

(SANDRA BAPTISTA DA CUNHA)

AMBIENTE E CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS
DA
BACIA DO ALTO RIO GRANDE
(NOVA FRIBURGO-RJ)

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Geografia da UFRJ co
mo parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Ciência.

Orientador: João José Bigarella

Programa de Pós-Graduação em Geografia
Universidade Federal do Rio de Janeiro

TES
0602

Rio de Janeiro, outubro de 1978

Para Antônio e Alzira, meus pais; e Bernardo,
meu companheiro, com muito carinho.

AGRADECIMENTOS

Expressamos nossos agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo suporte financeiro, sob a forma de bolsa durante o curso e a realização deste trabalho. À FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) pelo auxílio financeiro de trabalhos de campo. Ao Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, bem como ao Ministério da Agricultura, pelo fornecimento dos dados.

Ao professor João José Bigarella, pela orientação em todas as etapas deste trabalho. À professora Maria do Carmo Corrêa Galvão, coordenadora do Curso de Pós-Graduação em Geografia, pela atenção e apoio na resolução de todos os problemas enfrentados por mim durante o desenvolvimento deste trabalho. À professora Luci Pinto Galego e ao geólogo Fernando Lage Madeira pelo auxílio técnico dado nos itens que se referem ao balanço hídrico e fotointerpretação geológica.

Igualmente ao professor Martin Horacio Iriondo pela crítica na fase de elaboração do projeto inicial e no trabalho de campo. Às professoras Maria Célia Nunes Coelho e Joselita Maria dos Santos Araújo pelas críticas estatísticas e revisão do texto. Aos alunos de graduação, Alcebíades de Souza Teixeira Filho, Ana Maria Goulart, Maria Regina de Mattos e Sonia Regina Hernandez da Silva, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, pela colaboração na coleta dos dados do capítulo 4.

Finalmente aos professores de Pós-Graduação que permitiram o domínio de conhecimento e técnicas necessárias ao desempenho profissional e a todas as pessoas que contribuíram de alguma forma para a elaboração deste trabalho.

O autor.

RESUMO

O presente trabalho é uma contribuição ao estudo de bacias fluviais, representando uma síntese do comportamento hídrico na área do alto rio Grande. Nele, são apresentadas as condições ambientais e discutido o comportamento das águas com base nas características físicas, hidráulicas e hidrometeorológicas. Os dados analisados levaram-nos às seguintes considerações: (1) Existe pouca diferenciação interna quanto às características físicas da bacia, decorrente de semelhantes condições ambientais. (2) O desnivelamento é desigual para toda a bacia, sendo mais acentuado nas áreas dos canais de menor hierarquia. (3) À jusante desses canais, a topografia pouco inclinada oferece facilidades para as enchentes.

A história do comportamento da corrente mostrou que a variação da descarga e da profundidade média acompanha as estações climáticas anuais, enquanto a largura do canal e a velocidade média das águas variaram em pequena faixa de amplitude durante os 29 anos.

O estudo preliminar do relacionamento entre os sedimentos existentes no fundo do canal com a declividade do perfil do rio mostrou dois ambientes distintos: das cabeceiras e o do nível de base. Ambos os ambientes constituem-se de sedimentos pobremente selecionados.

Com relação à variação da média mensal da altura das águas, o rio apresenta um período de elevação das águas durante o verão e um período de águas baixas no inverno. Os valores das alturas máximas e mínimas das águas tenderam aumentar nos últimos dez anos (1964/1973).

A região da bacia apresentou elevados índices hídricos para o período analisado (1967/1977), registrando-se nas proximidades dos divisores altos excedentes de água no solo.

ABSTRACT

The present paper is a contribution to the study of river basins, being a synthesis of the behaviour of the water in the area of the Upper Grande River. It sets out environmental conditions and discusses the behaviour of the water on the basis of the physical, hydraulic and hydrometeorological characteristics of the river basin. The data analysed lead to the following considerations: (1) There is little internal differentiation as regards to the physical features of the basin, owing mostly to the similarity of the environmental conditions; (2) the differences in level of relief varies all over the basin, being most extreme in the areas of the less important channels; (3) the principal channel may be easily subject to downstream flooding as a result of the very gradual inclination of the terrain.

The history of the behaviour of the current over the last 29 years shows that discharge and average depth vary with climatic seasons, while the width of the channel and average velocity of the flume have varied only within quite narrow limits.

The preliminary study of the relationship between the river-bed sediments and the declivity of the river profile shows two distinct environments: that of the headwaters and that at base level. Both environments are composed of poorly selected sediments.

As for the variation in the monthly average highwater level, the river goes through a high-water period during summer and a low-water period in winter. Values recorded for the maximum and minimum levels have tended to rise during the last ten years (1964/1973).

