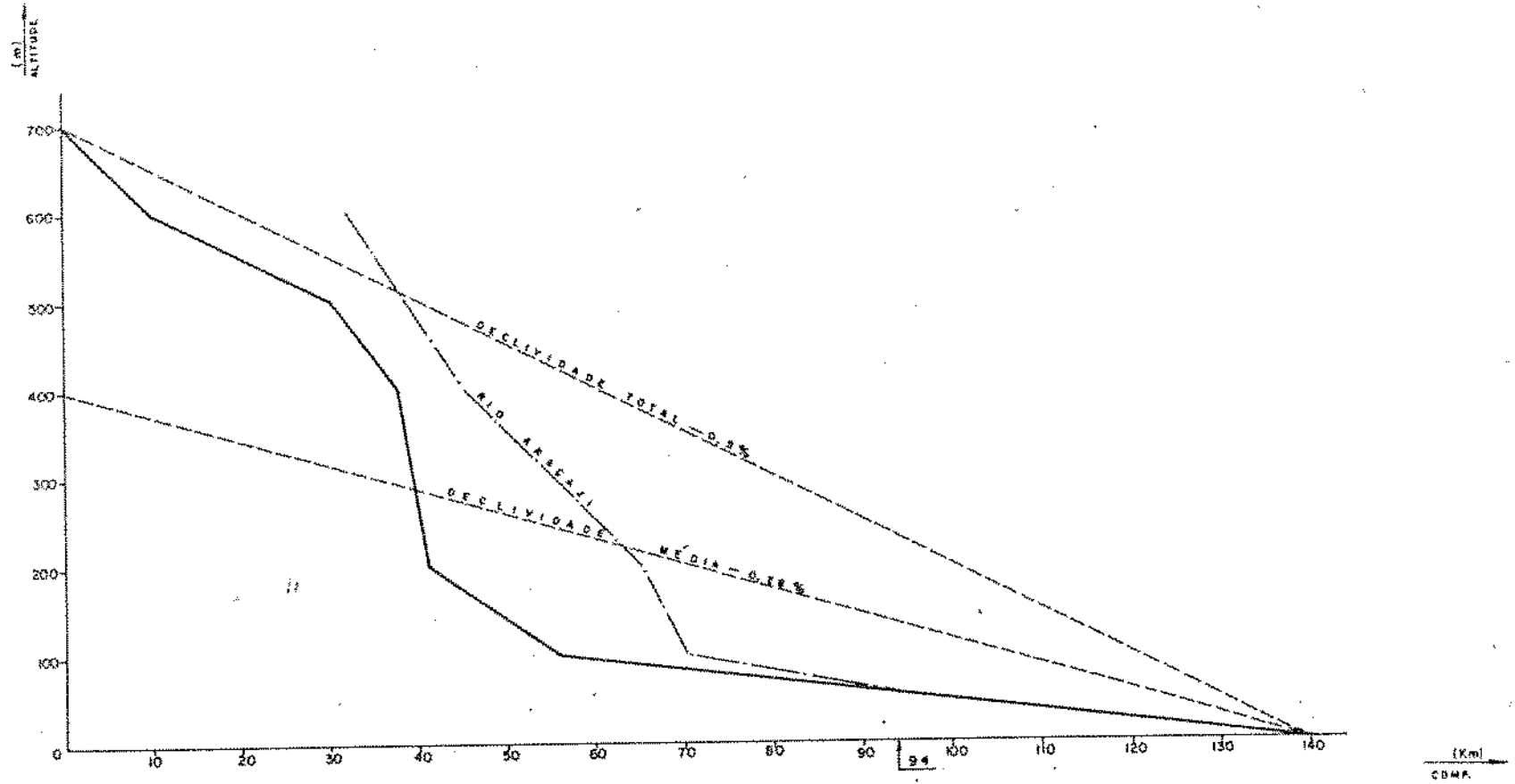
PERFIL LONGITUDINAL DO RIO PARAÍBA

GRAF. 3.36



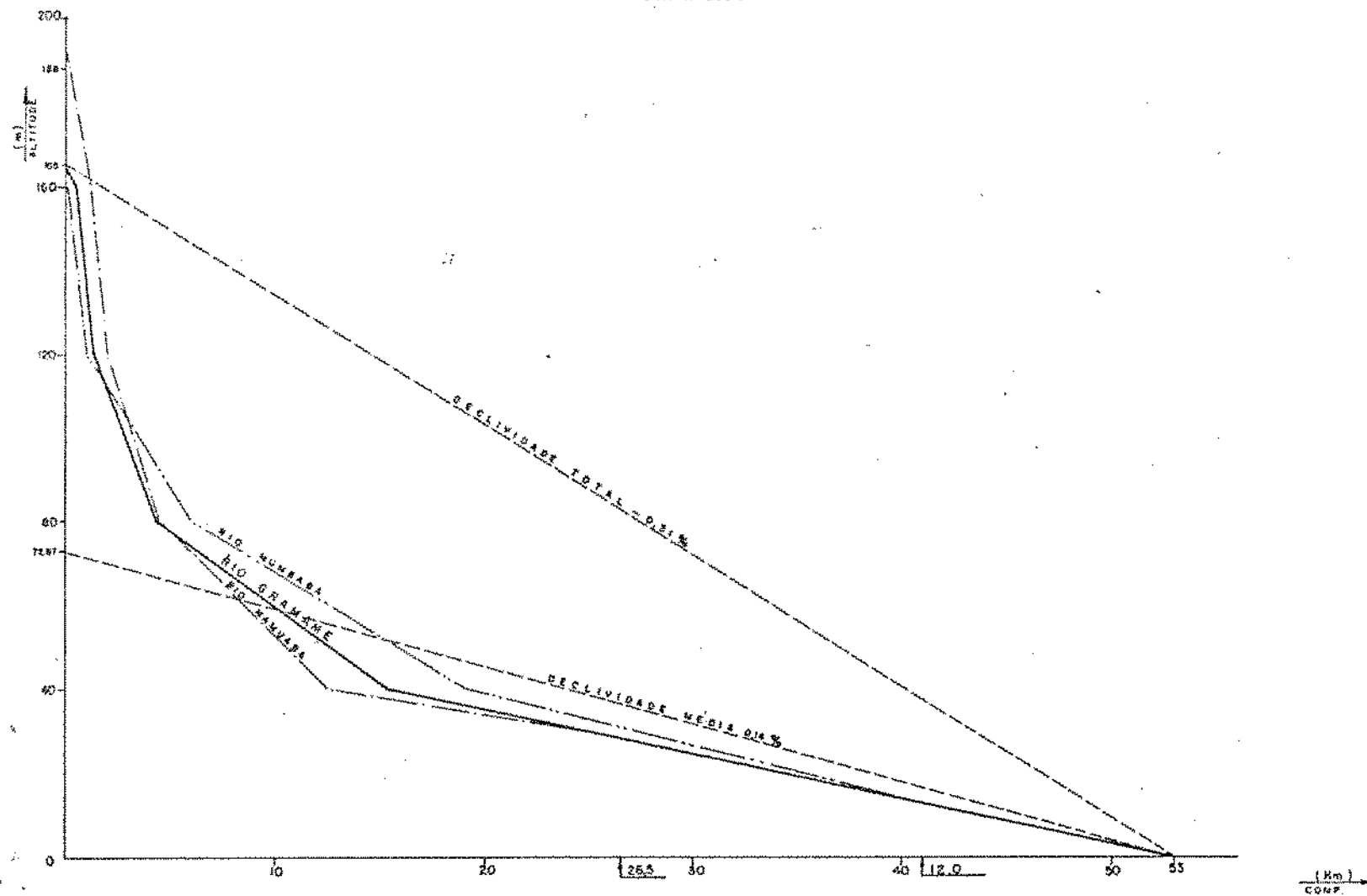
PERFIL LONGITUDINAL DO RIO MAMANGUAPE E DO SEU
AFLUENTE RIO ARAÇAJI

GRAF. 3.37



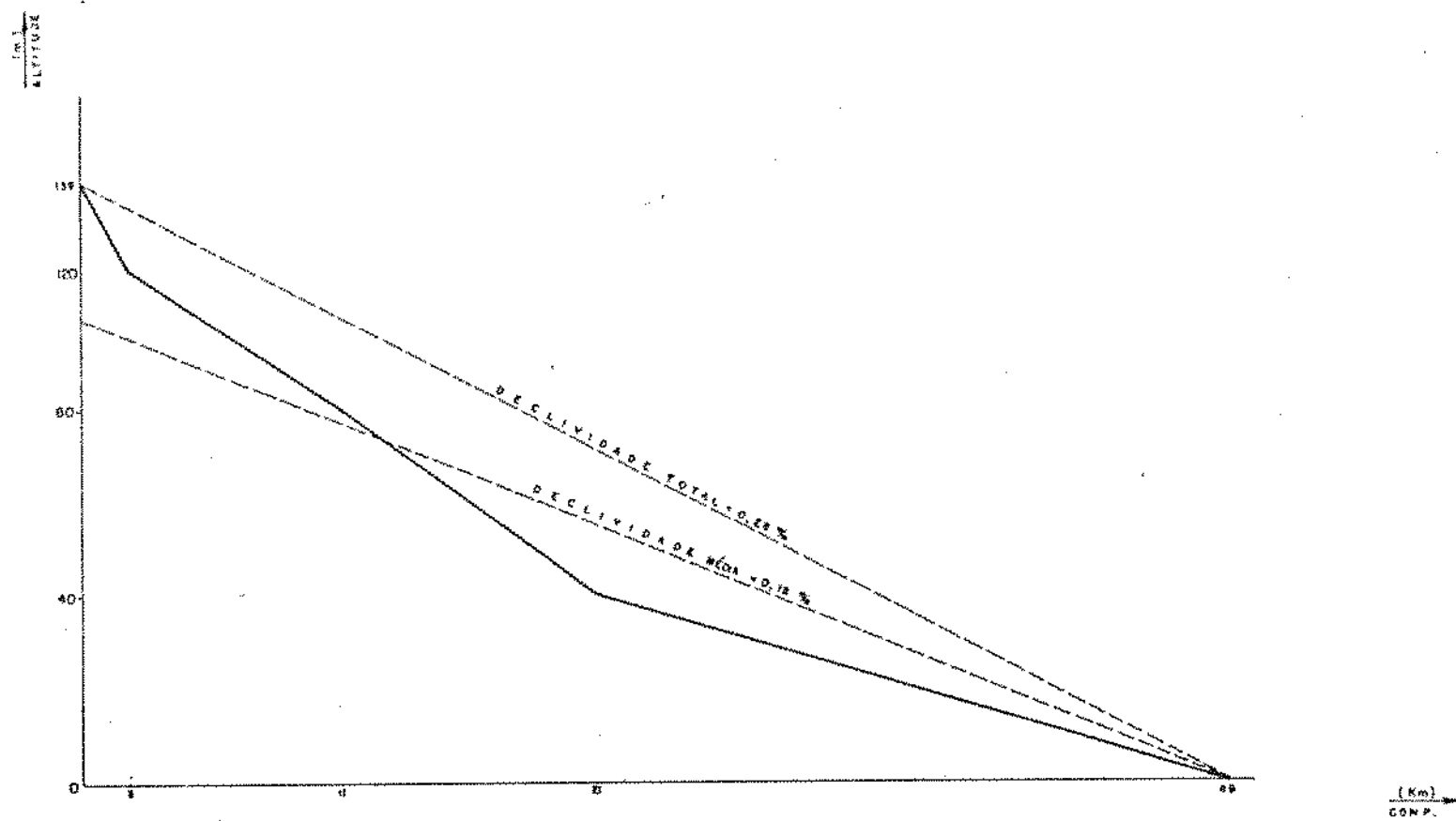
PERFIL LONGITUDINAL DO RIO GRAMAME E DOS SEUS AFLUENTES
MAMUABA E MUMBABA

GRAF. 3.38



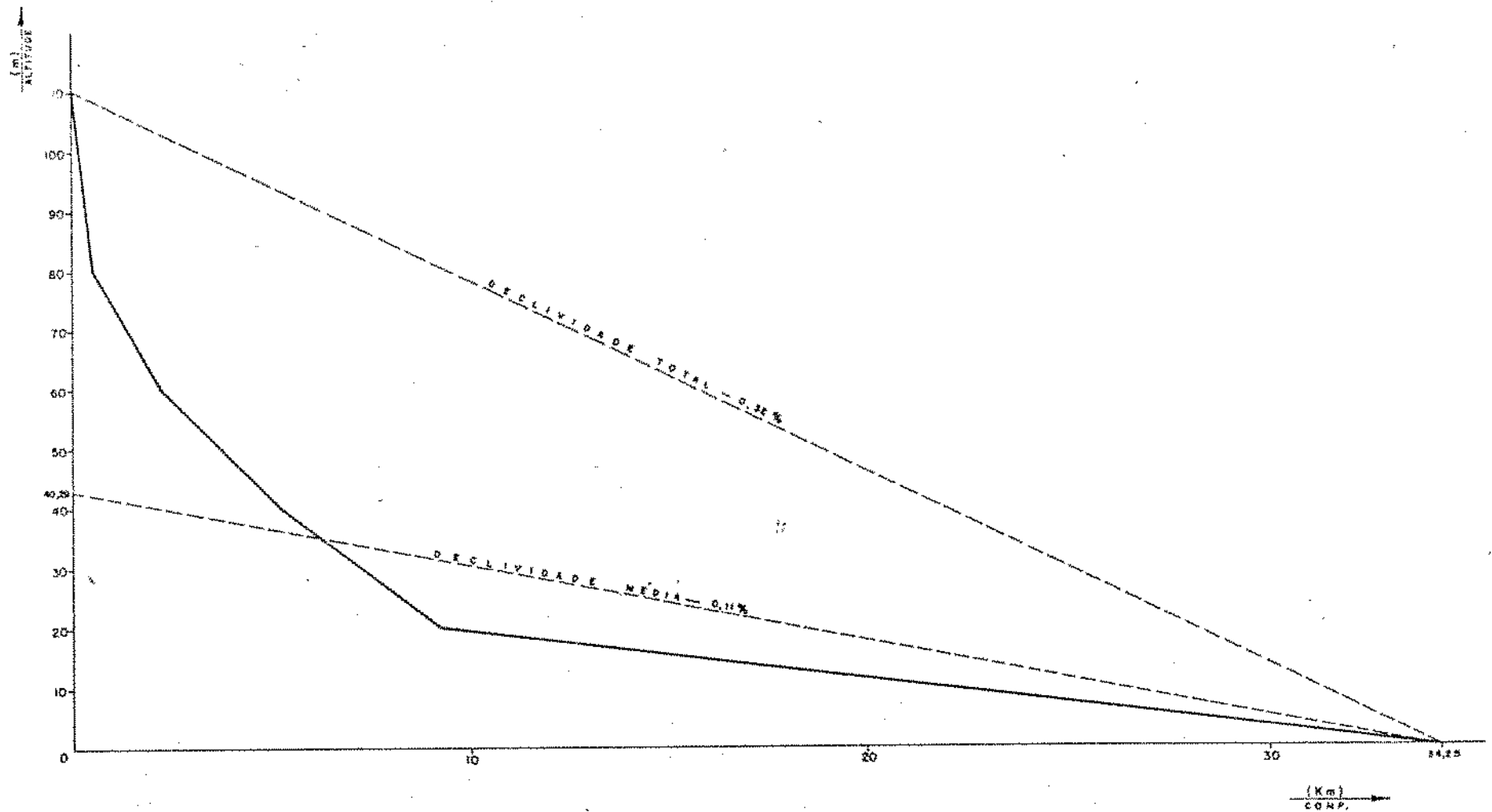
PERFIL LONGITUDINAL DO RIO MIRIRI

GRAF. 3.39



PERFIL LONGITUDINAL DO RIO JACUIPE

GRAF. 3.40



ANEXO III

TABELAS E QUADROS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
Pernambuco, Rua Acadêmica de Recife
Campus de São Carlos de Recife-PE
Rua Adolpho Velloso, 852 - Tel. (081) 211.72.13-355
65.100 - *Campina Grande - Paraíba*

RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS FLUVIO - MORFOLÓGICAS DAS BACIAS

QUADRO: 3.1

CURSO D'ÁGUA E BACIA HIDROGRÁFICA	ÁREA DA BACIA A (Km ²)	PERÍMETRO P (Km)	EXTENSÃO DO CURSO D'ÁGUA PRINCIPAL L (Km)	EXTENSÃO TOTAL DOS CURSOS D'ÁGUA L (Km)	ÍNDICE DE COMPACTIDADE Kc	FATOR DE FORMA F	EXTENSÃO MÉDIA DA ESC. SUP J (Km)	DENSIDADE DE DRENAGEM Dec ($\frac{Km}{Km^2}$)	DECLIVIDADE TOTAL Sf (%)	DECLIVIDADE MÉDIA Sm (%)	ALTITUDE MÁXIMA (m)	ALTITUDE MÉDIA (m)	ALTITUDE MEDIANA (m)
RIO PARAÍBA	19.308,0	845	360	3.415	1,70	0,15	5,71	0,17	0,22	0,16	900	426,0	456
RIO MAMANGUAPE	3.330,0	310	140	630	1,50	0,16	5,52	0,18	0,50	0,28	730	300,0	235,0
RIO GRAMAME	605,0	126	53	115	1,43	0,21	2,85	0,19	0,31	0,14	160	54,0	49,0
RIO MIRIRÍ	336,7	190	51	205	2,56	0,15	1,91	0,53	0,27	0,18	205	96,00	95,0
RIO JACUIPE	237,0	65	34,5	115	1,21	0,20	1,73	0,49	0,32	0,11	205	64,5	53,5

REDE METEOROLÓGICA ATUAL

QUADRO 3.2

ESTAÇÕES	TIPO	COORDENADAS		ALTITUDE (m)	ANO DE INSTALAÇÃO
		LATITUDE	LONGITUDE		
AREIA	CP	06 ^o 48'	35 ^o 42'	445	1966
CAMPINA GRANDE	CP	07 ^o 13'	35 ^o 52'	508	1976
JOAO PESSOA	CP	07 ^o 08'	34 ^o 53'	5	1976
MONTEIRO	CP	07 ^o 53'	37 ^o 07'	590	1962
PATOS	BP	07 ^o 01'	37 ^o 17'	250	1975
SUME	AGRO	07 ^o 39'	36 ^o 56'	510	1930
SÃO GONÇALO	AGRO	06 ^o 50'	38 ^o 19'	235	-
MARÉS	-	07 ^o 09'	34 ^o 54'	20	1971

REDE PLUVIOMETRICA
PERÍODO: 1912 - 1958

QUADRO 3.4

Nº	NOME DO POSTO	UF	MUNICÍPIO	ALTITUDE (m)	COORDENADAS	
					LATITUDE	LONGITUDE
01	ALAGOA NOVA	PB	ALAGOA	500	07° 04'	35° 47'
02	ARARUNA	PB	ARARUNA	580	06° 31'	35° 44'
03	AREIA	PB	AREIA	445	06° 48'	35° 42'
04	BANANEIRAS	PB	BANANEIRAS	552	06° 46'	35° 38'
05	BOA VISTA	PB	CAMPINA GRANDE	490	07° 16'	36° 14'
06	CABACEIRAS	PB	CABACEIRAS	390	07° 30'	36° 17'
07	CAMPINA GRANDE	PB	CAMPINA GRANDE	508	07° 13'	35° 52'
08	DESTERRO	PB	DESTERRO	590	07° 17'	37° 06'
09	INGÁ	PB	INGÁ	144	07° 17'	35° 37'
10	ITABAIANA	PB	ITABAIANA	245	07° 20'	35° 20'
11	JOAO PESSOA	PB	JOAO PESSOA	5	07° 08'	34° 53'
12	MALTA	PB	MALTA	340	06° 54'	37° 32'
13	MAMANGUAPE	PB	MAMANGUAPE	54	06° 50'	35° 07'
14	MONTEIRO	PB	MONTEIRO	590	07° 53'	37° 07'
15	MULUNGU	PB	MULUNGU	100	07° 02'	35° 29'
16	PATOS	PB	PATOS	250	07° 01'	37° 17'
17	PICUI	PB	PICUI	450	06° 31'	36° 22'
18	SANTA LUZIA	PB	SANTA LUZIA	290	06° 52'	36° 56'
19	SANTA RITA	PB	SANTA RITA	16	07° 08'	34° 59'
20	S. JOAO DO CARIRI	PB	S. JOAO DO CARIRI	445	07° 24'	36° 02'
21	SAPE	PB	SAPE	125	07° 06'	35° 14'
22	SOLEDADE	PB	SOLEDADE	560	07° 04'	36° 22'
23	TAPEROÁ	PB	TAPEROÁ	500	07° 12'	36° 50'
24	TEIXEIRA	PB	TEIXEIRA	770	07° 13'	37° 16'
25	UMBUZIRO	PB	UMBUZIRO	530	07° 42'	35° 40'

REDE PLUVIOMÉTRICA - PERÍODO 1930/1974

Quadro 3.5

ORDEM	NOME DO POSTO	ESTADO	MUNICÍPIO	ALTITUDE (m)	COORDENADAS	
					LATITUDE	LONGITUDE
1	BANANEIRAS	PB	BANANEIRAS	552	69 46'	359 38'
2	MAMANGUAPE	PB	MAMANGUAPE	54	69 50'	359 07'
3	MULUNGU	PB	MULUNGU	100	79 02'	359 29'
4	ALAGOA NOVA	PB	ALAGOA NOVA	500	79 04'	359 47'
5	AREIA	PB	AREIA	445	69 58'	359 42'
6	SAPÉ	PB	SAPÉ	125	79 06'	359 14'
7	SANTA RITA	PB	SANTA RITA	16	79 08'	349 59'
8	JOÃO PESSOA	PB	JOÃO PESSOA	5	79 07'	349 53'
9	ALHANDRA	PB	ALHANDRA	49	79 26'	349 55'
10	TAMBÉ	PE	TAMBÉ	190	79 25'	359 06'

NORMAIS PLUVIOMÉTRICAS MENSAIS - PERÍODO 1930 a 1974

QUADRO: 3.6

POSTO	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAIO	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	ANO
BANANEIRA	57,7	59,9	147,9	<u>179,2</u>	169,2	165,5	136,7	88,6	50,5	<u>18,0</u>	18,8	31,0	1131,0
MAMANGUAPE	70,1	81,6	167,8	207,3	214,6	<u>243,2</u>	192,5	109,1	46,4	<u>21,3</u>	27,0	38,6	1419,5
MULUNGU	35,7	56,6	90,5	126,8	133,0	<u>134,6</u>	113,2	61,7	38,1	14,9	<u>10,9</u>	18,6	<u>834,6</u>
ALAGOA NOVA	65,5	108,4	142,4	163,8	166,2	<u>197,5</u>	176,3	152,0	53,7	<u>25,2</u>	31,4	34,2	1316,6
AREIA	63,0	83,0	165,5	165,7	182,1	186,7	<u>193,6</u>	131,7	61,4	<u>29,1</u>	31,8	36,30	1329,98
SAPE	53,7	56,0	112,7	161,4	152,9	<u>203,4</u>	158,9	80,92	40,1	19,74	<u>12,3</u>	21,98	1073,9
SANTA RITA	79,4	82,7	171,3	225,4	256,8	<u>283,6</u>	217,3	113,4	124,1	25,9	<u>25,6</u>	40,52	1651,0
JOÃO PESSOA	116,6	100,4	224,7	267,7	300,0	<u>300,9</u>	297,5	134,0	67,42	<u>27,6</u>	29,3	43,3	1859,3
TAMBE	58,3	76,5	154,6	200,9	214,1	<u>247,0</u>	190,1	121,9	60,5	32,0	24,1	36,4	1416,3
ALHANDRA	62,5	97,2	160,6	205,3	<u>269,1</u>	252,4	206,2	130,0	67,7	32,4	26,34	42,0	1551,7