The segment of the basin studied showed high hydric indices for the period analysed (1967/1977) and high levels of excess water in the soil around the boundary of the watershed.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FOTOGRAFIAS

LISTA DE TABELAS

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - ASPECTOS AMBIENTAIS DA BACIA DE DRENAGEM	6
2.1 - Geologia	6
2.2 - Relevo	10
2.3 - Clima	13
2.3.1 - Precipitação	15
2.3.2 - Temperatura	20
2.3.3 - Umidade e nebulosidade	21
2.3.4 - Classificação climática	22
2.4 - Solos e uso da terra	22
2.5 - Vegetação	26
2.6 - Rede de drenagem	33
3 - METODOLOGIA	37
3.1 - Primeira parte: características físicas da bacia.....	37
3.2 - Segunda parte: características hidráulicas do canal.....	42
3.3 - Terceira parte: características hidrometeorológicas da bacia	50
4 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA BACIA DE DRENAGEM	63
4.1 - Resultados dos valores das variáveis	63
4.1.1 - Área (A)	64
4.1.2 - Perímetro (P)	64
4.1.3 - Comprimento total dos canais (L)	64
4.1.4 - Número total de segmentos de canais (N)	67
4.1.5 - Magnitude da rede (N1)	67

4.1.6	-	Altitude máxima (AM)	67
4.1.7	-	Altitude mínima (Am)	67
4.1.8	-	Comprimento médio dos canais (Lm)	69
4.1.9	-	Coefficiente de compactidade (Kc)	71
4.1.10	-	Fator de forma (Kf)	71
4.1.11	-	Densidade de drenagem (Dd)	72
4.1.12	-	Densidade hidrográfica (Dh)	72
4.1.13	-	Extensão do percurso superficial (Eps)	73
4.1.14	-	Extensão média do escoamento superficial (l)	73
4.1.15	-	Coefficiente de manutenção (Cm)	74
4.1.16	-	Textura topográfica (T)	75
4.1.17	-	Desnívelamento (D)	75
4.1.18	-	Gradiente (G)	75
4.2	-	Resultados estatísticos	78
4.2.1	-	Medidas de tendência central	78
4.2.2	-	Medidas de dispersão	80
4.2.3	-	Assimetria	83
4.2.4	-	Curtose	84
4.3	-	Resultados das correlações	85
4.3.1	-	Correlações que envolvem área de drenagem:	85
	-	área x nº total de segmentos de canais	
	-	área x nº de canais de 1ª. ordem	
	-	área x comprimento total dos canais	
4.3.2	-	Correlação que envolve o comprimento dos canais e o número de segmentos de canais	87
4.3.3	-	Correlações que envolvem número de canais de 1ª. ordem:	87

- nº de canais de 1ª. ordem x nº total de segmentos de canais	
- nº de canais de 1ª. ordem x comprimento total dos canais	
4.3.4 - Correlações que envolvem densidade hidrográfica:.....	89
- densidade hidrográfica x desnivelamento	
- densidade hidrográfica x extensão do percurso superficial	
- densidade hidrográfica x coeficiente de manutenção	
4.3.5 - Correlações que envolvem densidade de drenagem:.....	91
- densidade de drenagem x densidade hidrográfica	
- densidade de drenagem x extensão do percurso superficial	
- densidade de drenagem x coeficiente de manutenção	
4.3.6 - Correlação que envolve altitude máxima e desnivelamento	93
4.3.7 - Correlações que envolvem gradiente:	93
- gradiente x nº total de segmentos de canais	
- gradiente x nº de canais de 1ª. ordem	
4.4 - Conclusões	95
5 - CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DO CANAL	98
5.1 - Resultados das variáveis de 1947 a 1973	98
5.1.1 - Parâmetros estatísticos	106
5.1.1.1 - Medidas de tendência central	108
5.1.1.2 - Medidas de dispersão	109

5.1.1.3 - Assimetria	110
5.1.1.4 - Curtose	110
5.2 - Resultados da geometria hidráulica.....	111
5.2.1 - Relações que envolvem descarga média	111
- largura total do canal x descarga média	
- profundidade média x descarga média	
- velocidade média x descarga média	
5.2.2 - Relações que envolvem área da secção transversal do canal (secção molhada):.....	112
- área x largura do canal	
- área x descarga média	
- área x profundidade média	
5.2.3 - Relação que envolve profundidade média e largura total do canal	120
5.3 - Resultados granulométricos do material de fundo.....	120
5.3.1 - Distribuição do tamanho do grão.....	122
5.3.1.1 - Histogramas de composição granulométrica.....	124
5.3.1.2 - Curvas de frequência acumulada	127
5.3.2 - Parâmetros estatísticos.....	129
5.3.2.1 - Medidas de tendência central	129
5.3.2.2 - Medidas de dispersão	131
5.3.2.3 - Assimetria.....	132
5.3.2.4 - Curtose	132
5.4 - Conclusões	132
6 - CARACTERÍSTICAS HIDROMETEOROLÓGICAS DA BACIA DE DRENAGEM	135
6.1 - Resultados da fluviometria	135

6.1.1 - Descrição dos anos característicos dos níveis de água	142
6.1.2 - Curva chave	149
6.2 - Resultados dos balanços hídricos	152
6.2.1 - Índices hídricos e classificação climática	172
6.3 - Conclusões	176
7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	179
8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	182

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

	Página
nº 1 - Mapa geológico da bacia de drenagem	9
nº 2 - Níveis altimétricos da bacia de drenagem	12
nº 3 - Altimetria da bacia de drenagem	14
nº 4 - Histogramas de precipitação	17
nº 5 - Características anuais da precipitação	17
nº 6 - Mapa de solos da bacia de drenagem	24
nº 7 - Perfil do paleossolo, km 1 da estrada São Lourenço	24
nº 8 - Distribuição da vegetação e da agricultura na bacia de drenagem em 1966	28
nº 9 - Distribuição esquemática da vegetação nas encostas da bacia de drenagem	29
nº 10 - Distribuição espacial dos canais na bacia de drenagem	35
nº 11 - Reprodução planimétrica das 9 sub-bacias	38
nº 12 - Representação gráfica dos ajustes calculados para a curva chave	54
nº 13 - Resultados porcentuais dos valores das 18 variáveis de características físicas da bacia	66
nº 14 - Localização das nove sub-bacias de 3a. ordem na bacia do alto rio Grande	68
nº 15 - Perfil longitudinal do alto rio Grande	70
nº 16 - Perfis longitudinais das 9 sub-bacias	77
nº 17 - Relação dos limites máximo e mínimo dos valores das 18 variáveis das características físicas com a média e o desvio padrão	82
nº 18 - Gráficos de correlação envolvendo a área das sub-bacias	86
nº 19 - Gráfico de correlação entre comprimento total dos canais e o número de segmentos de canais	88

nº 20 - Gráficos de correlação envolvendo a magnitude da rede de drenagem	88
nº 21 - Gráficos de correlação englobando densidade hidrográfica	90
nº 22 - Gráficos de correlação englobando densidade de drenagem	92
nº 23 - Gráfico de correlação entre altitude máxima e o desnivelamento	94
nº 24 - Gráficos de correlação englobando gradiente	94
nº 25 - Variação anual das descargas médias diárias do rio (1947/1973)	100
nº 26 - Variação anual da velocidade média das águas (1947/1973)	102
nº 27 - Variação anual da profundidade média do canal (1947/1973)	104
nº 28 - Variação da largura total do canal (1947/1973)	105
nº 29 - Variação da área da seção transversal do canal (1947/1973)	107
nº 30 - Variação de largura, profundidade do canal e velocidade da corrente em função da variação de descarga	113
nº 31 - Variação dos valores de área da seção transversal em relação aos valores de descarga, profundidade e largura do canal	118
nº 32 - Correlação entre profundidade média e largura do canal	121
nº 33 - Composição granulométrica do material de fundo do alto rio Grande	123
nº 34 - Localização das 9 amostras de sedimentos de fundo estudadas	126
nº 35 - Curvas de frequência acumulada relativas às distribui-	

ções granulométricas dos sedimentos de fundo	128
nº 36 - Variação da altura média mensal das águas no período de 1945/1973	136
nº 37 - Variação das alturas máximas, médias e mínimas da <u>rê</u> gua para cada ano do período analisado (1945/1973)	137
nº 38 - Altura diária da régua para os três anos característicos	143
nº 39 - Percentagem de dias do ano em que as cotas são igua <u>l</u> das ou excedidas	147
nº 40 - Curva chave para o alto rio Grande, no posto de medi- ção Fazenda Mendes	150
nº 41 - Curva chave no posto de medição Fazenda Mendes, ajus- tada para os dados de 1971/1972	151
nº 42 - Representação gráfica dos balanços hídricos para a área do divisor de águas da bacia(A) e a área do <u>outlet</u> (B).....	167
nº 43 - Cursos anuais da disponibilidade hídrica no solo, para as duas áreas da bacia do alto rio Grande	174
FOTO 1 - Morfologia apresentada pelos granitos porfiróides	9
FOTO 2 - Culturas e vegetação da área	25
FOTO 3 - Paleossolo entremeado por um colúvio avermelhado na base e um colúvio amarelado no topo	25
FOTO 4 - Bromeliácea mais frequente na região	29
FOTO 5 - Vista parcial da vegetação da bacia	32
FOTO 6 - Algumas araucárias introduzidas, na área, pelos fazen- zeiros	32
FOTO 7/8 - Linímetro e pluviômetro da estação de medição Fa- zenda Mendes	44