Nota: MÁXIMO

— MÍNIMO

PRINCIPAIS ESTATÍSTICAS DAS SÉRIES PLUVIOMÉTRICAS MENSAS

PERÍODO: 1930 - 1974

QUADRO 3.8

POSTO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO (%)	COEF. VARIACÃO	EXTREMOS	
				MÁXIMO	MÍNIMO
BANANEIRA	113,88	104,52	0,918	647,1	0,00
MAHANGUAPE	119,18	140,08	1,18	1000,1	0,00
MULUNGU	68,35	71,96	1,05	383,0	0,00
ALAGOA NOVA	103,02	121,25	1,18	385,0	0,00
AREIA	108,94	97,65	0,896	522,1	0,00
SAPE	81,38	86,26	1,06	629,0	0,00
SANTA RITA	128,73	123,75	0,961	833,3	0,00
JOÃO PESSOA	152,02	143,15	0,942	909,0	2,90
TAMBÉ	116,88	110,14	0,942	717,4	0,00
ALHANDRA	128,91	123,81	0,960	598,1	0,00

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
 Pró-Reitoria Para Assuntos do Interior
 Com Serviço Setorial de Pós-Graduação
 Rua Aprício Veloso, 882 - Tel (083) 321-7222-R 355
 58.100 - Campina Grande - Paraíba

PERCENTAGENS DOS TRIMESTRES
CHUVOSOS E SECOS

QUADRO 3.9

NOME DO POSTO	T. CHUVOSO MES	T. SECO MES	TOTAL (mm)		ANO MEDIO (mm)	PERCENTAGEM (%)	
			T. CHUV.	T. SECO		T. CHUV. %	T. SECO %
BANANEIRA	ABRIL/MAIO/JUNHO	OUT./NOV./DEZ.	513,9	67,8	1131,0	45,4	6,0
MANGUAPE	ABRIL/MAIO/JUNHO	OUT./NOV./DEZ.	655,1	86,9	1419,5	46,8	6,1
MULUNGU	ABRIL/MAIO/JUNHO	OUT./NOV./DEZ.	394,4	44,4	834,6	47,3	5,3
ALAG. NOVA	MAIO/JAN./JULHO	OUT./NOV./DEZ.	540,0	90,8	1316,6	41,0	6,9
AREIA	MAIO/JUN./JULHO	OUT./NOV./DEZ.	562,4	97,2	1330,0	42,3	7,3
SAPE	MAIO/JUN./JULHO	OUT./NOV./DEZ.	515,2	53,9	1073,9	47,9	5,0
SANTA RITA	ABRIL/MAIO/JUNHO	OUT./NOV./DEZ.	768,9	92,0	1651,0	46,4	5,0
JOAO PESSOA	ABRIL/MAIO/JUNHO	OUT./NOV./DEZ.	868,6	100,2	1859,3	46,7	5,4
TAMBE	ABRIL/MAIO/JUNHO	OUT./NOV./DEZ.	662,0	92,5	1416,3	46,7	6,5
ALHANDRA	ABRIL/MAIO/JUNHO	OUT./NOV./DEZ.	726,8	100,7	1551,7	46,8	6,5
MEDIA			621,4	82,6	1358,4	45,7	6,05

Nota: _____ MÁXIMO
_____ MÍNIMO

REDE TERMOMETRICA BASICA

Quadro 3.10

Nº DE OPDEN	ESTAÇÕES	ALTITUDE (m)	COORDENADAS		TEMPERATURA MEDIA ANUAL (CO)	PERIODO	FONTE
			LATITUDE	LONGITUDE			
1	APEIA	619	69 48'	350 42'	21,6	1931/60	2
2	BANANEIRAS	552	69 46'	350 38'	25,0	1926/36	1
3	BARRA DE STA. ROSA	440	69 43'	360 04'	25,0	1935/58	3
4	BOA VISTA	490	70 16'	360 14'	24,5	1935/58	4
5	CAMPINA GRANDE	526	70 13'	350 52'	22,9	1931/60	2
6	ITABAIANA	45	70 20'	350 20'	25,6	1935/58	4
7	JOAO PESSOA	28	70 08'	340 53'	25,6	1931/60	2
8	MAMANGUAPE	54	69 50'	350 07'	25,5	1912/58	4
9	MONTEIRO	590	70 53'	370 07'	24,0	1935/58	3
10	GUARABIRA	101	69 51'	350 29'	25,6	1931/60	2
11	SÃO JOÃO DO CAPIRI	445	70 24'	350 32'	25,0	1935/58	4
12	SOLEDADE	560	70 04'	360 22'	24,0	1935/58	4
13	SUNÉ	510	70 39'	360 56'	24,5	1935/58	3
14	TAPEROA	500	70 12'	360 50'	24,5	1935/58	3
15	UMBUIZEIRO	500	70 42'	350 40'	22,4	1931/60	2

REDE EVAPORIMÉTRICA BÁSICA

QUADRO 3.11

Nº DE ORDEM	ESTACÕES	ALTITUDE (m)	COORDENADAS		EVAPORAÇÃO ANUAL (mm)	PERÍODO	FONTE
			LATITUDE	LONGITUDE			
1	BOQUEIRÃO	380	07º 29'	36º 07'	2841,1	1965/72	1
2	CAMPINA GRANDE	526	07º 13'	36º 52'	2125,3	1964/69	2
3	CUREMAS	220	07º 01'	37º 58'	3049,8	1965/70	1
4	JOÃO PESSOA	28	07º 08'	34º 53'	2115,7	1965/77	2
5	MONTEIRO	590	07º 53'	37º 07'	2314,7	1964/66	2

FONTES:

- (1) - SUDENE - Dados Evaporimétricos, Recife 1973.
- (2) - SUDENE - Dados Brutos.

Quadro: 3.12

PRINCIPAIS INDICADORES DA QUALIDADE D'ÁGUA

PONTO DE COLETA		DATA	DISCRIMINAÇÃO						
LOCAL	MANANCIAL		TURBIDEZ	DUREZA	CLORETOS	PH	CO ₂	FERRO	NITRITOS NITRATOS AMÔNIA
Confluência com o rio Mamuaga	GRAMAME	23/01/79	6,90	8,00	22,00	6,50	6,20	0,25	0
Ponte da Rodovia PB - 1	ARAÇAJI	18/01/79	2,20	123,00	135,00	7,60	6,16	0,00	0
Ponte na PB - 1	ARAÇAJI	08/02/79	2,80	102,00	135,00	8,60	0,00	0,00	0
Local barrável	ARAÇAJI	19/01/79	0,00	118,00	200,00	8,70	0,00	0,00	0
Montante da confluência c/o rio Mamanguape	ARAÇAJI	08/02/79	1,00	130,00	160,00	9,00	0,00	0,00	0
Montante da confluência com o rio Araçaji	MAMANGUAPE	08/02/79	1,00	240,00	320,00	9,00	0,00	0,00	0
MULUNGU	MAMANGUAPE	06/09/77	40,00	170,00	210,00	7,70	4,40	0,00	0
1 Km após confluência com o rio Araçaji	MAMANGUAPE	08/02/79	1,00	126,00	220,00	9,20	0,00	0,00	0
Após confluência com o rio Araçaji	MAMANGUAPE	08/02/79	1,40	132,00	175,00	8,60	0,00	0,00	0
LOCAL BARRÁVEL	MAMANGUAPE	18/01/79	0,80	152,00	240,00	7,60	2,64	0,00	0
50 m após o eixo barrável	MAMANGUAPE	03/05/79	30,00	118,00	151,00	7,20	6,16	4,00	0
Ponte PB - 1	MAMANGUAPE	08/02/79	3,20	114,00	160,00	8,80	0,00	0,00	0
Ponte PB - 1	MAMANGUAPE	18/01/79	0,70	216,00	275,00	8,60	0,00	0,00	0
Ponte BR - 101	JACUIPE	18/01/79	2,00	2,00	30,00	5,40	7,92	0,00	0
A B N T	VALOR RECOMENDADO		1	100	mínimo	PH de saturação	-	mínimo	-
	VALOR MÁXIMO TOLERADO		5	200	250	PH = 6	-	0,30	-

quadro: 3.12 Cont.

PRINCIPAIS INDICADORES DA QUALIDADE D'ÁGUA

PONTO DE COLETA		DATA	DISCRIMINAÇÃO						
LOCAL	MANANCIAL		TURBIDEZ	DUREZA	CLORETOS	PH	Co2	FERRO	NITRITOS NITRATOS AMÔNIA
PONTE DE ACESSO	MUMBABA	19/01/79	20,00	34,00	41,00	6,60	5,28	0,00	0
50 m após eixo barrável	MUMBABA	03/05/79	20,00	42,00	85,00	6,00	6,16	0,06	0
1 Km a montante da ponte na BR-101	MIRIRI	18/01/79	1,50	50,00	95,00	6,10	29,92	0,80	0
50 m após eixo barrável	MIRIRI	03/05/79	30,00	96,00	171,00	6,60	16,72	0,15	0
PONTE BR-101	PARAÍBA	18/01/79	4,00	230,00	275,00	6,90	21,12	1,00	0
Ponto de captação em Itabaiana	PARAÍBA	08/08/78	30,00	320,00	430,00	8,40	0,00	0,00	0
Itabaiana	PARAÍBA	17/07/78	12,00	303,78	710,00	8,00	2,20	1,20	0
PONTE BR-230	PARAÍBA	08/02/79	0,60	420,00	600,00	9,60	0,00	0,00	0
Repusa do açude Tibiri	TIBIRI	04/10/77	4,00	8,00	20,00	5,00	10,50	0,15	0
Rio Tibiri	TIBIRI	19/01/79	1,60	40,00	25,00	5,40	10,56	0,15	0
Faz. Mamuaba de baixo	MAMUABA	08/02/79	6,90	6,00	25,00	6,70	2,60	0,30	0
Antes da confluência com o Gramame	MAMUABA	08/05/79	25,00	14,00	17,00	6,20	6,16	2,50	0
Faz. Serrota	GRAMAME	08/02/79	2,40	20,00	20,00	6,60	5,30	0,30	0
Antes da confluência com o Mamuaga	GRAMAME	03/05/79	25,00	14,00	16,00	6,60	3,52	0,75	0
A B N T	VALOR RECOMENDADO		1	100	mínimo	PH de saturação	-	mínimo	-
	VALOR MÁXIMO TOLERADO		5	200	250	PH = 6	-	0,30	-

PONTO DE COLETA		DATA	DISCRIMINAÇÃO						
LOCAL	MANANCIAL		TURBIDEZ	DUREZA	CLORETO	PH	CO ₂	FERRO	NITRITOS NITRATOS AMÔNIA
Após confluência com riacho JACARAUNA	JACUIPE	03/05/79	15,00	62,00	14,00	7,60	4,40	0,00	0
Próximo à afluência com o Miriri	RIACHO PAU BRASIL	18/01/79	1,60	4,00	25,00	5,40	2,64	0,00	0
FAZ. JUSSARA	RIO JUSSARA	19/01/79	1,50	8,00	19,00	5,40	4,40	0,20	0
Usina Santana	RIACHO OBIM	18/01/79	1,40	6,0	16,00	5,40	13,20	0,20	0
ABNT	VALOR RECOMENDADO		1	100	mínimo	PH de saturação	-	mínimo	-
	VALOR MÁXIMO TOLERADO		5	200	250	PH = 6	-	0,30	-

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO AQUIFERO BEBERIBE

QUADRO 3.13

LABORATÓRIO	ANO	POÇO	Na	K	Ca	Mg	Fe	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	Cl	CO ₂	RS	PH	DUREZA (°F)	CLASSIFICAÇÃO	RESTRICÇÕES AO USO
SUCENE	1979	SB-1-1	65,02	4,20	46,60	17,27	N.D.	185,41	26,40	9,68	110,00	N.D.	512	8,0	18,8	B1-CL/CA-Na	Bebedura
SUCENE	1979	SB-11-1	71,50	10,00	37,60	14,58	N.D.	151,28	0,00	32,67	112,00	N.D.	350	8,1	14,6	B1-CL/CA-Na	Bebedura
SUCENE	1979	SX-1-1	83,60	16,60	19,60	11,90	N.D.	256,20	0,00	17,29	28,00	N.D.	306	7,5	9,8	B1-CL/CA-Na	Bebedura
CECEPA	1977	SB-1-2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,00	265,95	0,00	0,00	37,00	23,76	385	7,6	11,6	B1 / P	CO ₂
SUCENE	1979	SB-1-3	74,00	14,40	16,40	13,45	N.D.	251,37	0,00	11,53	26,00	N.D.	355	7,5	10,3	B1/Na	Bebedura
CECEPA	1978	SB-1-4	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,00	270,25	0,00	0,00	59,00	24,64	366	7,7	8,3	B1 / P	CO ₂
SUCENE	1979	SB-1-1	66,24	11,31	23,60	15,60	N.D.	200,08	28,80	3,65	36,00	N.D.	434	6,0	12,4	B1/Na	Bebedura
SUCENE	1979	SB-1-2	30,00	10,00	27,00	5,61	N.D.	128,40	0,00	7,68	35,00	N.D.	232	7,8	8,8	B1/CA-Na	Bebedura
CECEPA	1977	SB-1-4	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,00	232,36	0,00	0,00	63,0	25,60	357	7,7	15,4	B1-CL / P	CO ₂

Obs.: N.D. - Não determinado

CLASSIFICAÇÃO:

- CL - Clorato
- B1 - Bicarbonato
- CA - Cálcio
- Na - Sódico
- Mg - Magnésio

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO AQUIFERO BARREITAS

QUADRO 3.14

LABORATÓRIO	ANO	POÇO	Na	K	Ca	Mg	Fe	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	Cl	CO ₂	PS	PH	RESERVA (GT)	CLASSIFICAÇÃO	RESTRIÇÃO AO USO
CAZEPZ	1977	SISTEMA BARRAQUINHA	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,00	51,24	0,00	0,00	30,00	7,00	119	6,8	4,6	CL-R1/P	NEGRURA
SUDDEL	1979	SR-09	7,90	0,96	1,60	1,45	N.D.	7,32	0,00	3,84	11,00	N.D.	36	7,7	1,0	CL/NA	NEGRURA

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO AQUIFERO AQUITARO CALCÁRIOS

QUADRO 3.15

LABORATÓRIO	ANO	POÇO	ANÁLISES QUÍMICAS											PH	DUREZA (op)	CLASSIFICAÇÃO	RESTRIÇÃO AO USO
			Na	K	Ca	Mg	Fe	HCO ₃	Cl ₂	SO ₄	Cl	CO ₂	RS				
CAGEPA	1977	JP-111-2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,00	256,20	0,00	0,00	20,0	17,30	389	7,5	23,0	H1 / ?	Dureza
SUDESE	1979	JP-47	50,00	18,60	35,20	42,28	N.D.	329,40	0,00	9,61	50,00	N.D.	494	6,6	26,6	H1/Ca-Mg	Dureza

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
 Núcleo de Apoio aos Cursos de Graduação
 Centro de Apoio Técnico - CAT (UNB) 333-7222-9 333
 58.100 - Campina Grande - Paraíba

POTENCIALIDADES HÍDRICAS DE SUPERFÍCIE

QUADRO 3.16

R I O	VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m ³ /s)						COEF. PERENIDADE		
	MÁXIMA	MÍNIMA	MODAL	CARACTERÍSTICAS			MÓDULO	ESTIAGEM	CHEIA
				25%	50%	75%			
MAMANGUAPE	48,4	0,09	0,47	11,0	4,40	1,20	8,39	91,2	5,77
MIRIRI	5,86	0,08	1,86	2,90	2,13	1,40	2,20	27,5	2,66
JACUÍPE	3,55	0,15	1,06	1,90	1,40	0,90	1,45	9,86	2,31
MUMBABA	8,22	0,35	1,48	2,68	1,89	1,26	2,01	5,83	4,09
NAMUABA	7,92	0,24	1,49	2,25	1,85	1,25	1,90	7,92	4,17
GRAMAME (EIXO I)	12,5	0,20	1,15	2,45	1,65	1,20	1,85	9,12	6,72
GRAMAME (EIXO II)	23,6	0,75	2,71	5,50	3,80	2,60	4,27	5,72	5,53

DISPONIBILIDADES HÍDRICAS DE SUPERFÍCIES

QUADRO 3.17

R I O	VAZÕES REGULADIRAZADAS (m ³ /s)				VOLUMES REGULARIZADORES (10 ⁶ m ³)				
	MÓDULO	0,8 \bar{Q}	0,7 \bar{Q}	0,6 \bar{Q}	0,5 \bar{Q}	P/0,8 \bar{Q}	P/0,7 \bar{Q}	P/0,6 \bar{Q}	P/0,5 \bar{Q}
MAMANGUAPE	8,39	6,71	5,87	5,03	4,20	525,0	290,0	137,0	83,0
MIRIRI	2,20	1,76	1,54	1,32	1,10	31,0	17,0	12,0	9,0
JACUIPE	1,45	1,16	1,02	0,81	0,75	9,20	6,40	3,70	1,80
MUMBABA	2,01	1,61	1,41	1,21	1,01	10,2	7,5	5,6	4,0
MANUABA	1,90	1,52	1,33	1,41	0,95	12,2	8,7	6,0	4,5
GRAMAME (EIXO I)	1,86	1,49	1,30	1,12	0,93	13,0	9,0	6,0	5,0
GRAMAME (EIXO II)	4,27	3,42	2,99	2,56	2,21	24,8	17,0	11,8	8,7

POTENCIALIDADES SUBTERRÂNEAS POR BACIA

QUADRO: 3.18

BACIA	Área da Bacia (km ²)	Área de Influência do Barreiras na bacia (km ²)	Área de Influência do Beberibe na bacia (km ²)	Variação Sazonal do Aquífero (m/ano)	Potencialidade - (km ³ /ano)
MAMANGUAPE	3.330	249	191	3	139,28
GRAMAME E AFLUENTES	605	520	249	3	239,71
MIRIRI	386	280	163	3	138,63
JACUIPE	287	158	192	3	111,86
PARAÍBA	19.308	154	301	3	149,58

POTENCIALIDADES TOTAIS NA REGIÃO

QUADRO: 3.19

	POTENCIALIDADES (10^6 m ³ /ano)		
	SUPERFÍCIE	SURTERRÂNEA	TOTAL
MAMANGUAPE	264,5	139,28	373,78
MIRIRI	69,4	138,63	208,03
JACUIPE	45,7	111,86	157,56
GRAMAME	198,0	239,71	437,71
PARAÍBA	508,0	149,58	657,58
TOTAL NA REGIÃO	1.085,6	779,06	1.834,66

Obs: Os mapas faltantes encontra-se anexo ao texto

ANEXO IV

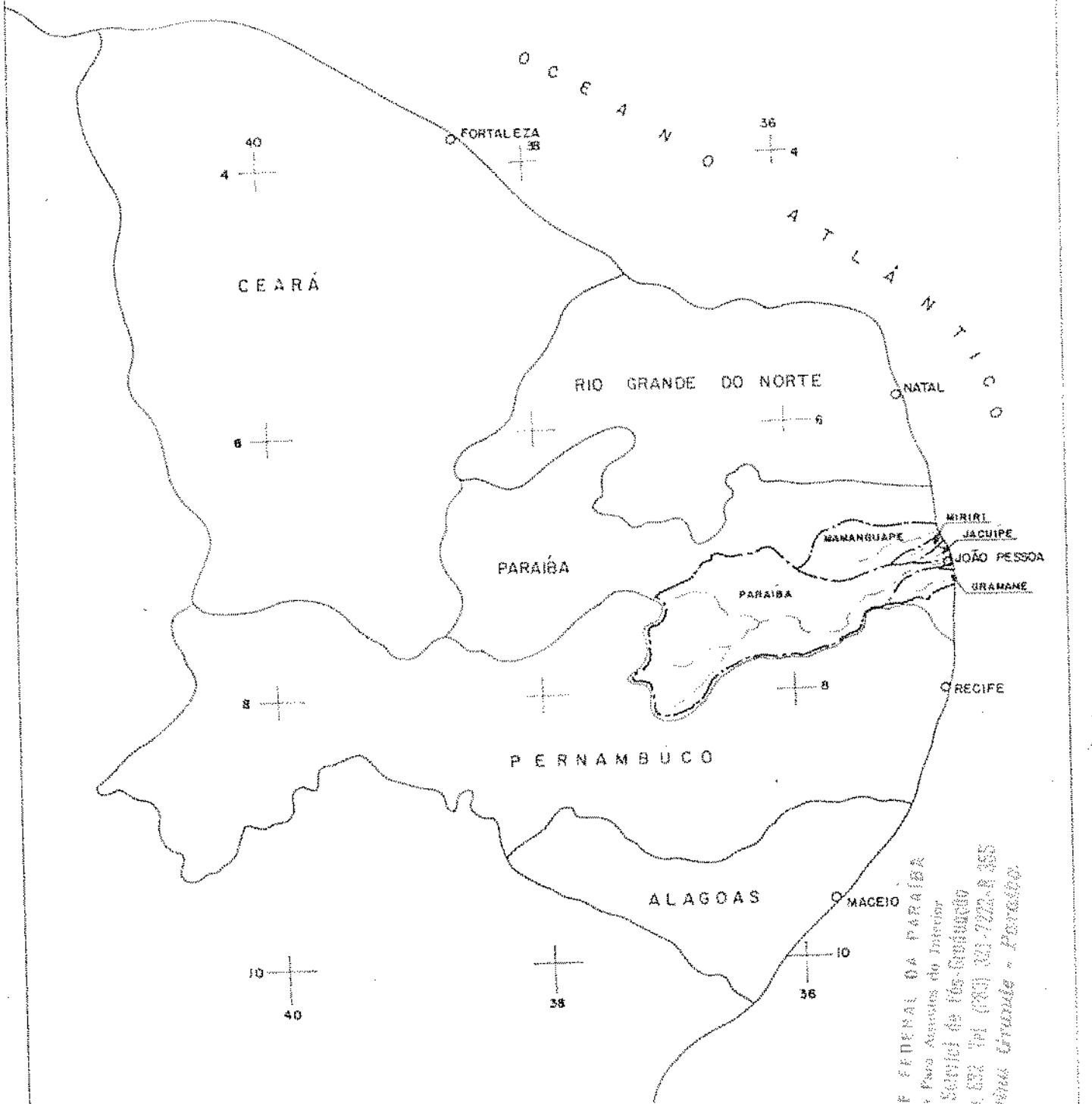
MAPAS

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



MAPA 1

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

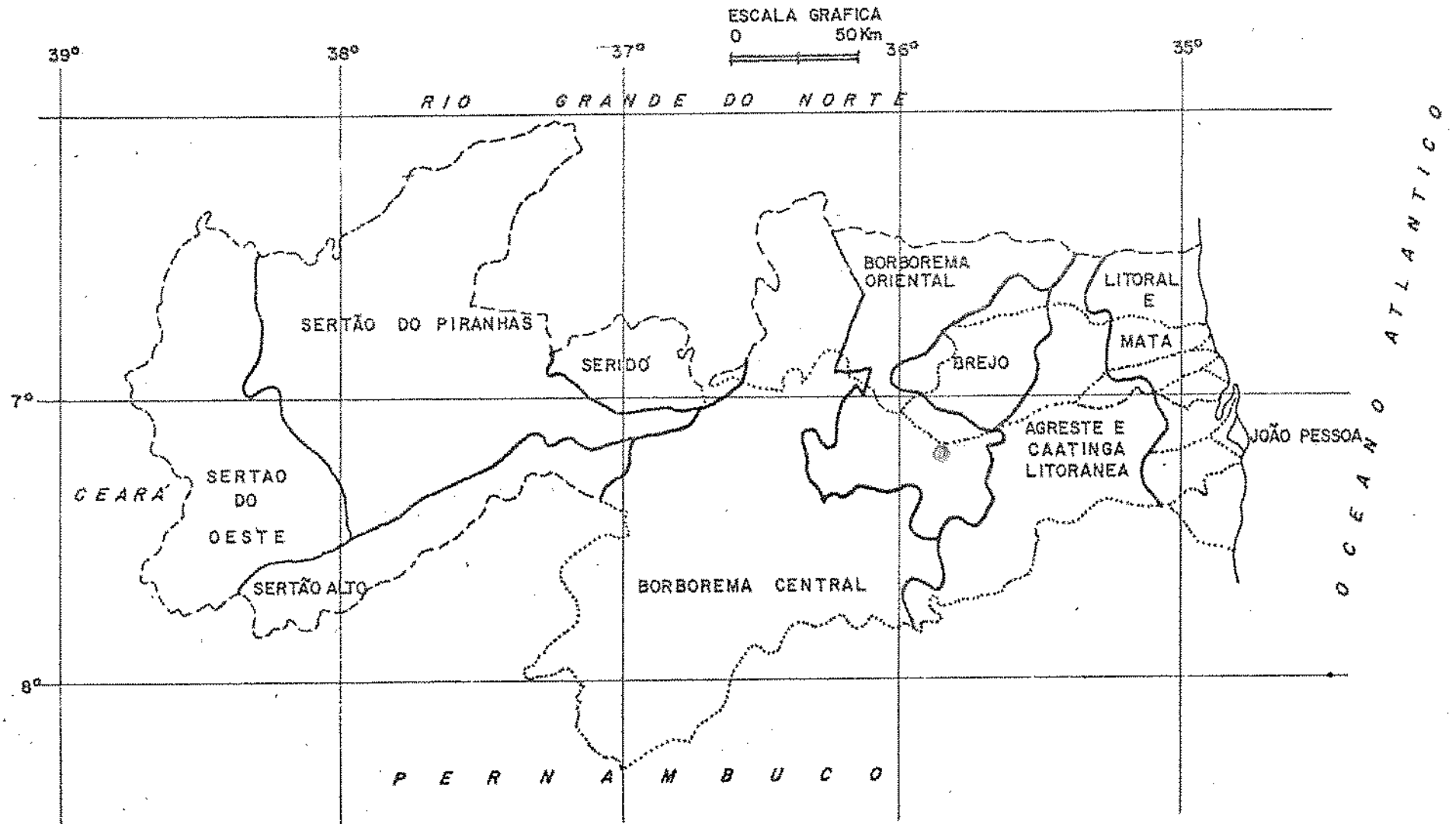


MAPA 1.1

ESCALA: 1:5.000.000

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
Instituto de Geografia e Cartografia
Cartografia e Serviço de Topografia
Rua Aprígio Veloso, 882 - Tel. (31) 331-7222 - R. 555
58.100 - Campina Grande - Paraíba