LISTA DE TABELAS

TABELAS

	Página
nº 1 - Precipitação diária (janeiro de 1978) nos três postos de observação	19
nº 2 - Distribuição da precipitação por nº de dias nos três postos pluviométricos	20
nº 3 - Total de segmentos de canais da bacia, separados por ordens de hierarquia	34
nº 4 - Matriz de correlação entre as 18 variáveis de características físicas da bacia de drenagem	43
nº 5 - Matriz de correlação entre as 5 variáveis de características hidráulicas	47
nº 6 - Escala de tamanho dos sedimentos segundo Wentworth	48
nº 7 - Valores dos ajustes calculados para a curva base	53
nº 8 - Evapotranspiração tabular diária, segundo Thornthwaite	57
nº 9 - Fatores de correção da evapotranspiração tabular diária segundo Thornthwaite	58
nº 10 - Água retirada no solo após valores de evapotranspiração potencial	60
nº 11 - Valores absolutos das 18 variáveis de características físicas da bacia	65
nº 12 - Valores de densidade de drenagem e coeficiente de manutenção para as 9 sub-bacias de 3a. ordem	74
nº 13 - Resultados da estatística descritiva para as 9 sub-bacias de 3a. ordem	79
nº 14 - Resultados estatísticos para as variáveis de características hidráulicas	108
nº 15 - Resultados das correlações, que envolvem descarga média, dos coeficientes de determinação, linear e angular	114

nº 16 - Valores das correlações, que envolvem área da seção transversal do canal, dos coeficientes de determinação, linear e angular	117
nº 17 - Número de classes texturais e suas frequências relativas referentes às amostras de sedimento de fundo do alto rio Grande	127
nº 18 - Valor dos percentis (em escala ϕ) para cada amostra retirado diretamente das curvas de frequência acumulada	129
nº 19 - Distribuição granulométrica e valores paramétricos referentes às amostras de fundo	130
nº 20 - Leituras máxima e mínima mensais registradas no período (1945/1973)	139
nº 21 - Frequência de ocorrência dos meses do ano, no registro das alturas máximas e mínimas das águas do rio	140
nº 22 - Anos de valores extremos máximo e mínimo e ano com valor mais próximo da média do período de 1945/1973	142
nº 23 - Valores máximos, mínimos e médios anuais das cotas de água, em metros, para os três anos característicos	145
nº 24 - Variação mensal dos níveis de água para os três anos característicos	145
nº 25 - Frequência de cotas de mesmo valor	146
nº 26 - Valores de altura da água do rio em relação à % de dias do ano, para os três anos característicos	148
nº 27 - Relação cota-descarga máxima, média e mínima, no posto de medição Fazenda Mendes	152
nº 28 - Descargas em função das cotas fluviométricas	153

nº 29 - Descargas em função das cotas fluviométricas	154
nº 30 - Balanço hídrico mensal para o alto curso(1967/1968).....	157
nº 31 - Balanço hídrico mensal para o alto curso(1969/1970).....	158
nº 32 - Balanço hídrico mensal para o alto curso(1972/1973)	159
nº 33 - Balanço hídrico mensal para o alto curso(1974/1975)	160
nº 34 - Balanço hídrico mensal para o alto curso(1976/1977)	161
nº 35 - Balanço hídrico mensal para o <u>outlet</u> (1967/1968)	162
nº 36 - Balanço hídrico mensal para o <u>outlet</u> (1969/1970).....	163
nº 37 - Balanço hídrico mensal para o <u>outlet</u> (1971/1972)	164
nº 38 - Balanço hídrico mensal para o <u>outlet</u> (1973/1974)	165
nº 39 - Balanço hídrico mensal para o <u>outlet</u> (1976/1977)	166
nº 40 - Balanço hídrico mensal para o período (1967/1977)no alto curso e <u>outlet</u> da bacia	171
nº 41 - Disponibilidade de água no solo, da bacia, em mm, de terminada para os 11 anos estudados (1967/1977)e pa- ra as médias do período	173
nº 42 - Valores dos índices hídricos para as duas áreas ana- lisadas na bacia do alto rio Grande	175
nº 43 - Cursos anuais da disponibilidade hídrica no solo,para as duas áreas da bacia do alto rio Grande	176

1- INTRODUÇÃO

Na atualidade o homem sente uma crescente necessidade de bem utilizar, controlar e preservar os recursos naturais. Com relação ao recurso hídrico podemos dizer que, sendo ele de utilidade essencial, influencia diretamente na localização de diversas atividades humanas. É utilizado principalmente na irrigação; no abastecimento das áreas urbanas; em algumas indústrias tais como a alimentícia, de papel e tecido; na remoção de resíduos industriais; fornecimento de energia e como vias de transporte. É, pois, a água um dos mais valiosos recursos naturais e sem ela nenhuma forma de vida seria possível.