ZONAS FISIOGRAFICAS DA PARAIBA



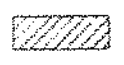
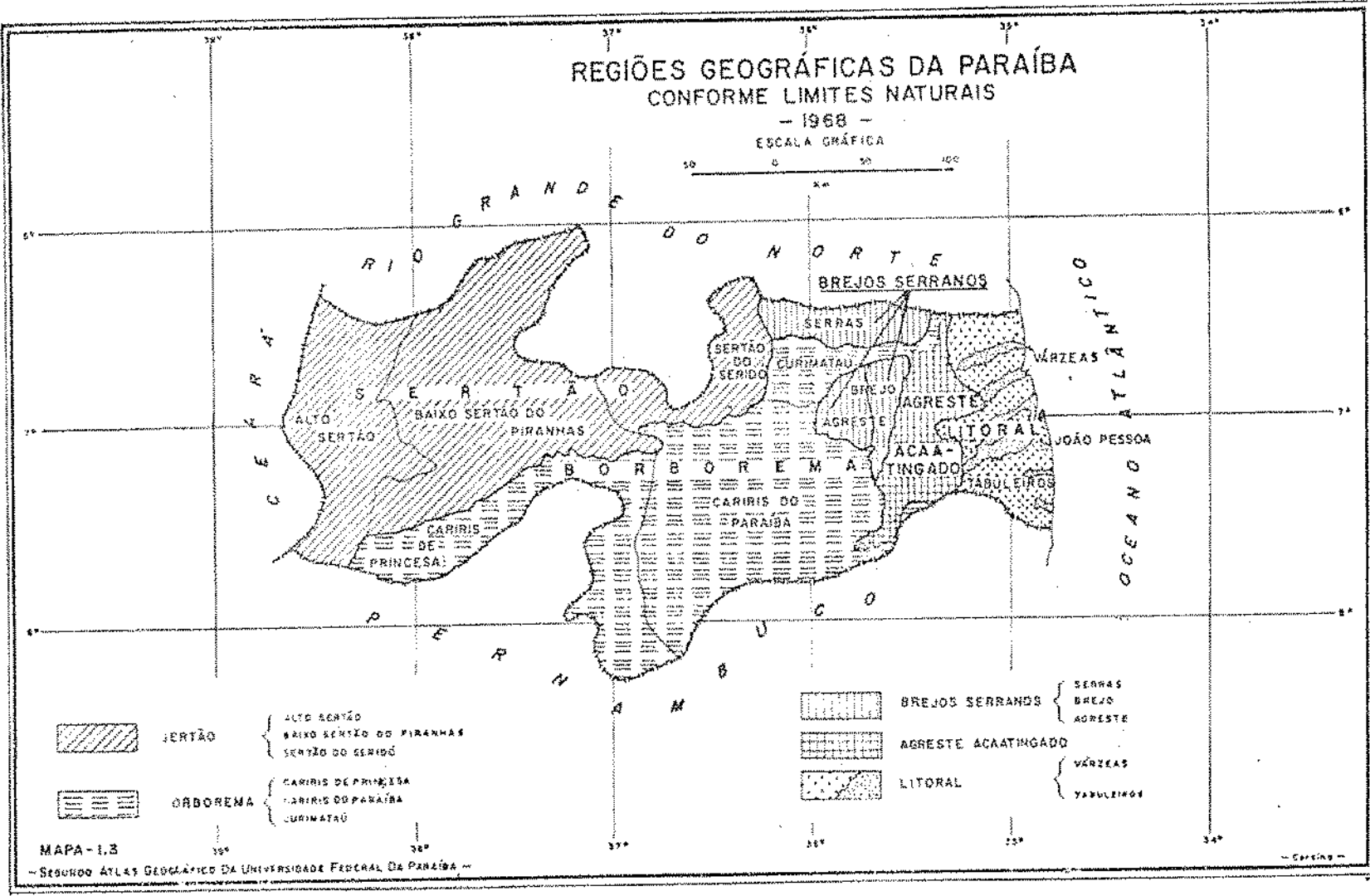
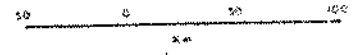
MAPA - 1.2

FONTE - PLIRINE

REGIÕES GEOGRÁFICAS DA PARAÍBA CONFORME LIMITES NATURAIS

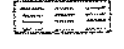
- 1968 -

ESCALA GRÁFICA



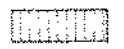
SERTÃO

- ALTO SERTÃO
- BAIXO SERTÃO DO PIRANHAS
- SERTÃO DO SERIDÓ



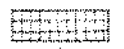
ORBOREMA

- CARIRIS DE PRINCESA
- CARIRIS DO PARAÍBA
- CURIMATÁ

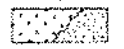


BREJOS SERRANOS

- SERRAS
- BREJO
- AGRESTE



AGRESTE ACAATINGADO



LITORAL

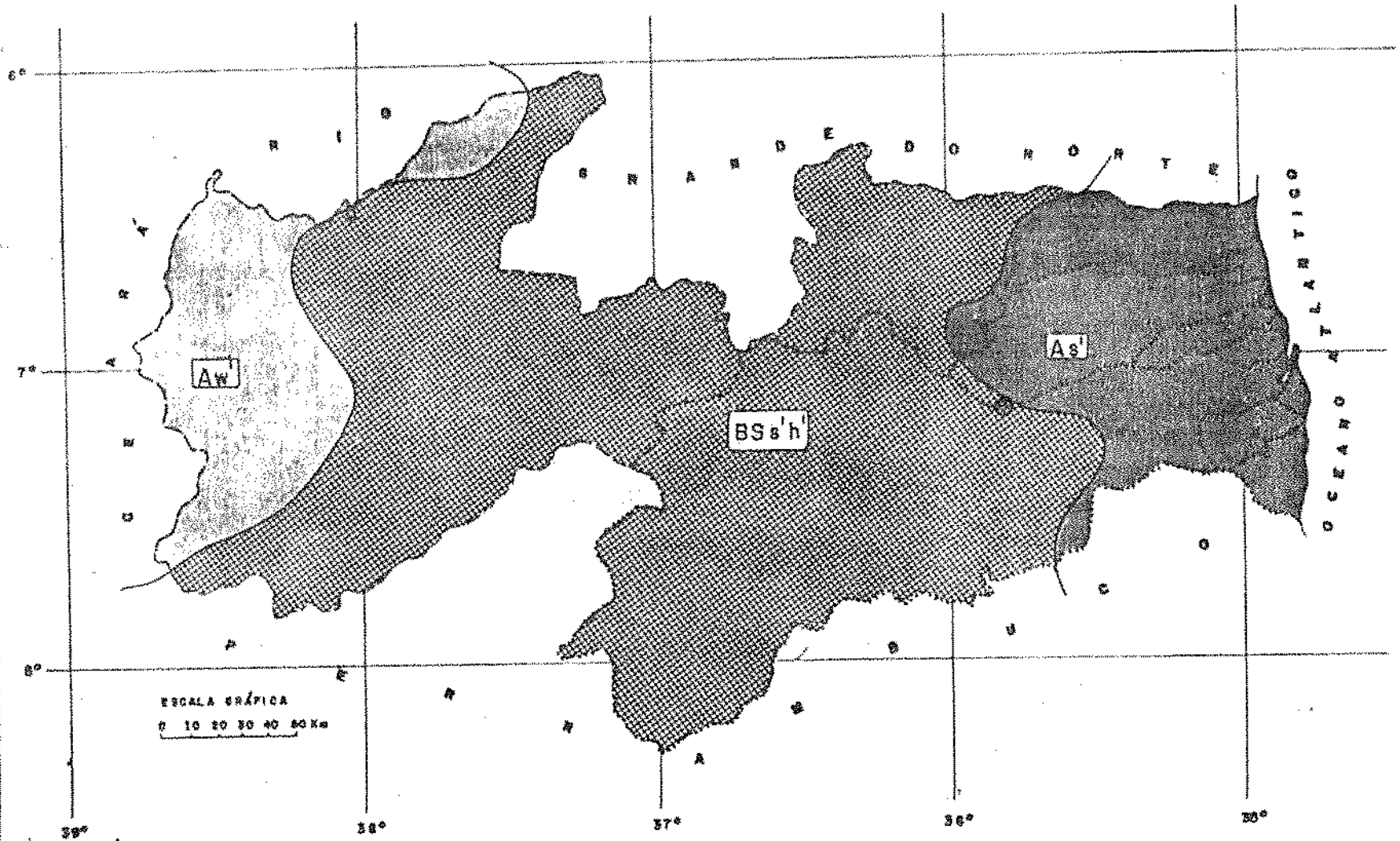
- VÁRZEAS
- TABULEIROS

MAPA-1.3

- SEGUNDO ATLAS GEOGRÁFICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA -

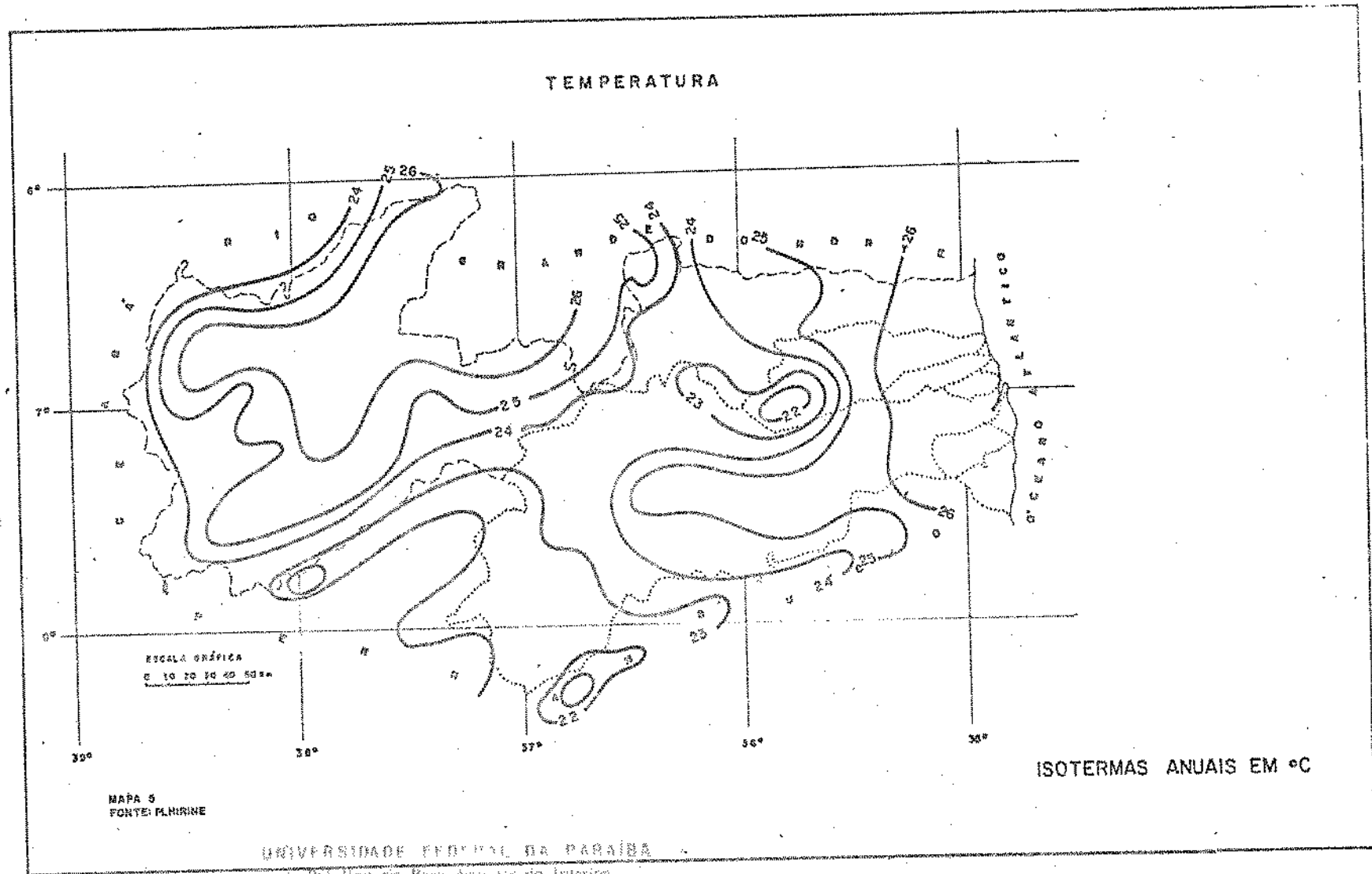
- COPICOM -

CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN



MAPA 4
FONTE: PLHIRINE

TEMPERATURA



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARANÁ

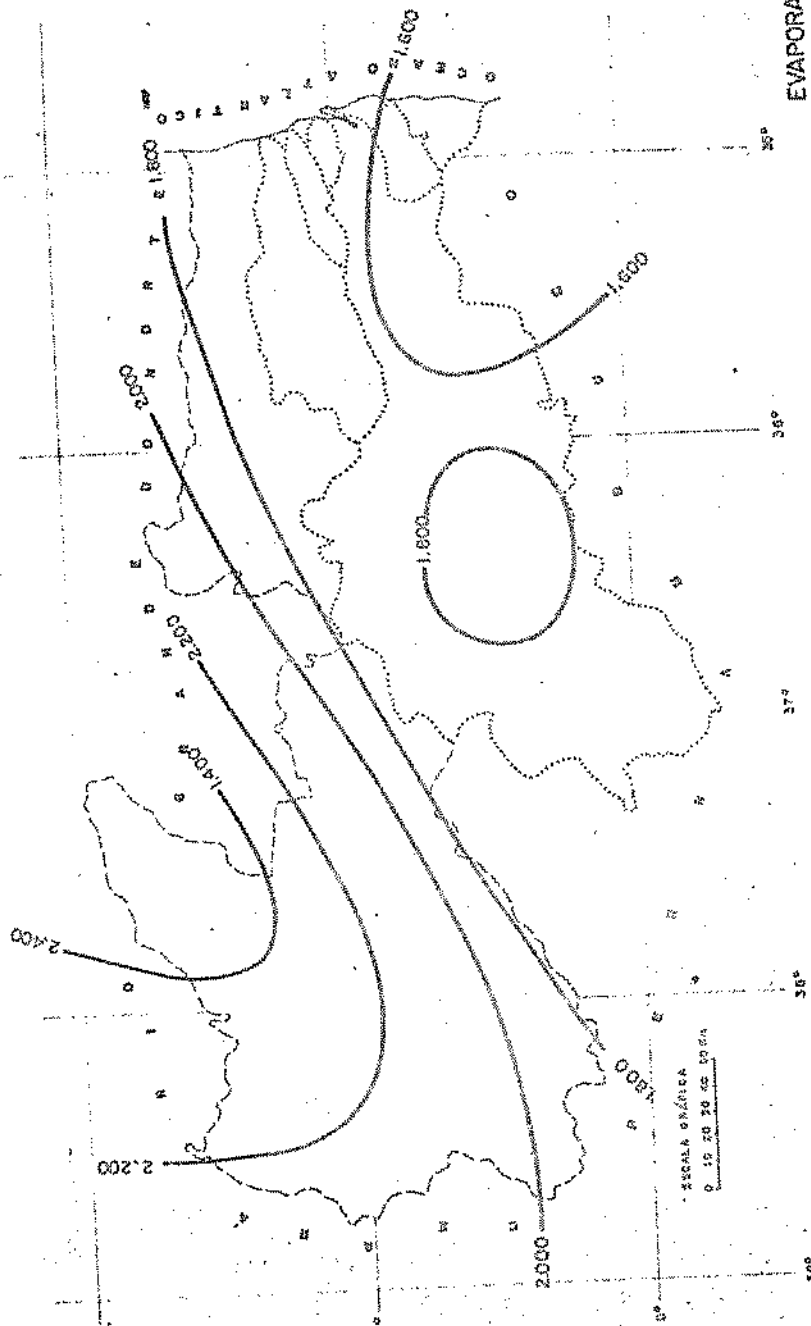
Fig. - Instituto Para Análises do Interior

Coordenação Estatística de Pós-Graduação

Rua Aprígio Veloso, 882 Tel (083) 321-7222-R 355

58.100 - Campus Grande - Paraná

83-PR-14-0005/78



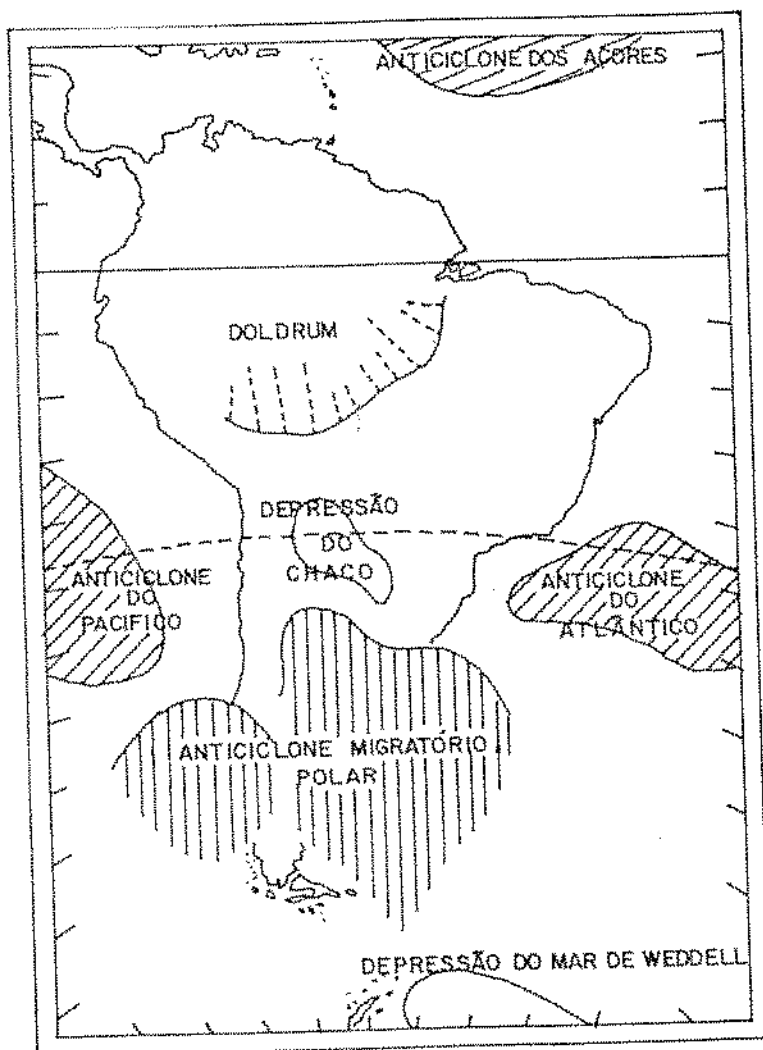
EVAPORAÇÃO POTENCIAL ANUAL
EM MM
MARANHÃO

ESCALA GRÁFICA
0 20 40 60 80 100

1:500.000

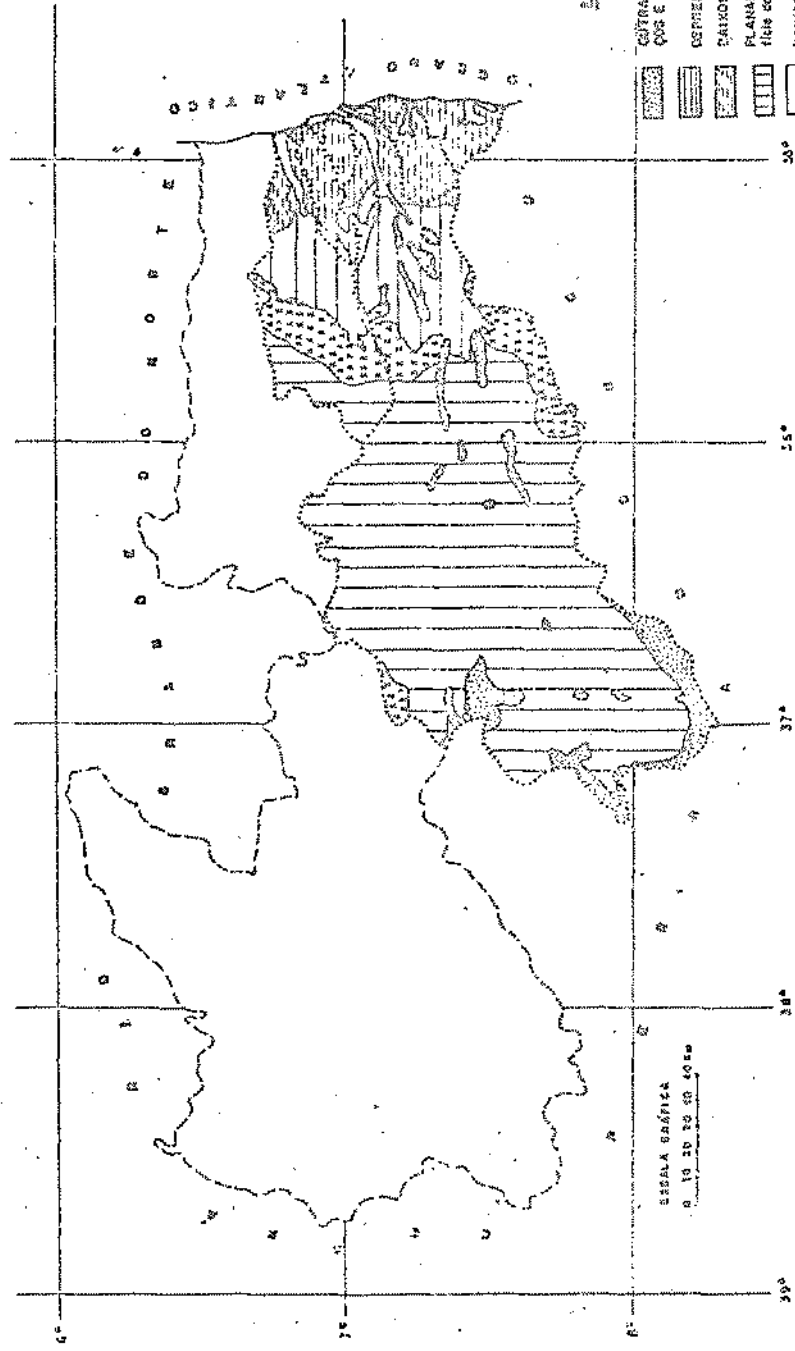
CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA NA AMÉRICA DO SUL