A demanda desse recurso vital vai se tomando cada vez maior à medida que a população de um país cresce. A utilização da água, atualmente, em algumas regiões, está próxima da disponibilidade máxima enquanto em outras ainda não é bem aproveitada. À medida que os vales dos rios vão sendo ocupados por centros urbanos, áreas industriais ou aproveitados pela agricultura, o efeito destruidor das cheias torna-se cada vez maior e geralmente, essas águas, tornam-se poluídas e inaproveitáveis. Portanto, é cada vez mais necessário que se procure ter melhor conhecimento do comportamento da água e da conservação dos recursos hídricos no globo terrestre.

Em países desenvolvidos, a crescente expansão da agricultura, da indústria e da população, bem como as variadas aplicações deste recurso natural, levaram alguns pesquisadores a dedicar maior atenção aos estudos das bacias de drenagem.

Muito embora os recursos de água disponíveis em nosso país se

jam muito abundantes, hoje vê-se que há uma necessidade de preservá-los, planejando e projetando sua utilização de forma a otimizar o seu aproveitamento no tempo e no espaço. Embora não seja um país desenvolvido, em algumas áreas o Brasil já tem problemas idênticos aos daqueles países no que se refere à poluição e cheias irregulares dos rios. Para que isso se concretize são necessários estudos que forneçam as características do comportamento hídrico em bacias de drenagem e, a partir deles, indicar sua melhor utilização.

A maneira pela qual uma bacia hidrográfica exerce suas funções depende de suas características próprias como topografia, geologia, pedologia e cobertura vegetal, bem como de fatores meteorológicos e climáticos. Esses dois grupos de fatores, inteiramente diferentes, determinam o escoamento de um curso d'água. O primeiro está relacionado às características físicas da bacia de drenagem, compreendendo: área, forma, altitude, utilização da terra, tipo de solo, declividade, orientação etc. O outro grupo depende do clima e refere-se a: tipo de precipitação, intensidade e duração da chuva, distribuição da chuva sobre a bacia, direção do deslocamento do temporal, umidade do solo, evaporação e transpiração.

Como todos esses elementos podem influir no resultado das vazões de um curso d'água, a avaliação ideal das características do escoamento de um canal deve basear-se, então, na influência conjunta desses elementos relacionados.

Por outro lado, ao longo do tempo, esses parâmetros podem sofrer variações decorrentes de mudanças ambientais provocadas pelo homem na bacia de drenagem, refletindo-se num comportamento também irregular das

vazões. Como reflexo dessas variações a morfologia do canal é alterada afetando, por vezes, obras de engenharia existentes na região.

Embora este trabalho utilize grande parte das variáveis que influenciam o escoamento das águas, algumas delas, como por exemplo vazão líquida diária, carga sólida dissolvida, não forem empregadas por não haver disponibilidade de informações ou por impossibilidade de coleta de dados referente às mesmas.

O presente trabalho visa dar, em alguns aspectos, uma contribuição ao estudo de bacias fluviais. Embora faltassem os dados acima mencionados, esta pesquisa constitui uma tentativa de suprir a necessidade de trabalhos geográficos, que representam uma síntese do comportamento hídrico nesta área de estudo, esperando que possa servir de ponto de apoio para trabalhos complementares e em nível de maior detalhe.

O presente trabalho propõe-se a:

1. fazer algumas considerações a respeito dos aspectos ambientais da bacia de drenagem;
2. analisar o comportamento do sistema de drenagem com relação a:
 - suas características físicas numa visão espacial;
 - suas características hidráulicas e hidrometeorológicas no aspecto temporal.

A bacia de drenagem selecionada localiza-se na porção central do Estado do Rio de Janeiro, a nordeste da baía de Guanabara. Sua posição geográfica encontra-se dentro dos paralelos de $22^{\circ}16'$ e $22^{\circ}24'$ de latitude sul e dos meridianos de $42^{\circ}35'$ e $42^{\circ}44'$ de longitude W.Gr. A área em ques

tão corresponde a 122.5 km² do município de Nova Friburgo, ocupando parte do distrito de Campo do Coelho.

Um levantamento prévio dos dados pluvio-fluviométricos existentes no Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) demonstrou que a bacia do alto rio Grande oferecia condições propícias para a realização deste trabalho. Sua estação de medição possui dados que abrangem um período de tempo suficientemente longo possibilitando interpretações de caráter hidrológico. A referida estação de coleta de dados foi então considerada como outlet da bacia de drenagem estudada.

A área oferece também condições de fácil acesso pois situa-se próxima à rodovia Nova Friburgo-Teresópolis (BR-130), além de dispor de cartografia recente (1974) em escala 1:50.000 e cobertura aerofotográfica.