OS CENTROS DE AÇÃO



MAPA 7
FONTE: F. IBGE

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS DA ÁREA EM ESTUDO



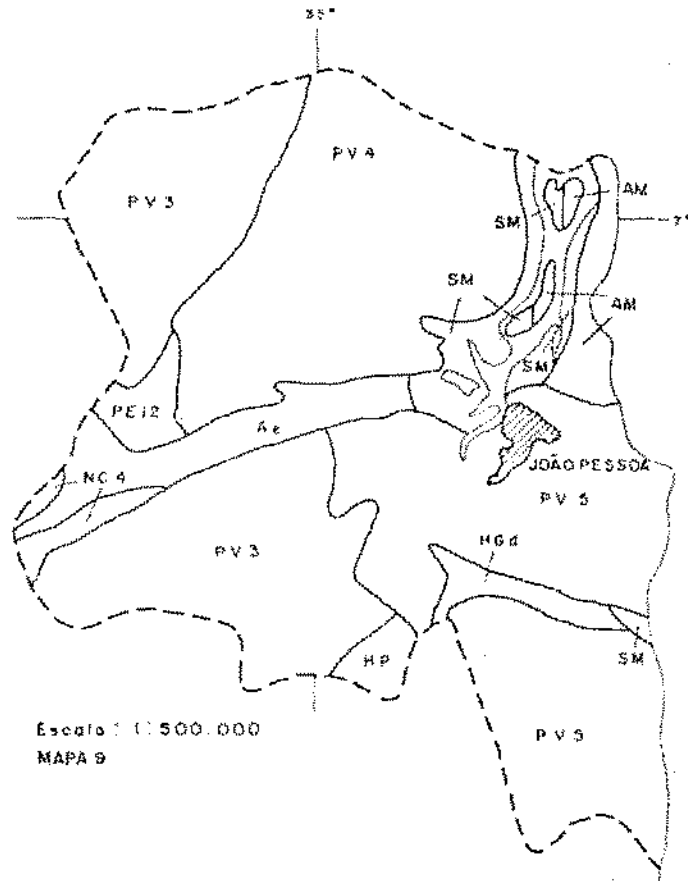
LEGENDA

- ALTAS ÁREAS, CORTA-LINHAS, ELÉVACÕES-RELIÉFOS EACI-
COS E MONTANHAS (incluindo áreas arredoadas de montes)
- CORREDOR QUELITONANZ (traçado sobre o planalto e planície)
- BAIXOS PLATÓS - TABULETOS (Denúncia do relevo planáltico)
- PLANALTO DA BORBOREMA (superfície de planalto ou espe-
cificamente do crato - Denúncia do relevo suave embaixo à rede
R60)
- BAIXADA LITORAL (Relevo plano)
- PLANALTO DA BORBOREMA (relevo do planalto - Denúncia
do relevo forte arredoadado e montanhoso)

ESCALA GRÁFICA
0 10 20 30 40 km

MAPA DE
FORTE-PILARRE

MAPA DE SOLOS

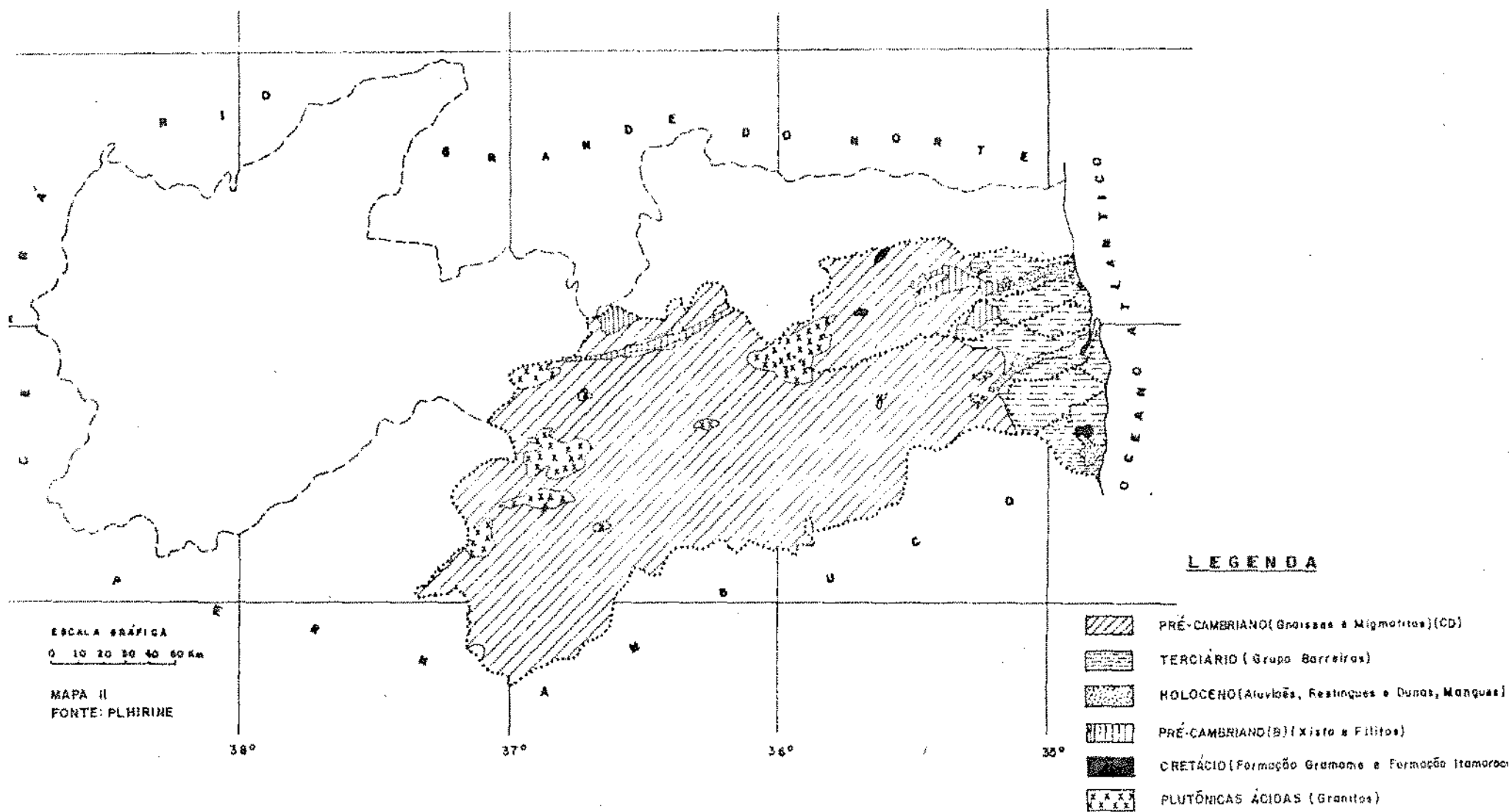


LEGENDA

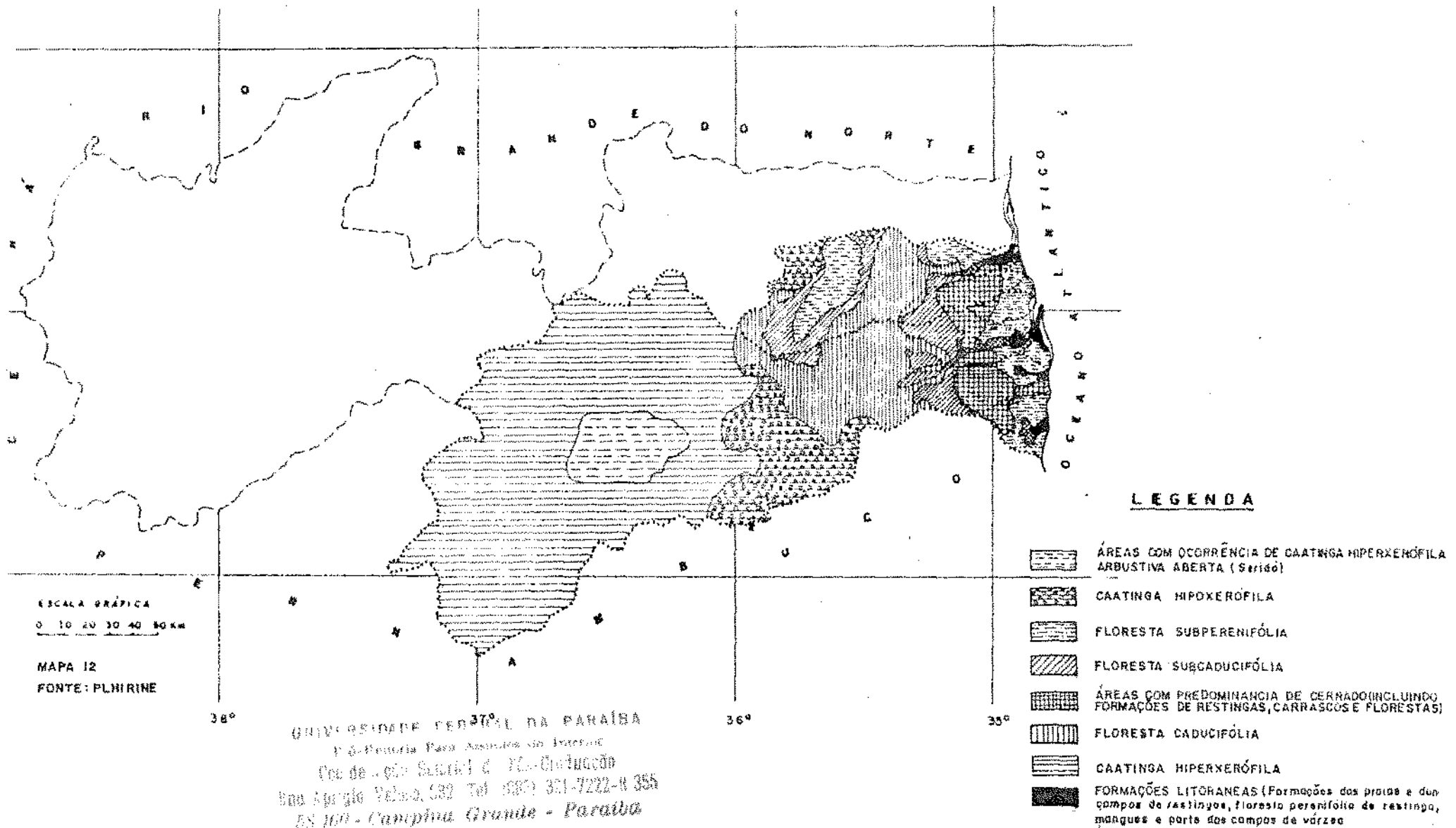
<p>HP Associação de: PODZOL HIDROMÓRFICO fase cerrada relevo plano e LATOSOL VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO textura média fase cerrada relevo plano.</p> <p>SOLOS POUCO DESENVOLVIDOS (NÃO HIDROMÓRFICOS).</p>	<p>PV3 Associação de: PODZÓLICO VERMELHO AMARELO variação ACINZENTADA com fragipans textura indiscriminada fase cerrada relevo plano e PODZOL HIDROMÓRFICO fase cerrada relevo plano.</p>
<p>NC4 Associação de: BAUNO NÃO CÁLCICO planossólico fase floresta caducifólia relevo suave ondulado e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS com A moderada textura média fase pedregosa floresta caducifólia relevo ondulado substrato quartzite e granito e PLANO-SOL SOLODICO com A trace fase floresta caducifólia relevo suave ondulado.</p>	<p>PV4 Associação de: PODZÓLICO VERMELHO AMARELO com fragipans textura média fase transição floresta subperenifólia/cerrado relevo plano e PODZÓLICO VERMELHO AMARELO latossólico textura média fase floresta subperenifólia relevo plano e PODZOL HIDROMÓRFICO fase cerrada relevo plano.</p>
<p>PE12 Associação de: PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EQUIVALENTE EUTRÓFICO com A pipemimento textura argilosa fase floresta subcaducifólia relevo ondulado e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS com A moderada textura média fase pedregosa floresta subcaducifólia relevo ondulado substrato quartzite e granito.</p>	<p>PV5 Associação de: PODZÓLICO VERMELHO AMARELO latossólico textura média fase floresta subperenifólia relevo plano e LATOSOL VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO textura média fase transição floresta subperenifólia/cerrado relevo plano e PODZOL HIDROMÓRFICO fase cerrada relevo plano.</p>

FONTE: Mapa Exploratório - Reconhecimento de Solos
Estado do Paraíba
MINTER - SUDENE
1971

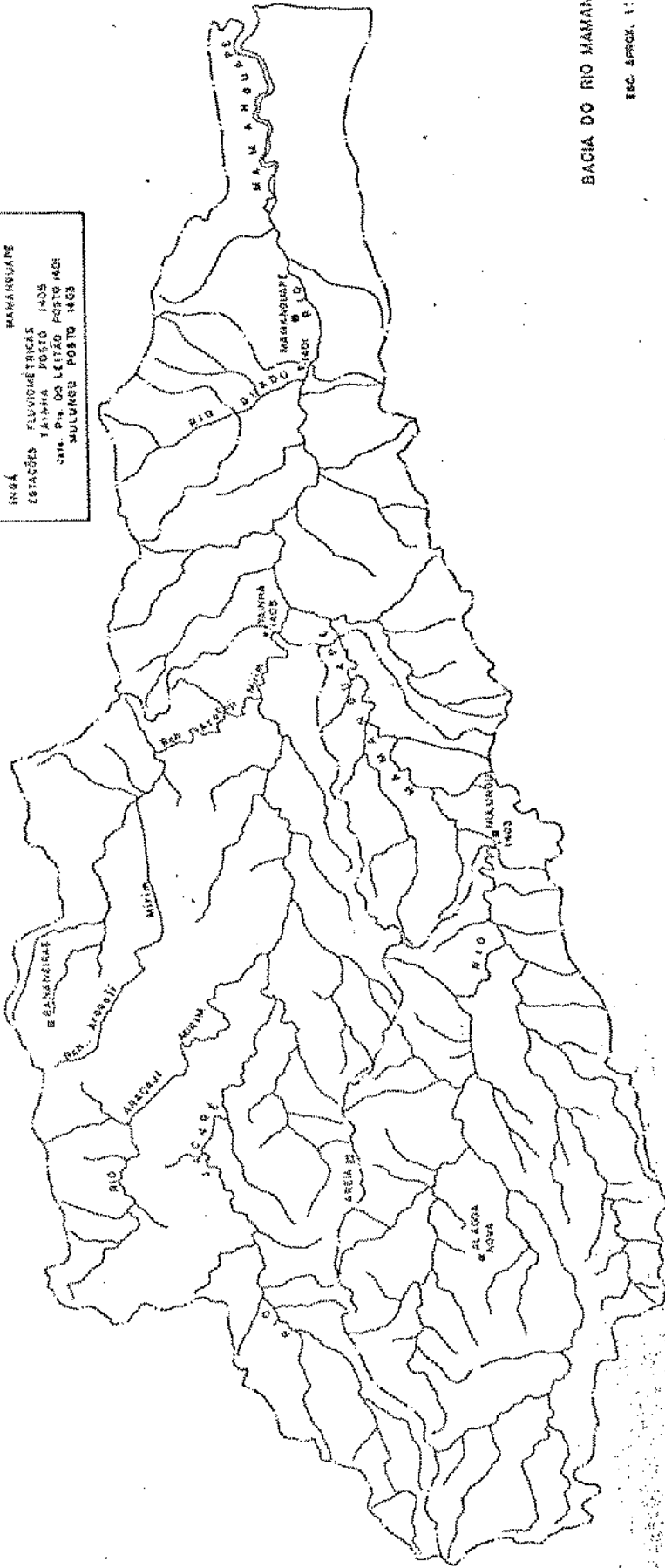
ASPECTOS GEOLÓGICOS DA ÁREA EM ESTUDO



CORBERTURA VEGETAL DA ÁREA EM ESTUDO



ESTACIÃO PLUVIOMÉTRICAS	
CAMPINA GRANDE	PICINHO
ESPERANÇAS	ÁREA
ALCOA NOVA	MULUNGU
INÁ	MAMANGUAPE
ESTACIÕES FLUVIOMÉTRICAS	
JANUA POSTO 1403	
JUN. DO LITÃO POSTO 1481	
MULUNGU POSTO 1403	