Junta-se a esses fatores a importância econômica da área, destacando-se a região do vale do alto rio Grande como uma das maiores fornecedoras de produtos hortifrutigranjeiros do Grande Rio. O aproveitamento das águas da bacia destina-se principalmente à agricultura.

No sentido de alcançar os objetivos propostos, no estudo da bacia do alto rio Grande, o presente trabalho será apresentado em sete capítulos, estruturando-se da seguinte forma.

Inicialmente são vistas as considerações quanto aos aspectos ambientais da bacia de drenagem (capítulo 2). A descrição referente à geologia, relevo, clima, vegetação, solo e uso da terra apoia-se em observações de campo e trabalhos realizados por outros pesquisadores.

A metodologia empregada nos trabalhos de gabinete, campo e laboratório é descrita a seguir (capítulo 3). Ela foi dividida em três partes referindo-se a primeira às características físicas; a segunda, às características hidráulicas e a terceira, às características hidrometeorológicas da bacia de drenagem.

Em seguida, são analisados e discutidos os resultados das características físicas da bacia de drenagem (capítulo 4). Os aspectos naturais são associados a parâmetros teóricos.

A interpretação dos resultados das características hidráulicas do canal de drenagem encontra-se descrita a seguir (capítulo 5). Inclui-se, neste tópico do trabalho, a morfologia da calha fluvial e o estudo preliminar do material encontrado no fundo do canal.

Finalmente a discussão dos resultados das características hidrometeorológicas, que envolvem a fluviometria e os balanços hídricos da área, é vista neste última etapa do trabalho (capítulo 6).

Cada capítulo apresenta suas próprias conclusões, com o fim de facilitar a compreensão de cada um deles em separado. As considerações finais estão descritas no capítulo 7.

2 - ASPECTOS AMBIENTAIS DA BACIA DE DRENAGEM

No presente capítulo são descritas as bases naturais da bacia de drenagem, considerando-se suas características quanto a: litologia, formas de relevo, clima, solo e uso da terra, vegetação e rede de drenagem. A descrição física da paisagem foi realizada visando apoiar o estudo específico da rede de drenagem.

O rio Grande tem suas nascentes localizadas nas escarpas elevadas da Serra do Mar, especificamente nos contrafortes da Serra dos Órgãos. Sua bacia hidrográfica situa-se no planalto ondulado, na vertente da serra voltada para o interior, seguindo o curso de água principal o sentido norte, para o lado do continente, em direção ao médio Paraíba do Sul.

Até o presente não foram realizados, nesta área, estudos de detalhes relativos ao ambiente físico, entretanto existem algumas referências em trabalhos de caráter mais amplo, citados neste capítulo.

2.1 - Geologia

A bacia de drenagem em estudo está incluída em dois mapeamentos geológicos que englobam parte do Estado do Rio de Janeiro. O primeiro foi realizado por Rosier (1965) e o segundo pelo DNPM (1976), ambos em escala 1/250.000.

Os terrenos compreendidos nesta área são constituídos de duas unidades fundamentais, de idades distintas: Pré-Cambriana e Quaternária. Esta segunda unidade refere-se aos aluviões dos fundos chatos dos vales, aos

terraços e aos depósitos antigos das vertentes. Várias unidades de paleossolos encontram-se intercaladas aos colúvios, de idades diversas e correlacionáveis aos níveis pretéritos de degradação ou agradação.

Os terrenos Pré-Cambrianos são formados predominantemente por migmatitos do tipo heterogêneo (metatexito) e homogêneo (diatexito, anatexito). Nos migmatitos heterogêneos o componente félsico é distinguível, enquanto que nos migmatitos homogêneos a antiga matéria fixa (paleossoma) e a matéria móvel (neossoma) não podem ser distinguidas uma da outra em virtude de estarem intimamente misturadas. Esses últimos são denominados também de gnaisses granitóides. A predominância desses dois tipos foi reunida no mapeamento do DNPM (relatório 590/1976) sob a designação geral de Complexo Migmatítico da Associação Paraíba do Sul (figura 1).

Os migmatitos heterogêneos caracterizam-se pela presença de estruturas constituídas de faixas de quartzo-feldspato e faixas biotíticas com leitões ou lentes de anfibólio. São formados de um paleossoma cinza escuro, de granulação fina a média, contendo biotita, quartzo e feldspato e um neossoma claro, de granulação grosseira, contendo quartzo e feldspato. Estes migmatitos formam um modelado bastante acentuado.

É comum ocorrer nas faixas destes migmatitos heterogêneos, diques de rochas básicas, aplitos, pegmatitos, lamprófiros e diques graníticos. A direção geral desses diques e diáclases na região é NE-SW.