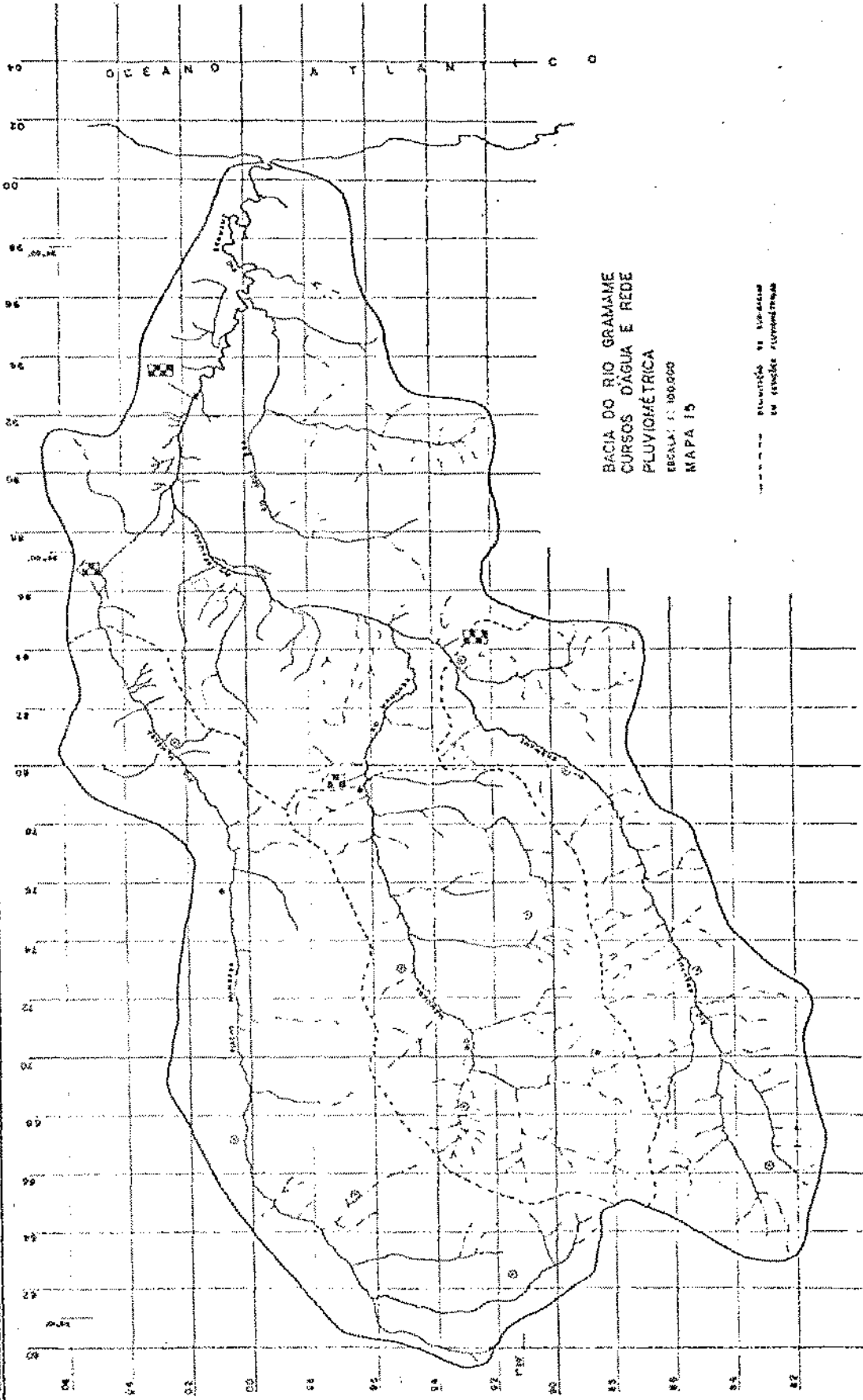
BACIA DO RIO MAMANGUAPE

ESC. APROX. 1:250000

MAPA 14

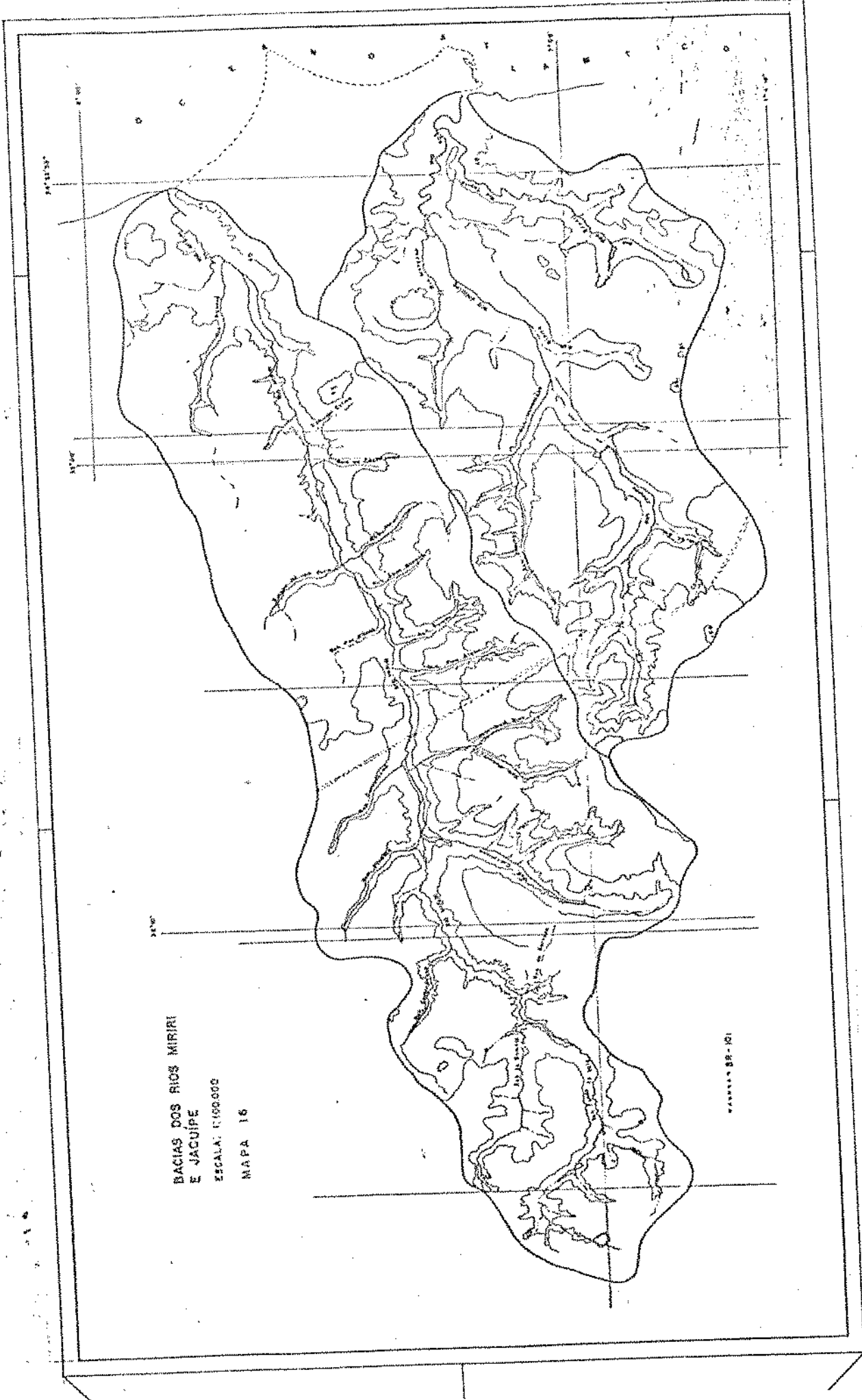
CAMPINA GRANDE

PLUVIOMETRIA
 PISTA LIMBOZADA
 PISTA LIMBOZADA
 CLIMATOLOGIA
 PISTA PLUVIOMETRICA
 PISTA PLUVIOMETRICA



BACIA DO RIO GRAMAME
 CURSOS D'AGUA E REDE
 PLUVIOMETRICA
 ESCALA: 1:100.000
 MAPA 15

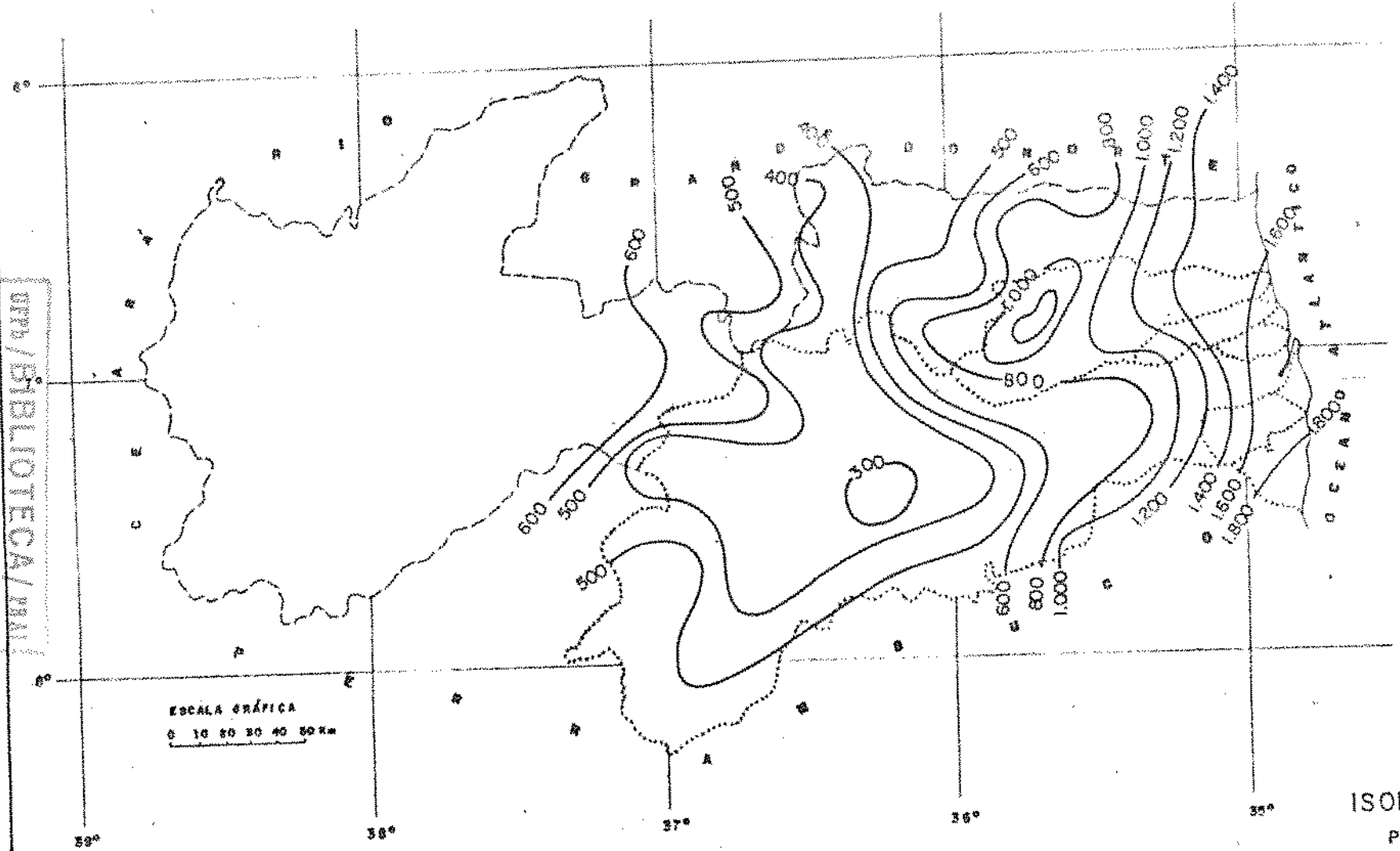
PLUVIOMETRIA
 CLIMATOLOGIA



BACIAS DOS RIOS MIRIRI
E JACUIPE
ESCALA: 1:150.000
MAPA 16

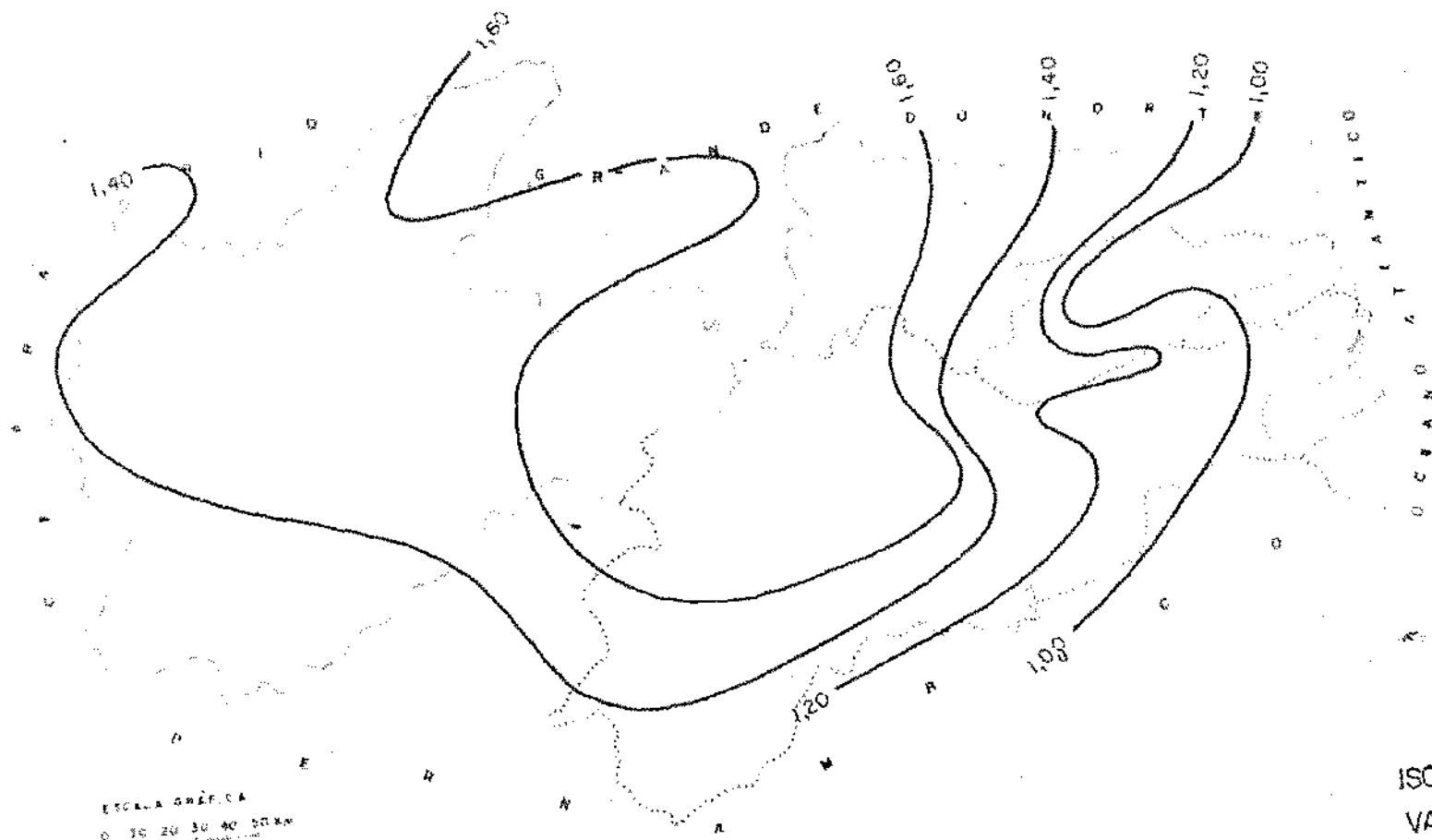
101

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
BIBLIOTECA/MAL



ESCALA GRÁFICA
0 10 20 30 40 50 Km

ISOIETAS ANUAIS
PERÍODO 1912/1958
ESCALA 1:2.500.000
MAPA 17

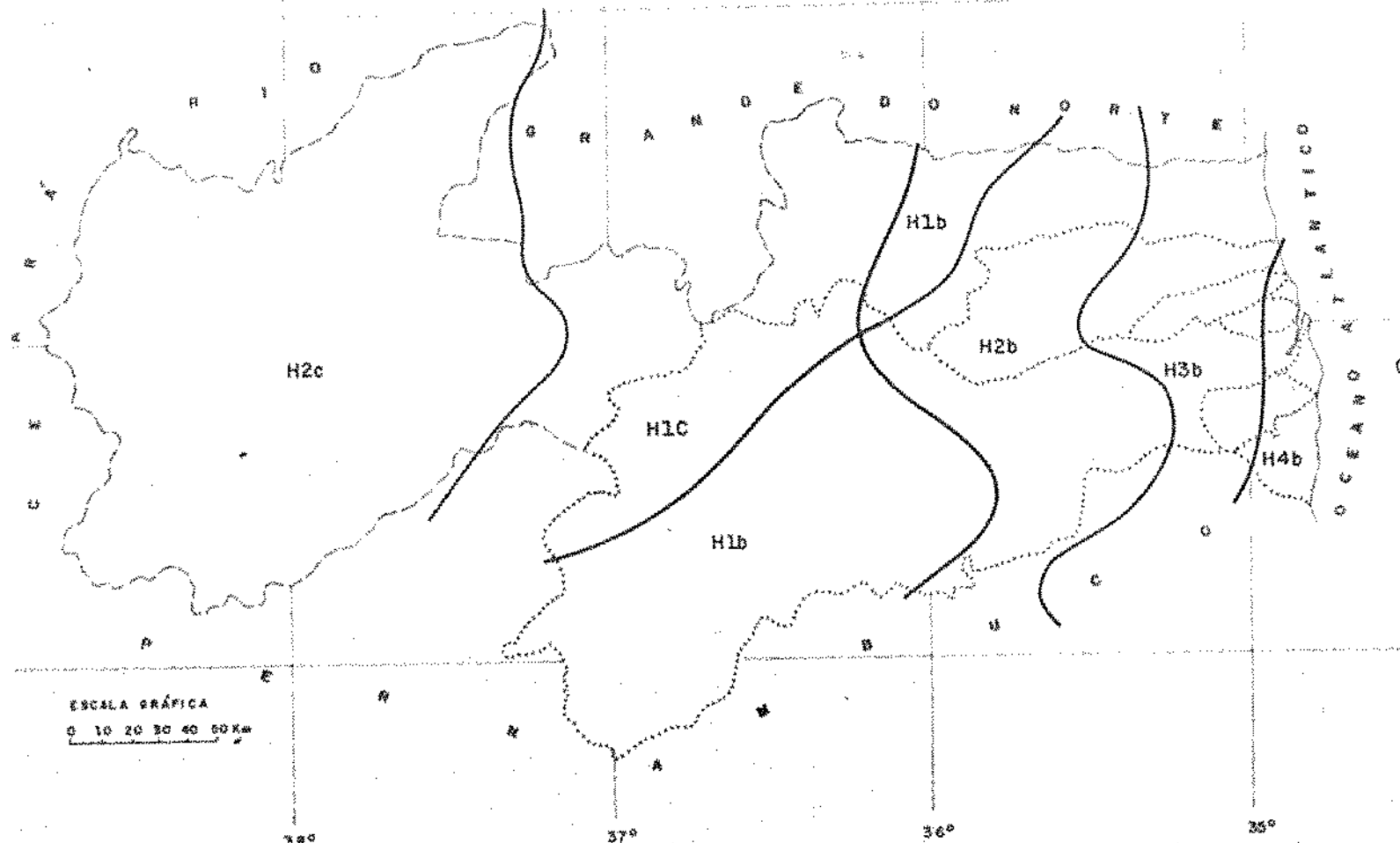


ESCALA GRÉGA
0 10 20 30 40 50 KM

ISOLINHAS DOS COEFICIENTES DE
VARIÇÃO DAS SÉRIES PLUVIOMÉ-
TRICAS MENSAS
PERÍODO BASE-1912/1958

36° 37° 36°
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
Instituto de Geografia e Estatística
Coordenação Setorial de Pós-Graduação
Rua Aprígio Veloso, 882 - Tel (083) 321-7222-R 355
58.100 - Campina Grande - Paraíba

MAPA 18



CLASSES DE PRECIPITAÇÕES ANUAIS

- H1 ————— H < 600 mm
- H2 ————— 600 < H < 1.000 mm
- H3 ————— 1.000 < H < 1.600 mm
- H4 ————— H > 1.600 mm

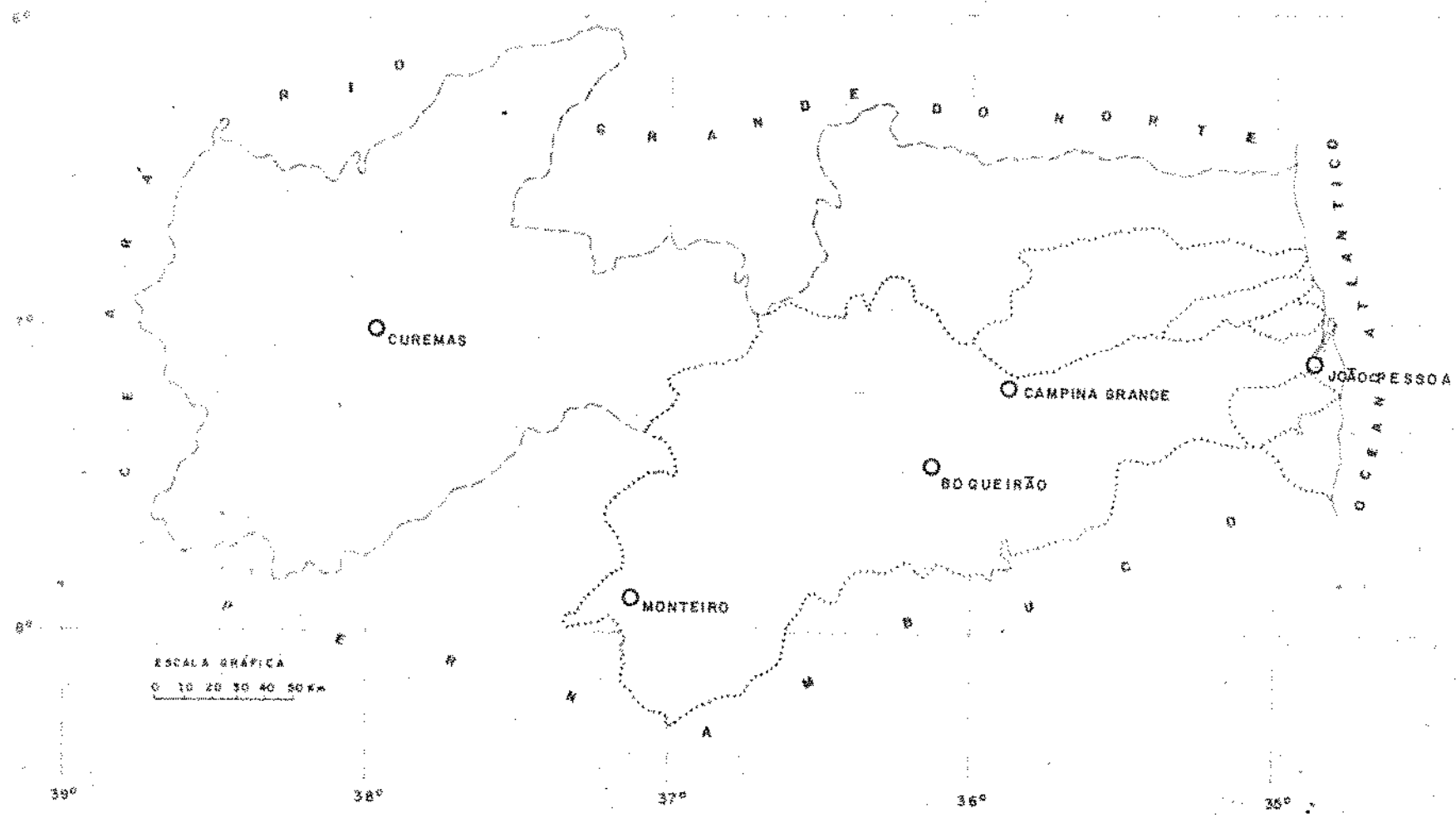
CLASSE DO % DE CHUVA NO TRIMESTRE MAIS ÚMIDO

- H1c — CONCENTRAÇÃO < 40%
- H2b — 40% < CONCENTRAÇÃO < 60%
- H3b — CONCENTRAÇÃO > 60%

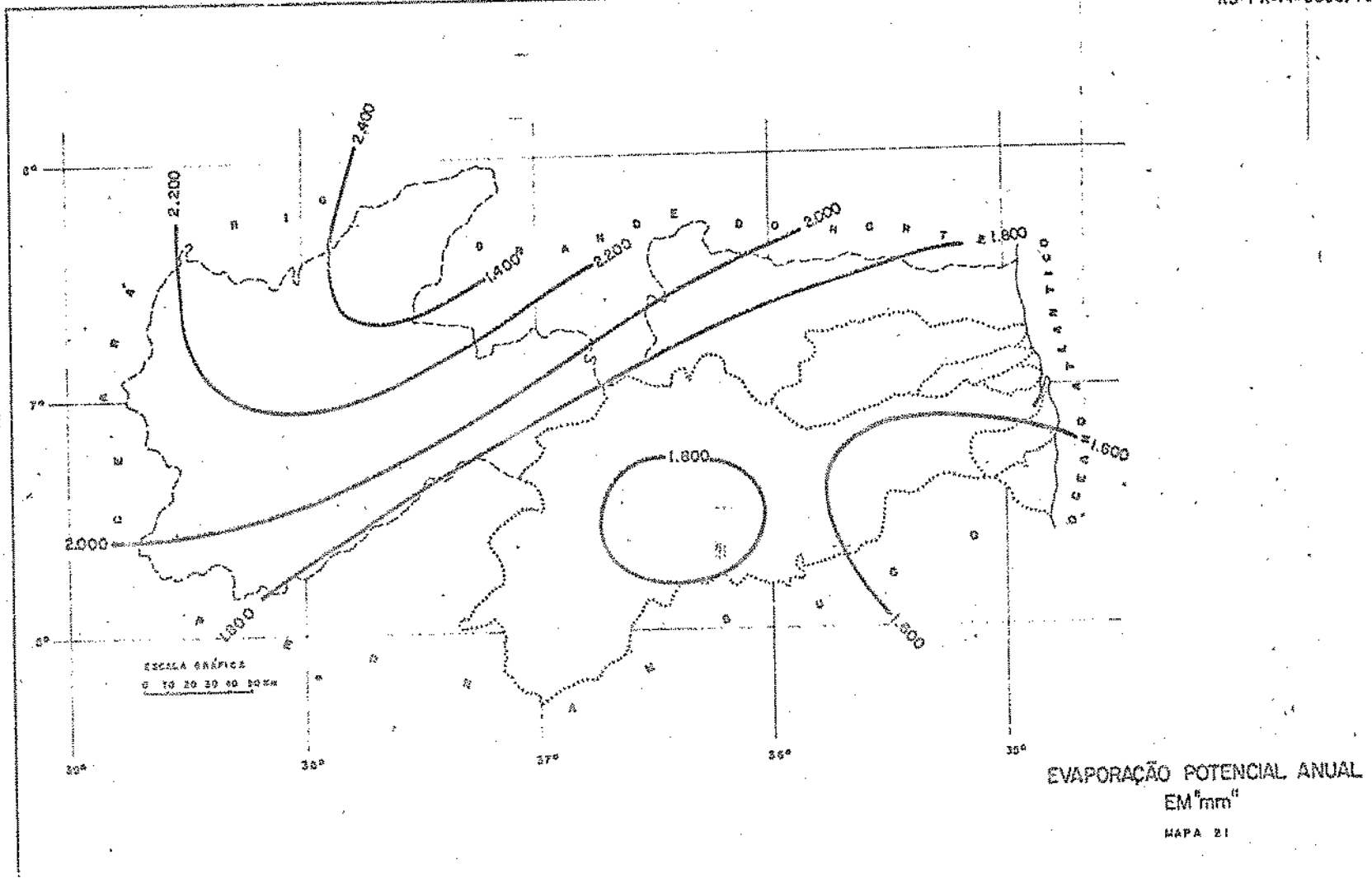
ESCALA GRÁFICA
0 10 20 30 40 50 KM

ZONAS HOMOGÊNEAS DE PRECIPITAÇÃO

REDE EVAPORIMÉTRICA BÁSICA

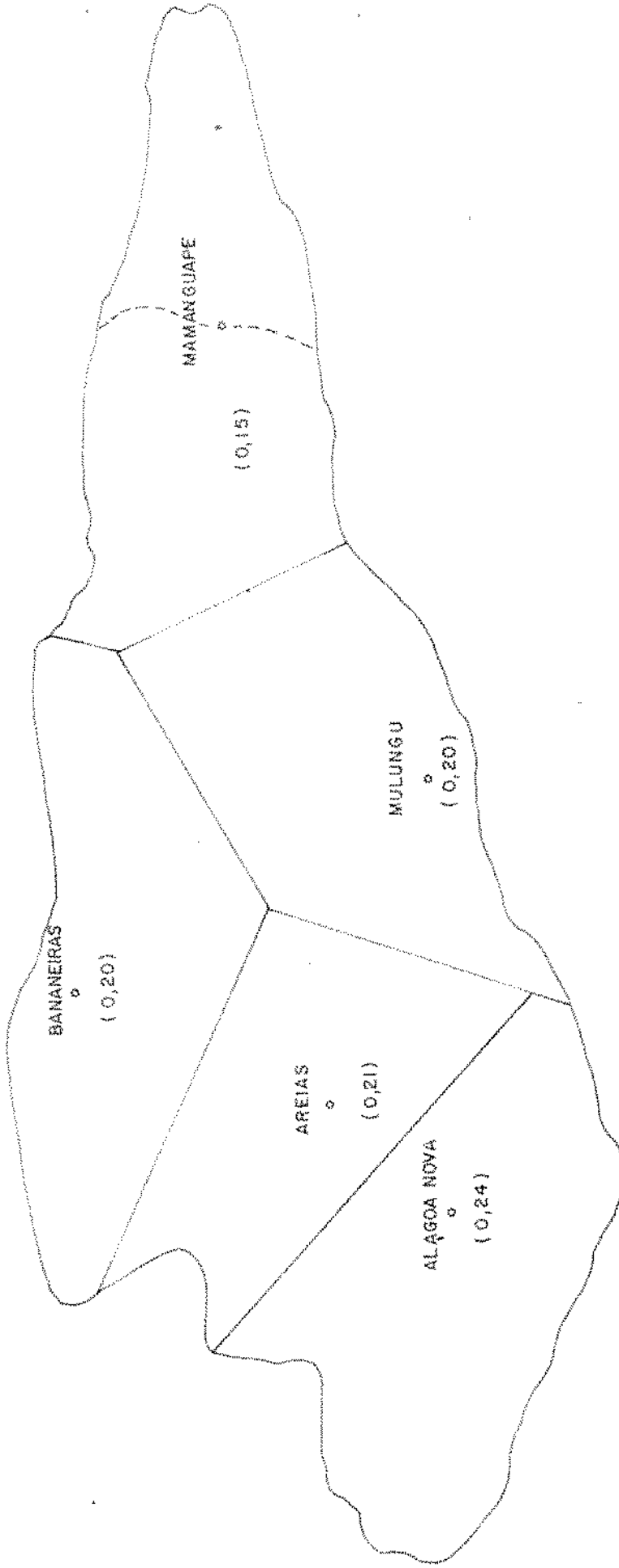


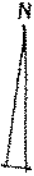
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
 Instituto de Física
 Caixa Postal 20.539 - Maracanã - Rio de Janeiro - RJ
 Tel. (21) 251-2222 - 2222-4355