O conjunto migmatítico homogêneo é constituído principalmente de rochas denominadas por Rosier de "gnaisses granitóides". Estas rochas apresentam granulação média ou grosseira e constituem-se, essencialmente,

por quartzo, plagioclásio, K-feldspato, biotita e anfibólio. Os minerais acessórios que mais comumente ocorrem são apatita, titanita, zirconita, alnita e opacos.

Na parte nordeste e mais à jusante da bacia, assim como nos altos divisores de água, a leste e a oeste, são encontrados plutonitos ácidos (granitos) de idade Pré-Cambriana/Éo-Cambriana (figura 1). Estas rochas são responsáveis pela morfologia diversificada e pela formação do relevo arredondado e escarpado, com morros do tipo "pães de açúcar" (foto 1).

Essas ocorrências de granito porfiróide acham-se encravadas no complexo de rochas migmatíticas. Apresentam, macroscopicamente, um conjunto mineralógico de granulação média a fina formado por quartzo, feldspato alcalino-predominantemente plagioclásio e mica. A textura é porfirítica com elementos grandes de feldspato mergulhados numa massa mais fina de mica e quartzo. Microscopicamente, apresentam como minerais essenciais mais comuns a microclina, quartzo, plagioclásio e biotita. Os minerais acessórios que se destacam são apatita, zirconita, magneto-ilmenita, magnetita, biotita, titanita e mineral opaco.

A área abrangida pelo presente estudo foi subdividida em dois grupos, de acordo com pesquisas realizadas pelo Departamento de Recursos Naturais do Estado do Rio de Janeiro, ao preparar o novo mapa geológico do Estado baseado em imagens MSS do Satélite Landsat-1 (1977). Trata-se dos grupos Serra dos Órgãos e Paraíba do Sul. O primeiro deles abrange as áreas de topografia mais acidentada com escarpamentos verticais e picos agudos. Neste grupo, predominam fundamentalmente migmatitos, gnaisses granitóides e granitos.