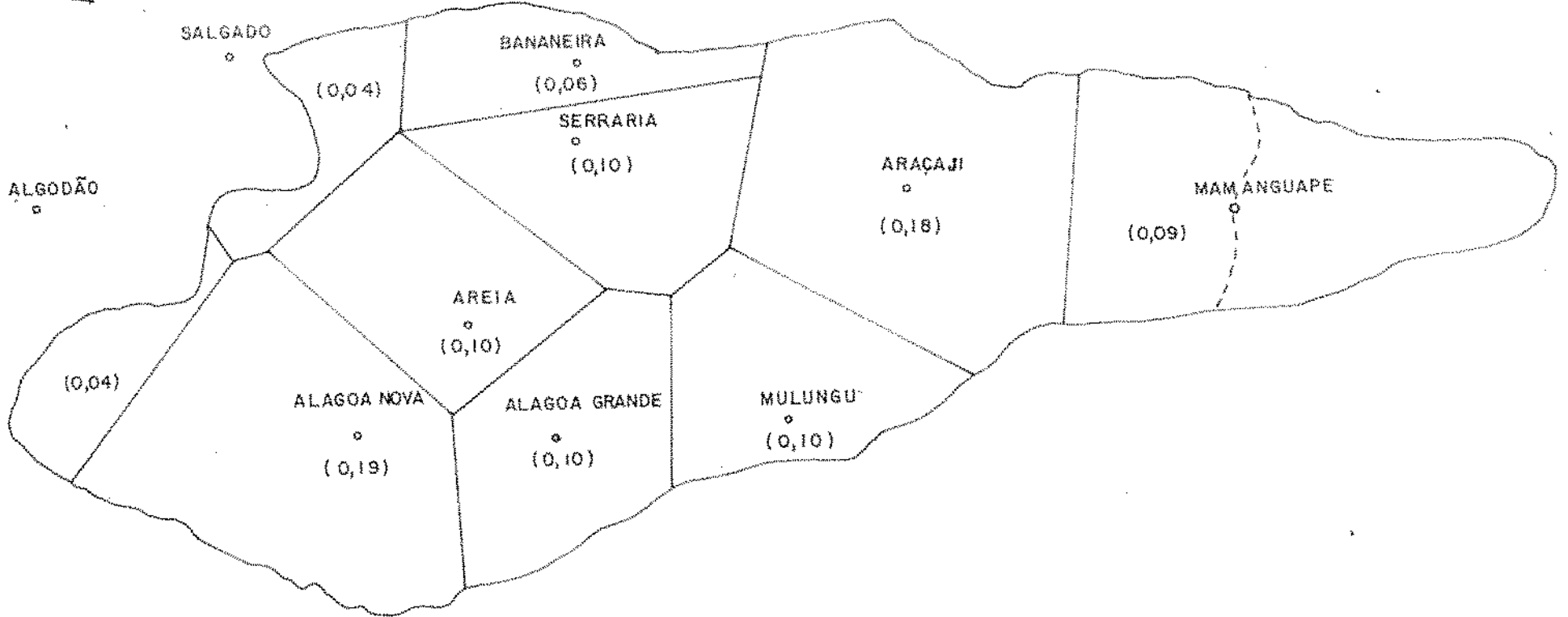
EVAPORAÇÃO POTENCIAL ANUAL
EM "mm"
MAPA 21

REDE DE THIESSEN
BACIA MAMANGUAPE - PERÍODO 1930/1974





REDE DE THIESSEN
BACIA MAMANGUAPE - PERÍODO 1970/1974

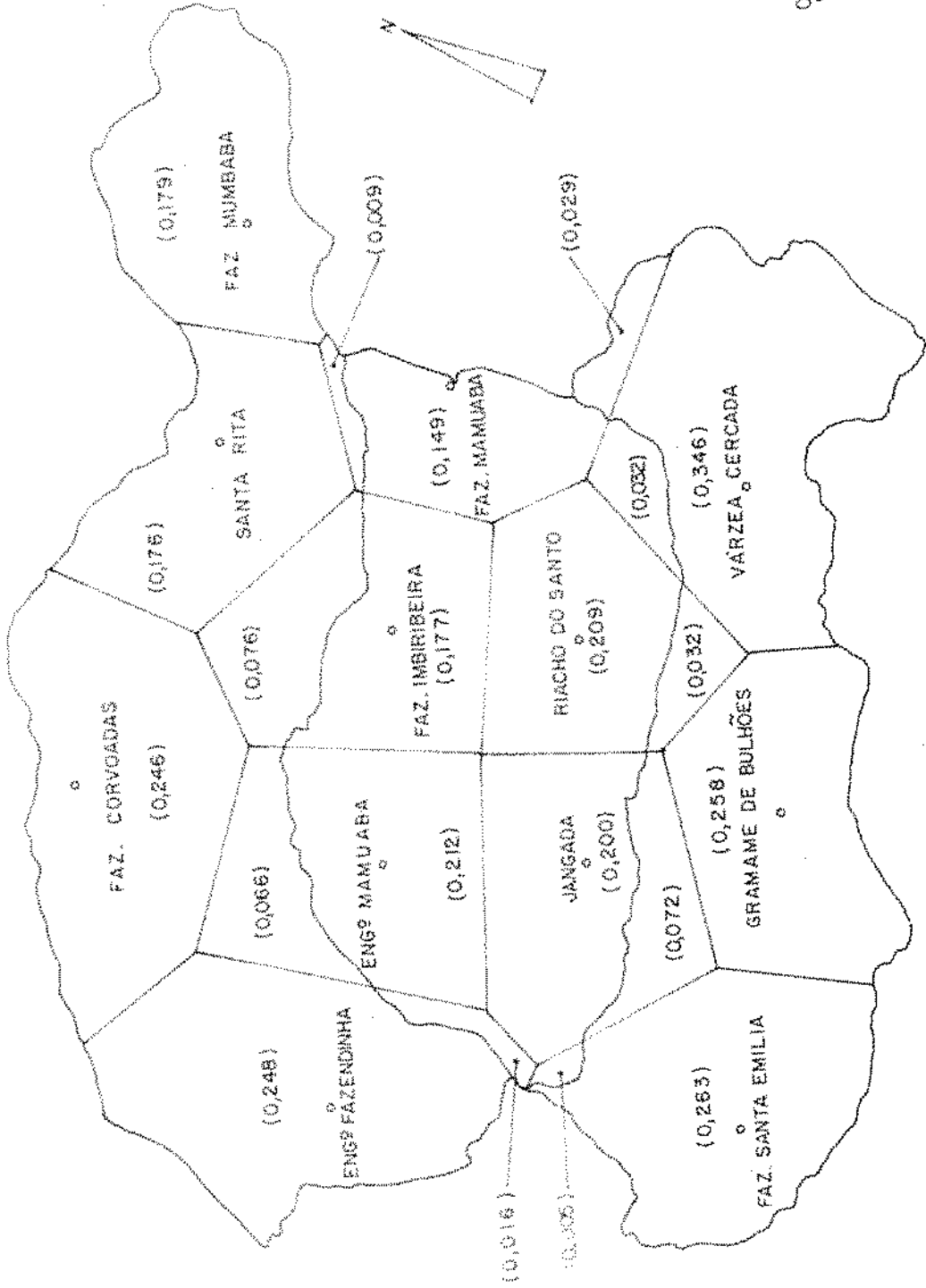


ESC: 1:500.000

MAPA 23

REDE DE THIESSEN

BACIAS: NUMBABA, MAMUABA E GRAMAME- PERÍODO 1972/1974



ESC. GRAFICA

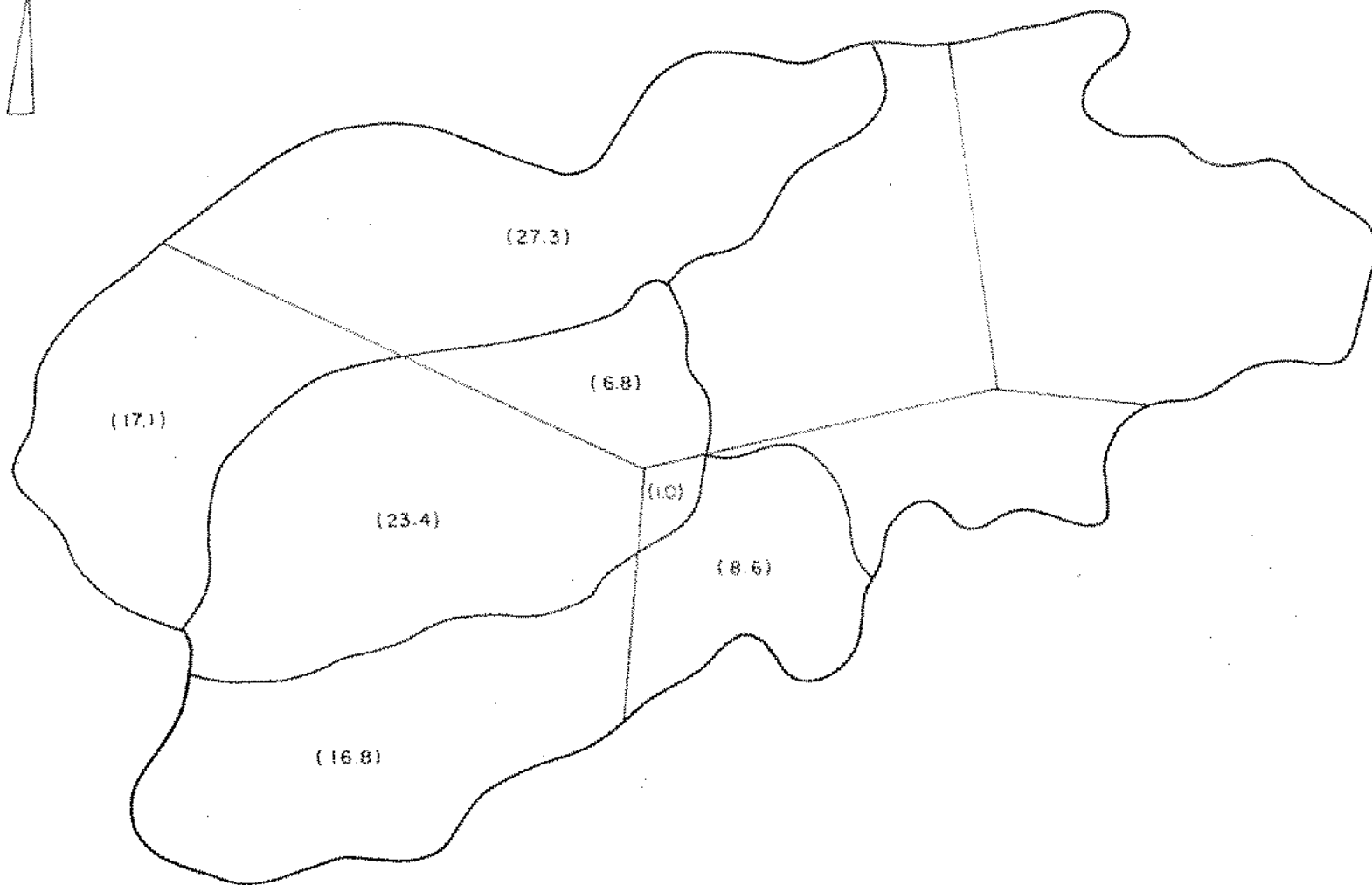
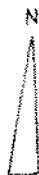
MAPA 24

REDE DE THIESSEN

1930/1974
BACIAS: MUMBABA, MAMUABA E GRAMAME - PERÍODO 1922/1974

JOÃO PESSOA

STA. RITA



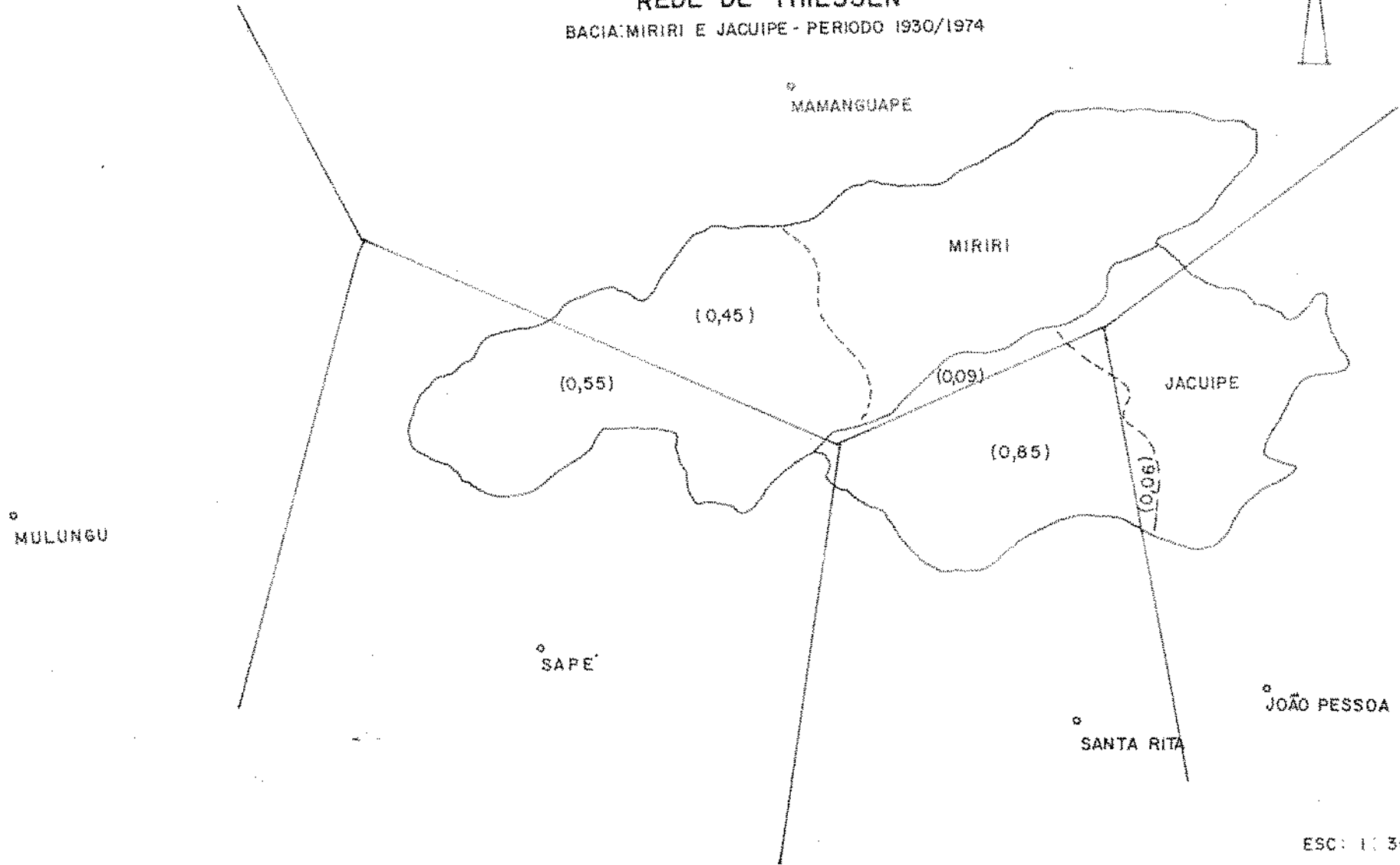
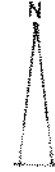
TAMBE

ALHANDRA

ESC. 1:200.000

MAPA 25

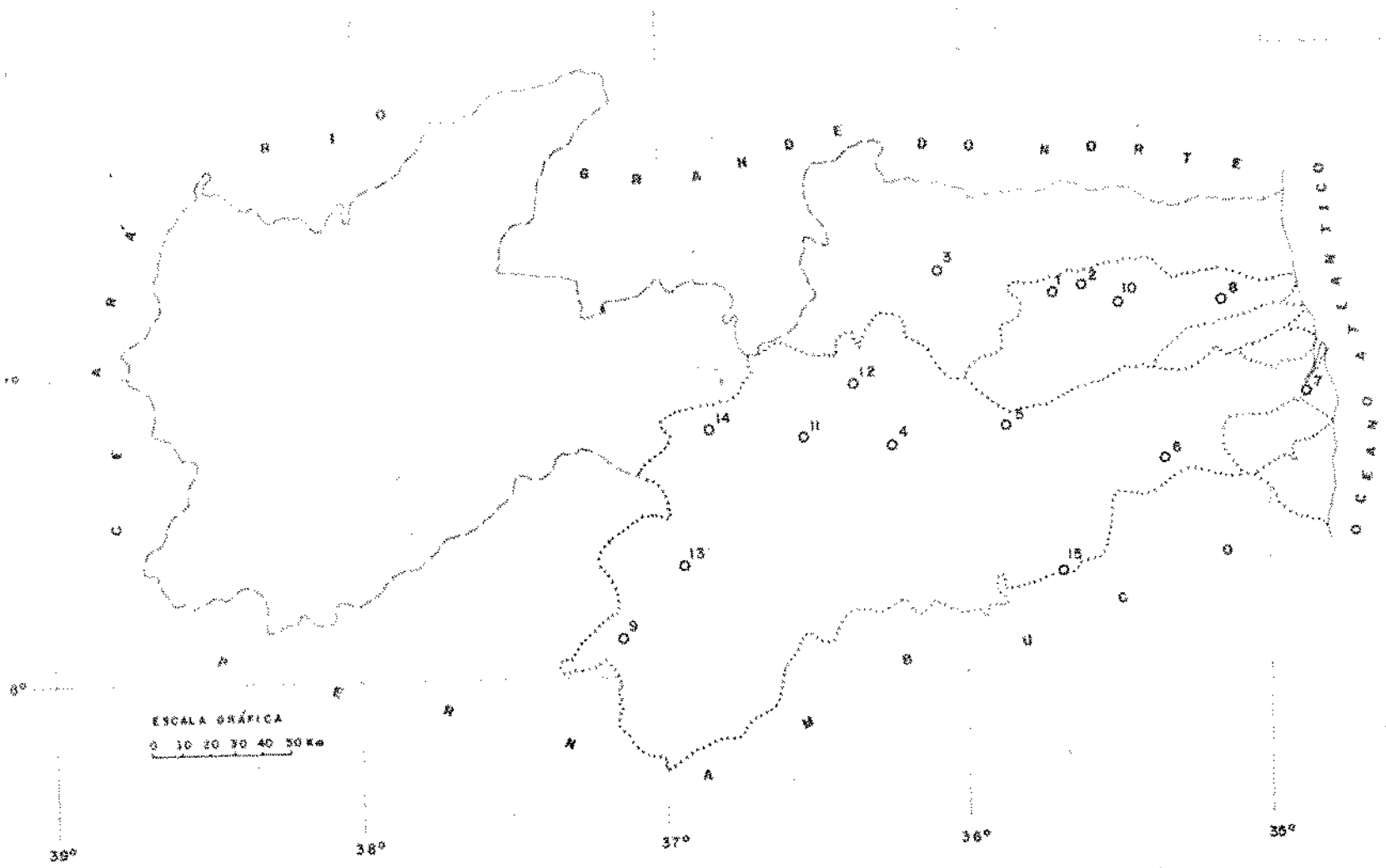
REDE DE THIESSEN
BACIA: MIRIRI E JACUIPE - PERIODO 1930/1974



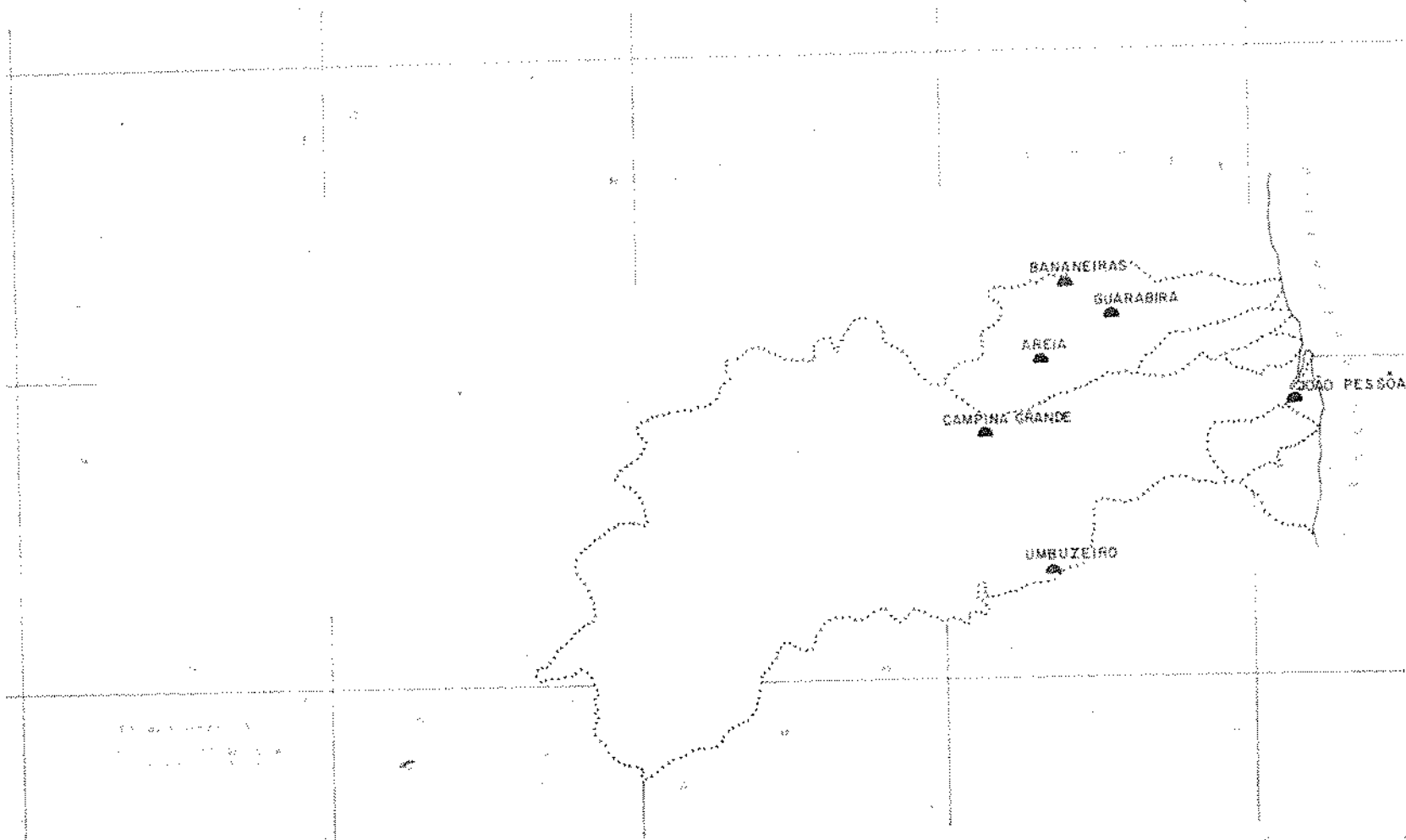
ESC: 1 : 300.000

MAPA 26

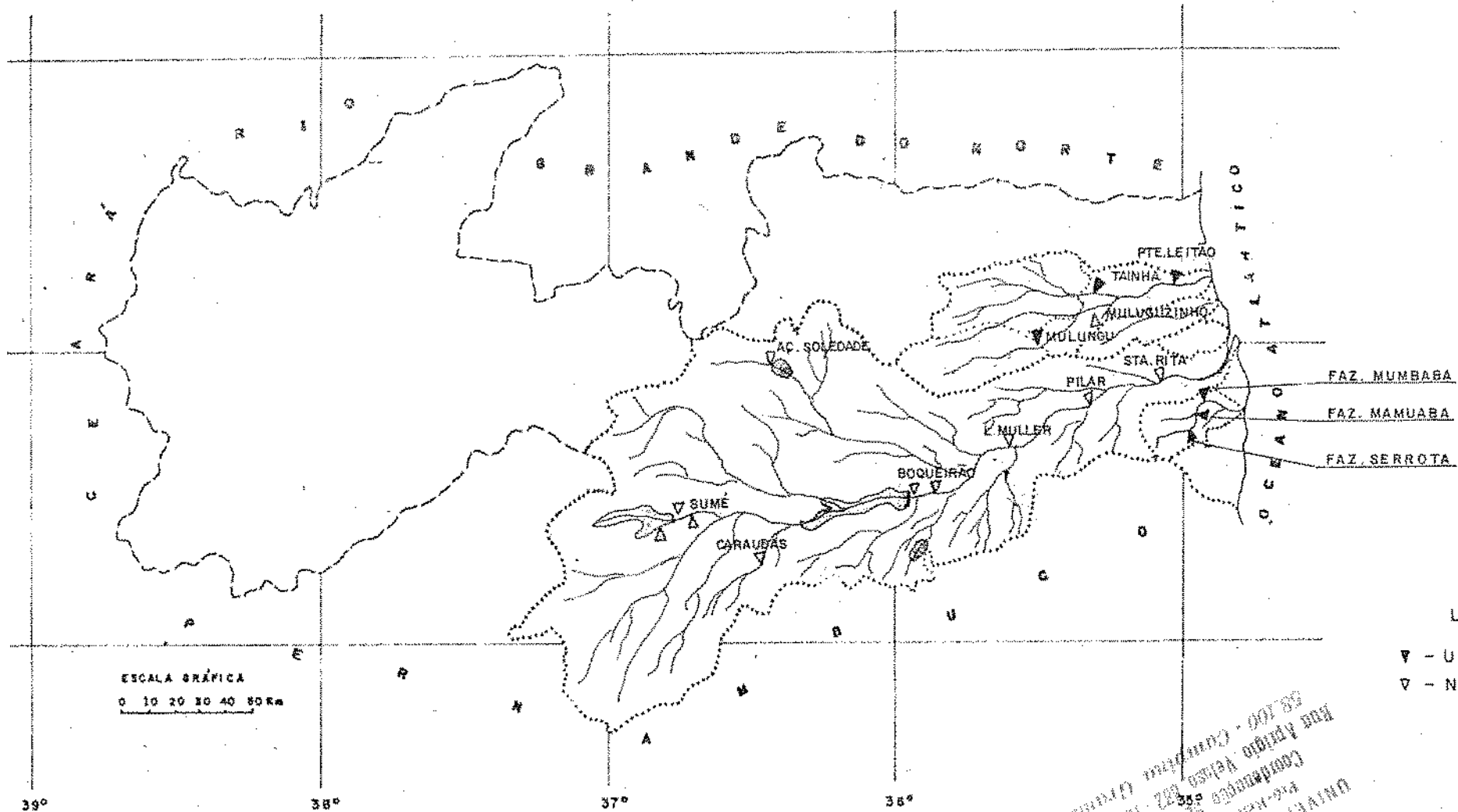
RÉDE TERMOMÉTRICA BÁSICA



REDE METEOROLÓGICA UTILIZADA NO ESTUDO



REDE FLUVIOMÉTRICA



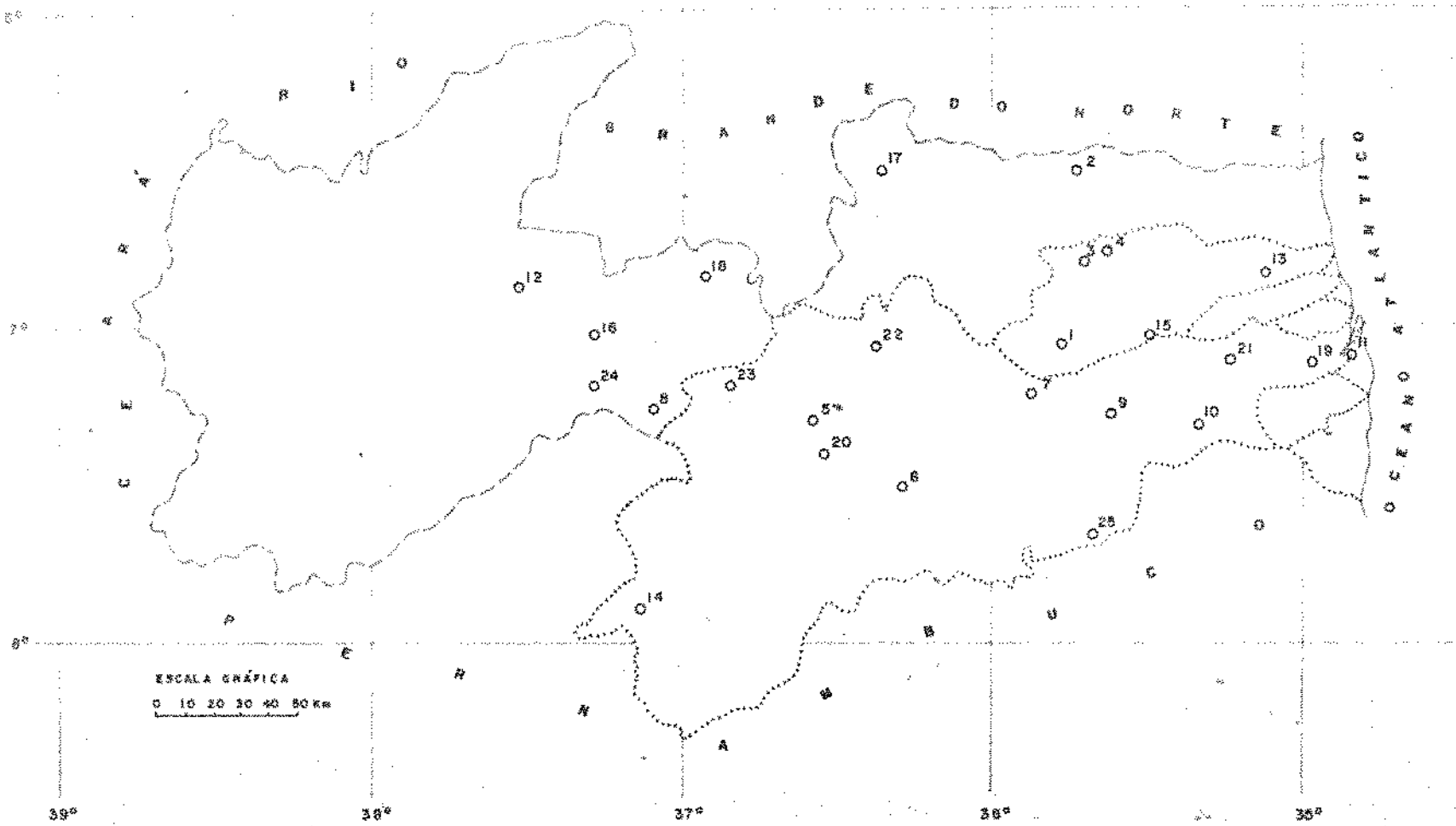
LEGENDA

- ▼ - UTILIZADO
- △ - NÃO UTILIZADO

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
Coordenação Geral de Planejamento
Rua Heitor Beltrão, s/n - Foz de Iguazu
58051-900 - Campina Grande - Paraíba

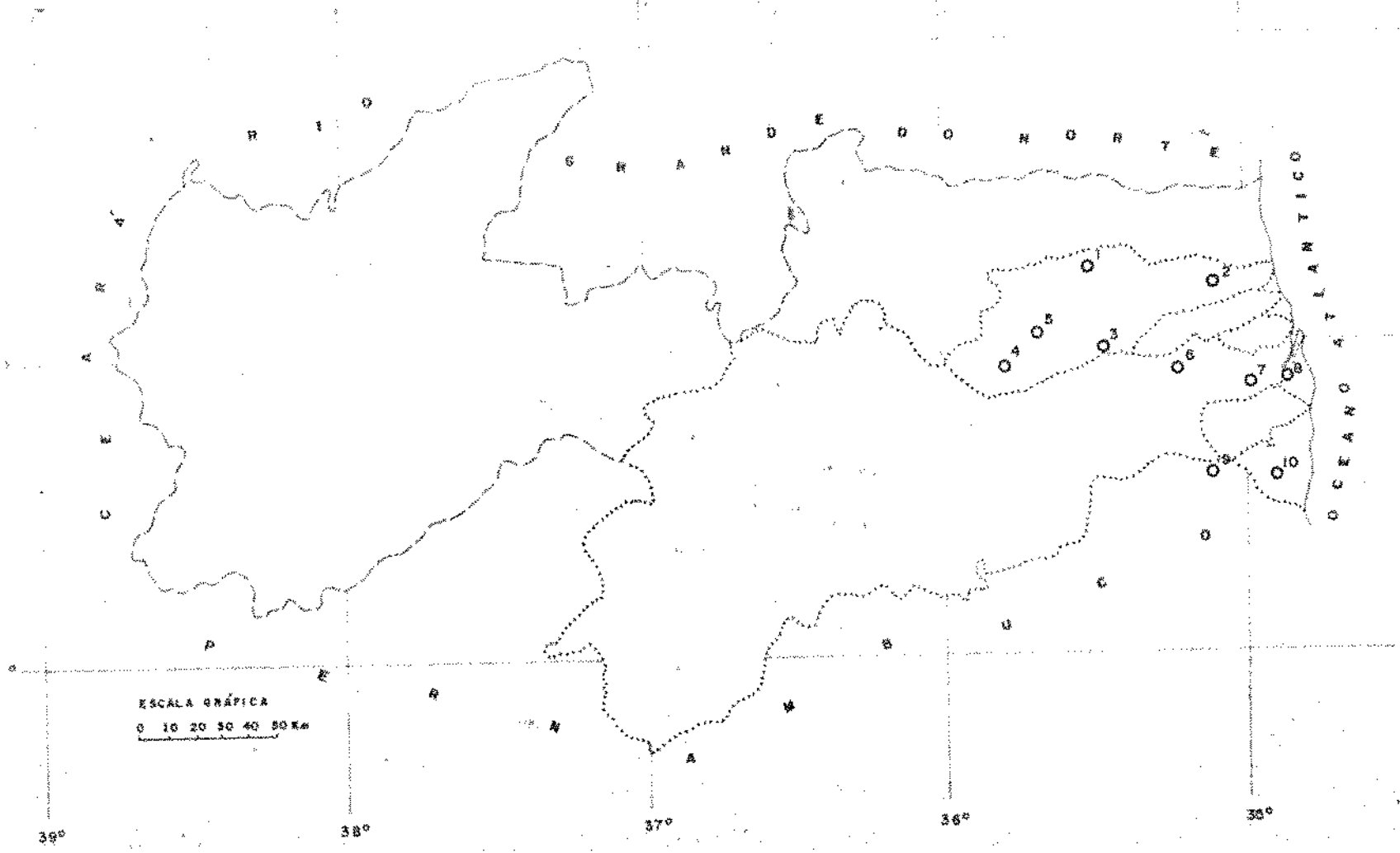
REDE PLUVIOMÉTRICA

PERÍODO: 1912-1958

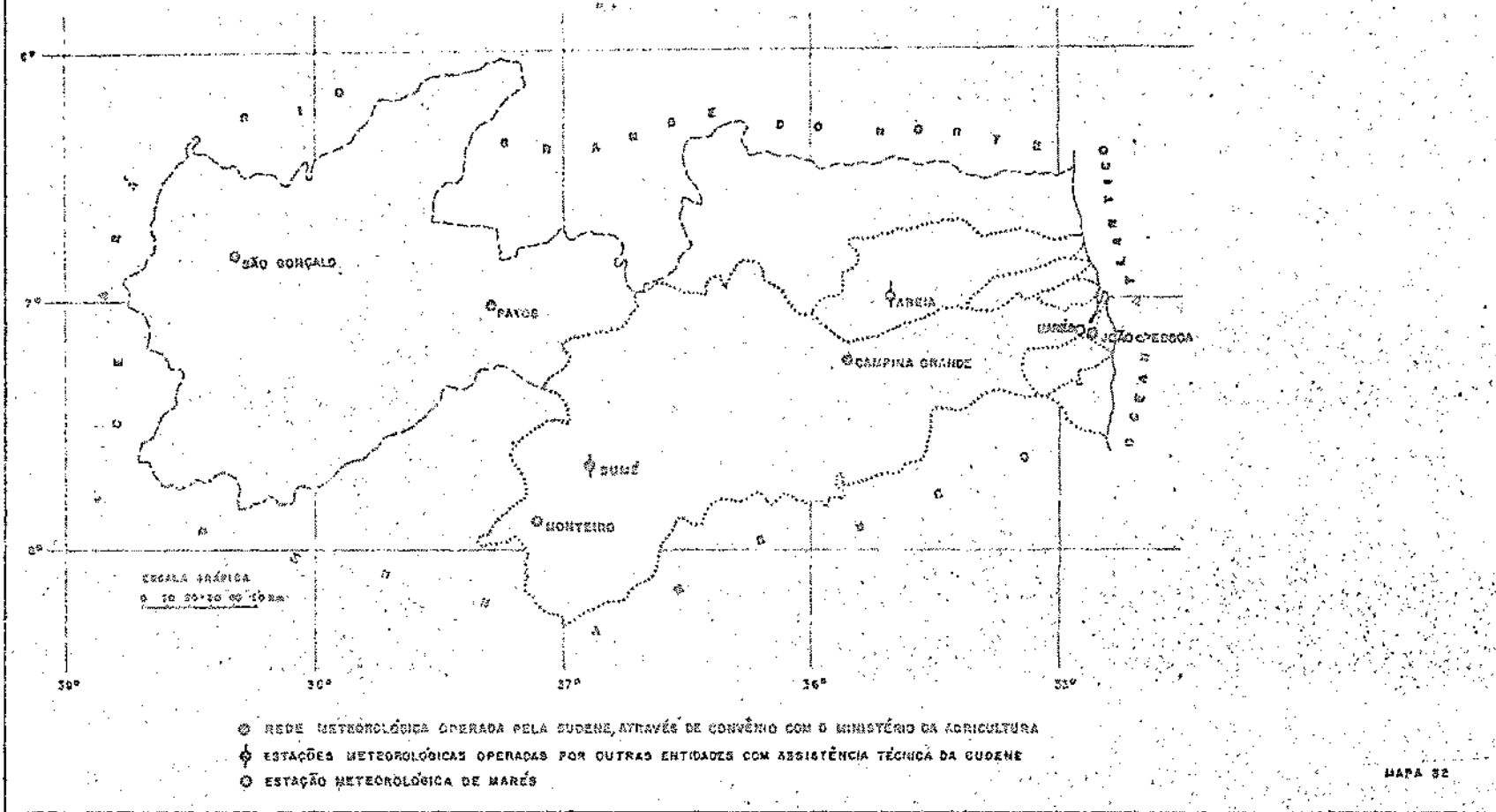


RÉDE PLUVIOMÉTRICA

PERÍODO: 1930-1974

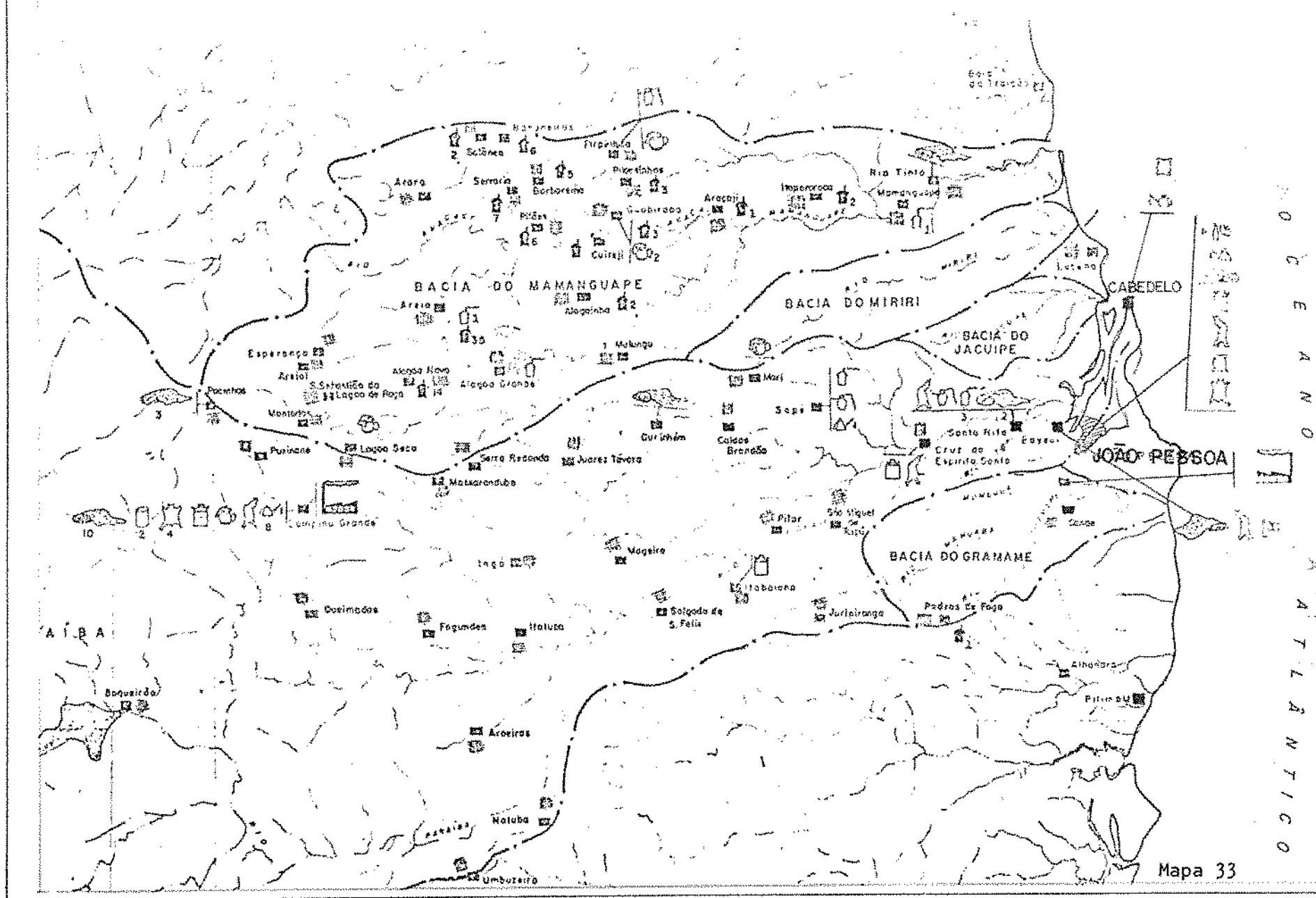


REDE METEOROLÓGICA ATUAL



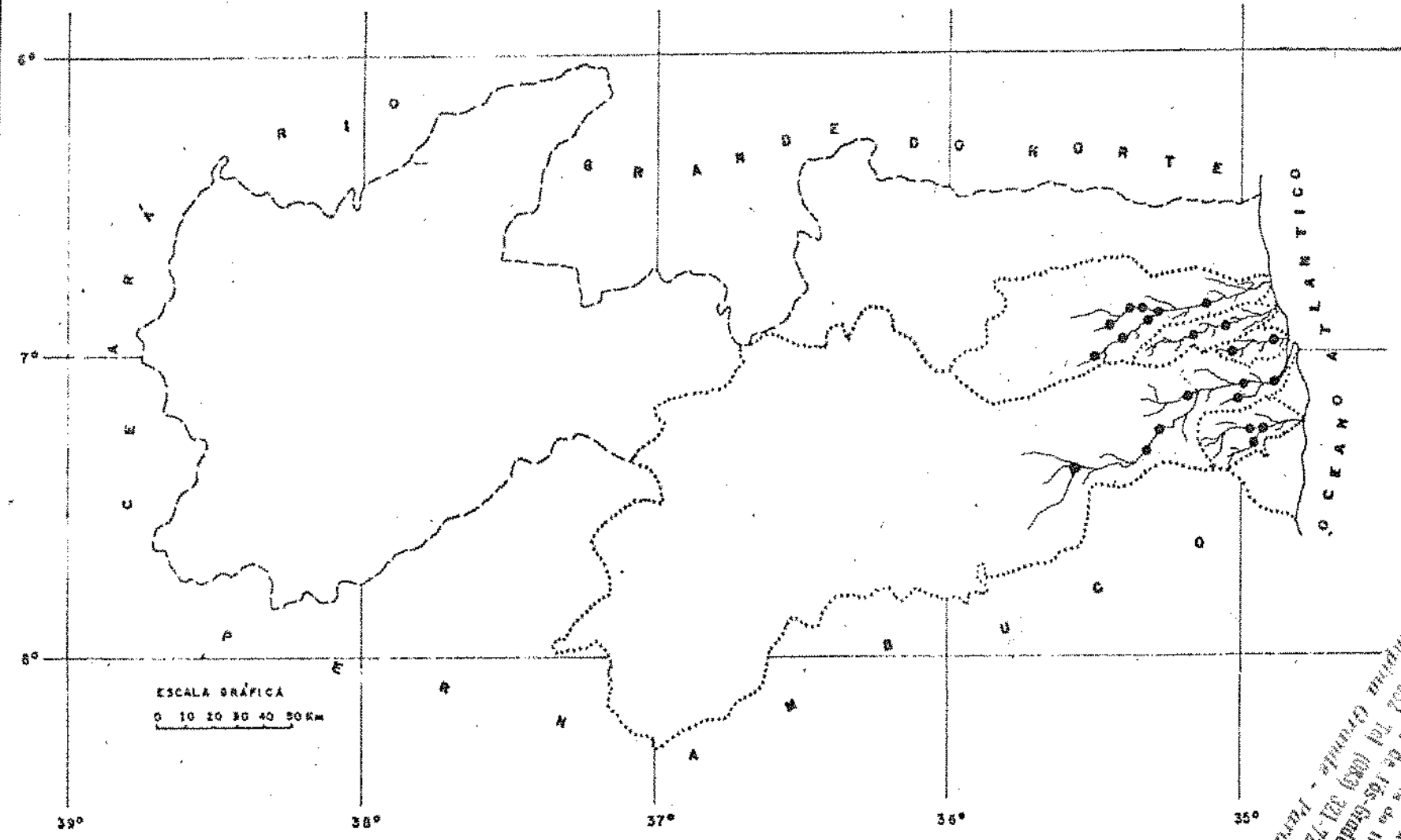
- ⊙ REDE METEOROLÓGICA OPERADA PELA EUDENE, ATRAVÉS DE CONVÊNIO COM O MINISTÉRIO DA AGRICULTURA
- ⊕ ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS OPERADAS POR OUTRAS ENTIDADES COM ASSISTÊNCIA TÉCNICA DA EUDENE
- ⊙ ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE MARÉS

PRINCIPAIS PONTOS DE POLUIÇÃO



Mapa 33

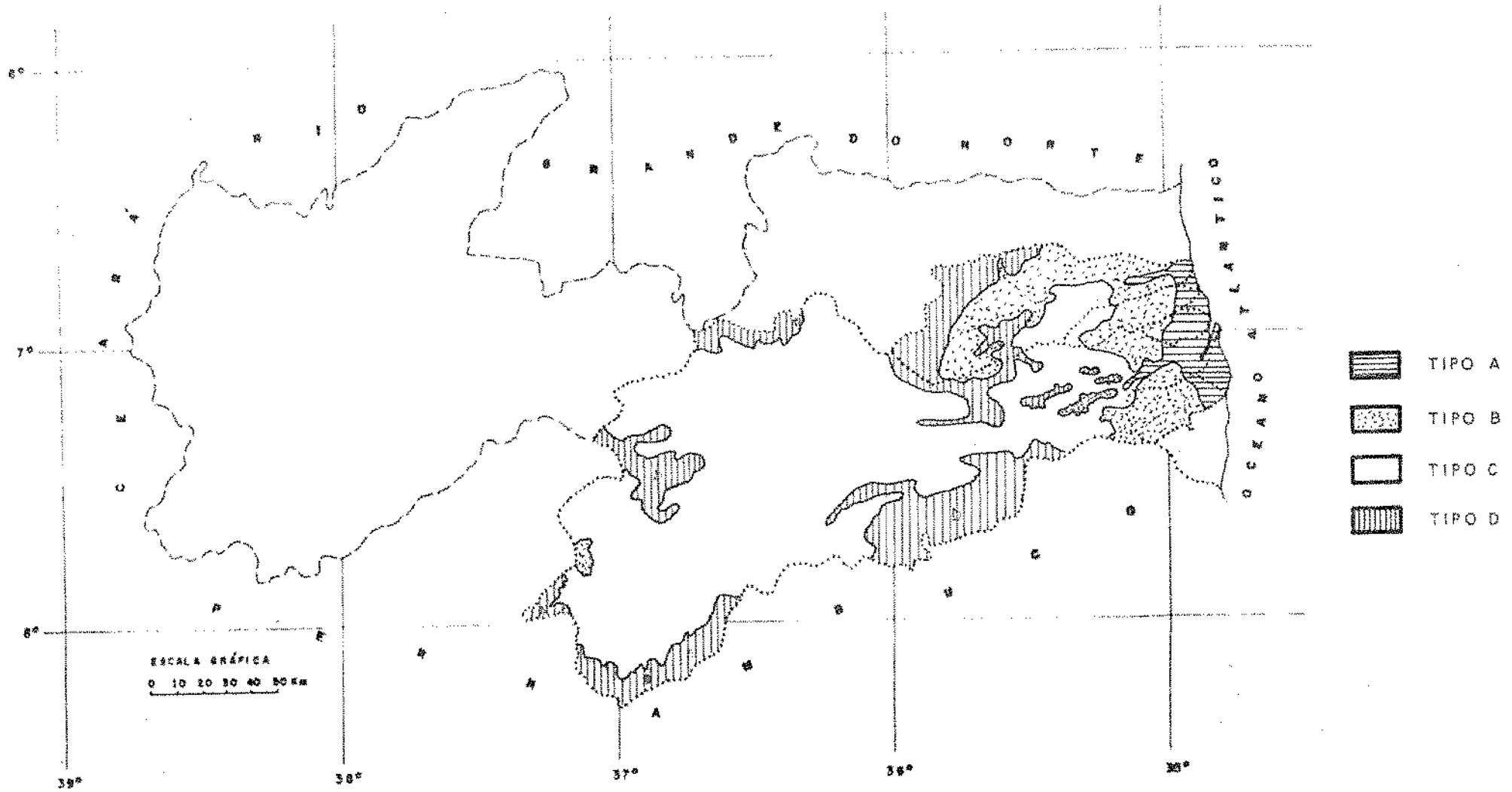
LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DE AMOSTRA



ESCALA GRÁFICA
0 10 20 30 40 50KM

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
 Instituto de Física
 Caixa Postal 5081
 51200-970 João Pessoa, Paraíba
 Brasil

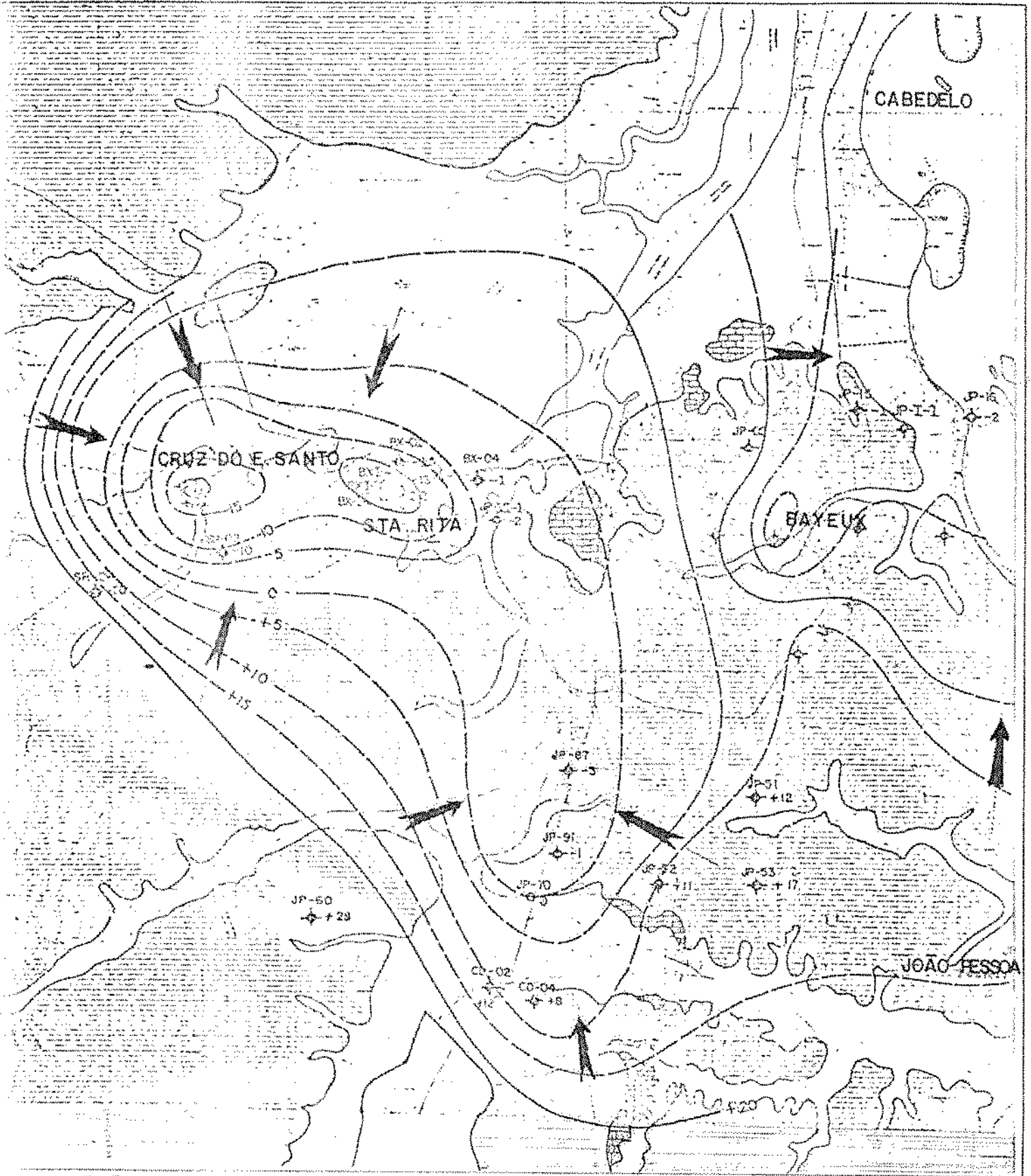
GRUPO HIDROLÓGICO DE SOLOS



ANEXO DO MAPA 35

- GRUPO A: Solos em potencial mínimo de escoamento superficial (muito profundos de permeabilidade muito rápida). Abrange as classes AM, AML, PVS, pv4, Ae, Sm.
- GRUPO B: Solos com potencial moderado de escoamento superficial (mediamente profundos, de permeabilidade rápida e moderadamente rápida). Abrange as classes: PE9, PE11, PE12, PE13, PE14, PV3, PV6, Hgd, Aqd.
- GRUPO C: Solos com potencial elevado de escoamento superficial (profundos e rasos, com permeabilidade moderada a moderadamente lenta). Abrange as classes: NC1, NC4, NC5, NC7, NC10, V1, V3, SS1, SS2.
- GRUPO D: Solos com potencial máximo de escoamento superficial (rasos e muito rasos, com permeabilidade de lenta e muito lenta). Abrange as classes : REd, Re6, RE1, Re7, Re8, Re9, Re12, Re16, Re18, Re19, REe3, Ree4, Ree5, TRe1, Tre2.

CONFIGURAÇÃO PIEZOMÉTRICA ATUAL

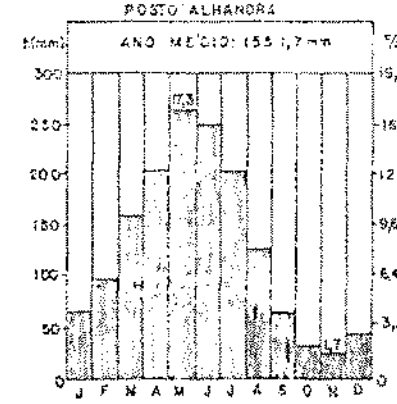
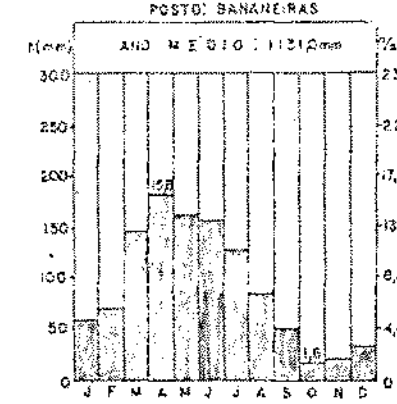
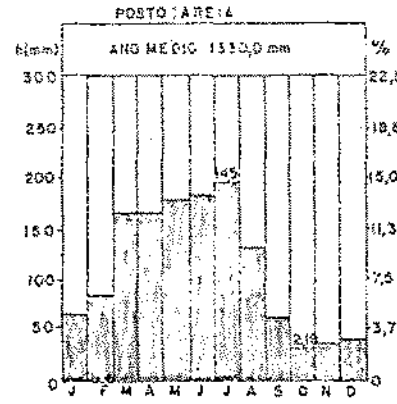
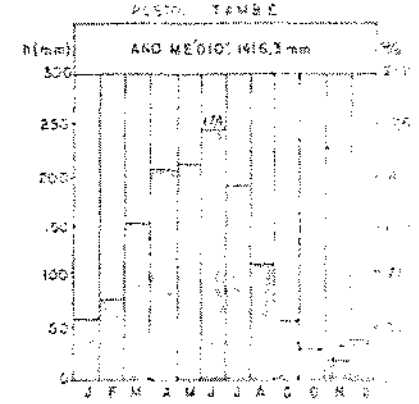
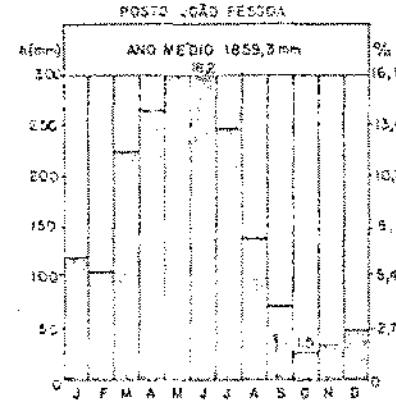
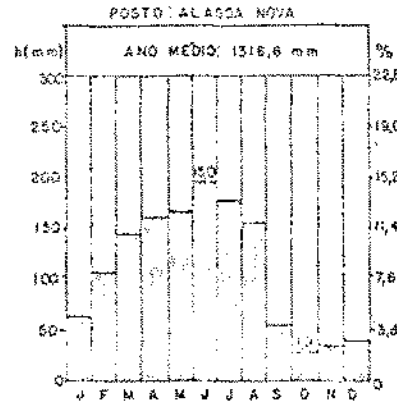
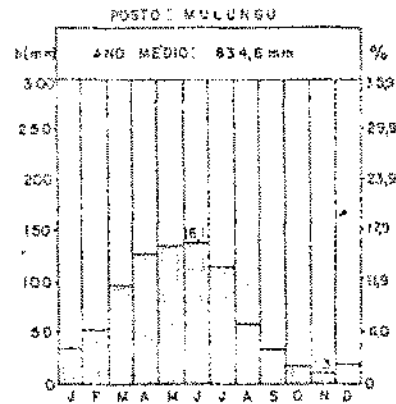
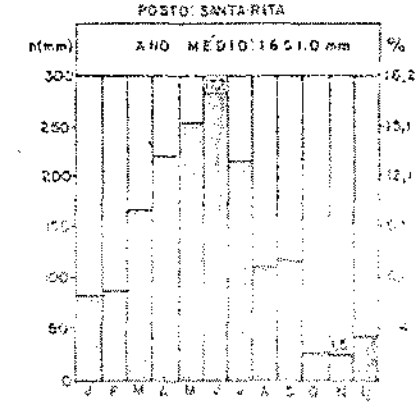
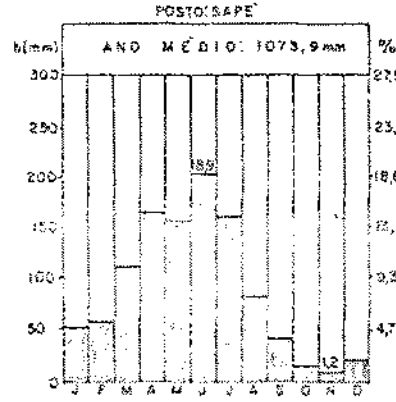
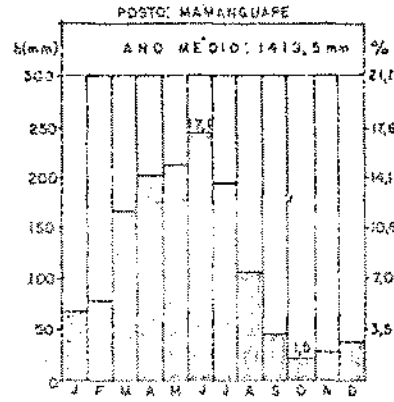


LEGENDA

- ✦ POÇO TESTADO
- - - LINHA PIEZOMÉTRICA
- ➔ DIREÇÃO DO FLUXO

DISTRIBUIÇÃO DE CHUVAS NO ANO MÉDIO

MAPA 38



7.0 BIBLIOGRAFIA

CAPÍTULO VII

B I B L I O G R A F I A

- 1 Água Questão de Vida ou Morte - publicação da UNESCO - tradução Fundação Getúlio Vargas
- 2 Engenharia de Recursos Hídricos - Linsley Ray K. e Franz Joseph B. - tradução Luís A. Pastorino - Editora Mc Gray - Hill do Brasil Ltda, 1978
- 3 O Planeta Oceano - Braud Maurice - Editora Hemus - S. Paulo, 1973
- 4 Boletins Geográficos e Revistas Brasileiras de Geografia - diversos números - Editora IBGE - Rio de Janeiro, 1977
- 5 Planejamento de Recursos Hídricos - Wilson Jordão Filho e outros - SUDENE - Internacional Engenharia, 1977
- 6 Alguns Aspectos da Hidrologia Brasileira - Maurice Pard - Editora IBGE - Rio de Janeiro, 1958
- 7 Relêvo Estrutural e Rede Hidrográfica do Brasil - Aziz Nacib Ab' Saber - Editora IBGE - Rio de Janeiro, 1973
- 8 Política Nacional de Navegação Interior - Luís Américo Pastorino - Editora DAEE - S. Paulo, 1960

- 9 Água Subterrânea no Cristalino Paulista - José Setzer - Revista Brasileira de Geografia nº 3 - Editora IBGE - Rio de Janeiro, 1966

- 10 Alguns Aspectos do Quadro Natural do Nordeste - Gilberto Osório de Andrade - SUDENE - DRN - Recife, 1977

- 11 Programa dos Recursos Naturais do Nordeste - Gilberto Osório de Andrade - U.F.PE - Recife, 1968

- 12 Recursos Naturais do Nordeste Investigação e Potencial MINTER - SUDENE - DRN - Recife, 1972

- 13 Recursos de Água no Nordeste - David Kitover - SUDENE - Recife, 1973

- 14 Recursos de Água no Nordeste, Estudo e Pesquisa a seu Aproveitamento - Abert Rubeaux - SUDENE - Recife, 1976

- 15 Perspectivas de Exploração das Bacias Subterrâneas do Nordeste - Antônio de Souza Leal - SUDENE - Recife, 1974

- 16 Recursos Naturais do Nordeste - MINTER - SUDENE - DRN - Dez. 1976

- 17 Geografia do Brasil - Vol. II - Reg. NE - IBGE - Rio de Janeiro, 1977

- 18 "CONTRIBUTION AL'ETUDE D'IMPLANTATION DE BASSIN VERSANTS REPRESENTATIFS" - P. Dubriel - Série Hidrológica - Volume II nº 2 - Paris, 1966

- 19 Levantamento Integrado dos Recursos Naturais da
Bacia do rio Iatapécuru no Maranhão - Geo
técnica S/A - ESIFE - Recife, 1977
- 20 Mapeamento de Potencialidades e Disponibilidades
Hídricas em zonas com Carências de Dados -
Buarque de Nazareth - Walter Ferreira e Jo
sé E. Castro - Edição GEOTÉCNICA - Recife,
1979
- 21 Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hí
dricos do Nordeste - PLHIRINE - Tomos I e
II - Potencialidades e Disponibilidades -
SUDENE - Geotécnica S/A - Recife, 1979
- 22 Equacionamento dos Recursos Subterrâneos da Bacia
do Paraíba - Águas e Esgotos do Piauí -PRM -
Piauí, 1974
- 23 Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hí
dricos do Nordeste - PLHIRINE - Relatório
de Águas Subterrâneas - Dez. SUDENE - Geo
técnica S/A - Recife, 1978
- 24 Os Recursos Básicos e suas Quantificações a Micro
Escala - Mauro E. Hassen - SUDENE - Recife,
1963
- 25 DIRECT METHODS OF SOIL MOISTURE ESTIMATION FOR
WATER BALANCE PURPOSES - Genove - WMO, 1971
- 26 GUIDE BOOK TO RESEARCH DATA FOR ARID ZONE DEVE
LOPMENTE - Paris UNESCO, 1975

- 27 Inventário Hidrológico Básico do Nordeste - José do Patrocínio Tomás de Albuquerque - SUDENE - Recife, 1976
- 28 Estudo de Viabilidade para Irrigação do Baixo Açú - DNOCS/SERETE - R. G. do Norte - São Paulo, 1974
- 29 Avaliação da Qualidade das Águas dos rios Gramame, Mumbaba e Mamuaba - João Pessoa - CAGEPA, 1977
- 30 Estudos Hidrológicos - Dados Meteorológicos - João Pessoa - CAGEPA, 1975
- 31 Estudos Hidrológicos dos rios Gramame, Mumbaba, Mamuaba e Marês - relatório final. Campina Grande - ATECEL - CAGEPA, 1972
- 32 Aspectos Climáticos e Pluviométricos da Paraíba - João Pessoa - CEPA, 1973
- 33 Bacia do rio Paraíba a Jusante do Açude Epitácio Pessoa - reconhecimento preliminar dos recursos água e solo - relatório. João Pessoa - Sondotécnica - DNOCS, 1968
- 34 Barragem Acauã - Estudos Hidrológicos - hidrologia. s.l., GIBRASIL - DNOCS, 1968
- 35 Estudo Global dos Recursos da Bacia do rio Mamanguape - hidrologia do Mamanguape. Rio de Janeiro - LASA - DNOS, 1965

- 36 Diagnóstico Preliminar das Condições Ambientais
do Estado da Paraíba - convênio SEMA / SU
DENE/CAGEPA, 1977
- 37 Normais Climatológicas (área de NE do Brasil) pe
ríodo 1931/1960 - Ministério da Agricultura
- Rio de Janeiro, 1970
- 38 Dados Evaporimétricos - SUDENE - DRN - Recife, 1970
- 39 Dados Evaporimétricos - SUDENE - DRN - Recife, 1973
- 40 Levantamento Exploratório - Reconhecimento do So
lo do Estado da Paraíba - SUDENE - DRN - Rio
de Janeiro, 1972
- 41 SUDENE - Normais Climatológicas da Área da SUDE
NE - Recife, serviços de meteorologia da
M.A., 1963
- 42 Deflúvio Superficial - Otto Pfatstetter - MINTER
- DNOS - Rio de Janeiro, 1976
- 43 Hidrologia Aplicada - Swani Marcondes e Arthur Ma
tos - Editora Mac Gray Hill do Brasil Ltda,
1975
- 44 Hidrologia Básica - Pinto, Holtz, Martins e Gomi
de - Editora Edgar Blucher Ltda/MEC, 1976
- 45 Estudo das Características Físicas e Hidrológicas
da Baía do rio Piranga até Ponta Nova no
Estado de Minas Gerais - Maria Cecília V.
Barros e Delzirene V. Antonio - Ministério
das Minas e Energia - Divisão de Águas