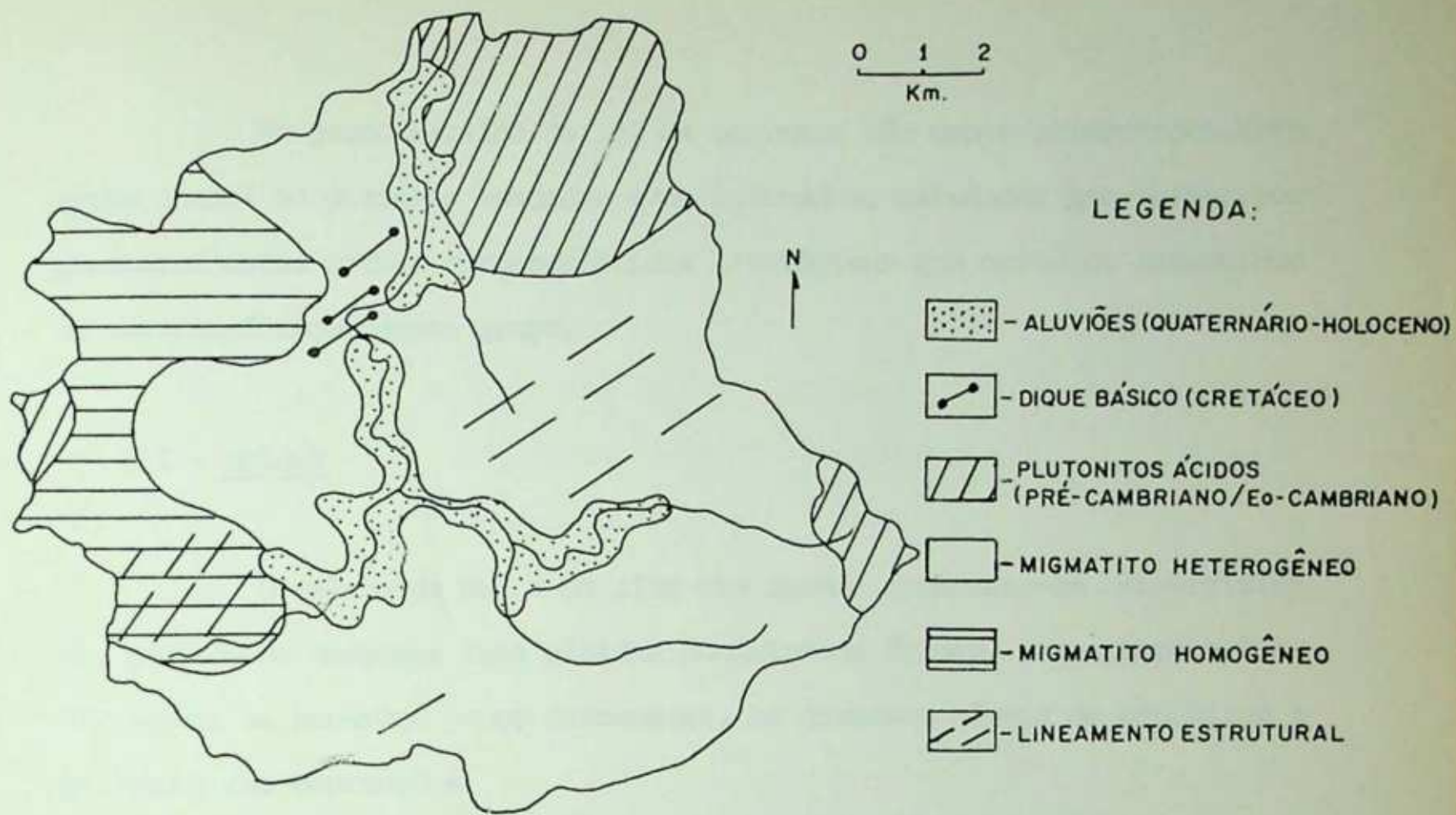


FIGURA 1 - MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA EXECUTADO PELO DNPM/CPRM (1976)
ESCALA ORIGINAL 1:250 000 APROXIMADA.



FOTO 1 - MORFOLOGIA APRESENTADA PELOS GRANITOS PORFIRÓIDES, SENDO COMUM NESTAS ROCHAS O APARECIMENTO DE MORROS DO TIPO "PÃES AÇUCAR."

No grupo Paraíba do Sul os terrenos são menos acidentados. Este grupo inclui os gnaisses bandados e/ou laminados, estudados por Rosier, por possuírem estas rochas características litológicas que muito se assemelham às características deste grupo.

2.2 - Relevo

O relevo da bacia do alto rio Grande apresenta-se diversificado, podendo-se observar três nítidos domínios de formas, com topografias distintas: as escarpas pouco dissecadas, os diversos níveis de ombreiras e os fundos das depressões.

O primeiro domínio está localizado na periferia da bacia, formando os mais elevados divisores de água. É uma área de caráter evidentemente montanhoso, constituindo-se de morros agudos com pontões muito escarpados, desnudos e de rochas frescas. De acordo com De Martonne (1943/1944); Ruellan (1944); Freitas (1951) e outros autores, essas altas escarpas da Serra dos Órgãos teriam originado-se de uma flexura ou uma falha. Esta área, segundo Freitas (1951) sofreu intensa dissecção erosiva graças ao forte levantamento epirogênico. No topo dessas elevações, em altitudes superiores a 2000 m, sobressaem vestígios de superfícies de erosão muito antigas designadas de Pd 3 por Bigarella e outros (1965), correspondendo à Superfície dos Campos de De Martonne (1943).

A gênese desses blocos rochosos esfoliados foi vista, na região, por Ab'Saber (1958) quando afirmou serem eles "resíduos de antigas plataformas interfluviais da fase de peneplanização eocênica, hoje, esculpidos pela erosão e meteorização tropicais".

Ao estudar a geomorfologia litorânea do Estado do Rio de Janeiro, Birot (1959) mostra que o relevo da parte mais elevada da Serra do Mar é extremamente complexo, formando vales muito escavados que correm para o interior. As elevações de cumes arredondados e desnudos representam a morfologia dominante nas partes mais elevadas da serra, não apresentando nítidos vestígios de superfícies de aplainamento culminantes. As vertentes dessas elevações vão ter a vales muito largos de fundo chato e com declive longitudinal moderado. Os pontões constituem vestígios rebaixados de uma antiga superfície de erosão considerada de idade Terciária Média.

O segundo domínio apresenta topografia ainda acidentada. Fazem parte desta unidade de relevo os níveis de ombreiras escalonadas a altitudes variadas. Representam estas formas de relevo os interflúvios dos afluentes do rio Grande. Seus topos convergem para a parte central da bacia, diminuindo seu gradiente em direção ao fundo do vale principal. Próximo a este vale surgem as colinas arredondadas, de perfil convexo, constituídas de rochas intemperizadas. Essas formas de relevo, estreitas e alongadas, parecem constituir remanescentes de vários níveis de erosão mais recentes (Bigarella e outros, 1965; Bigarella e Andrade, 1964).

O terceiro domínio situa-se na parte mais central, prolongando-se em direção à jusante da bacia. Constitui-se do fundo plano ou quase plano da principal depressão, onde o vale adquire outra configuração, alargando-se e dando origem à extensa planície (figura 2). Os terraços encontrados, margeando o canal principal, indicam atividade cíclica dos processos fluviais em tempos pretéritos.

A bacia do rio Grande ocupa uma área compreendendo altitudes

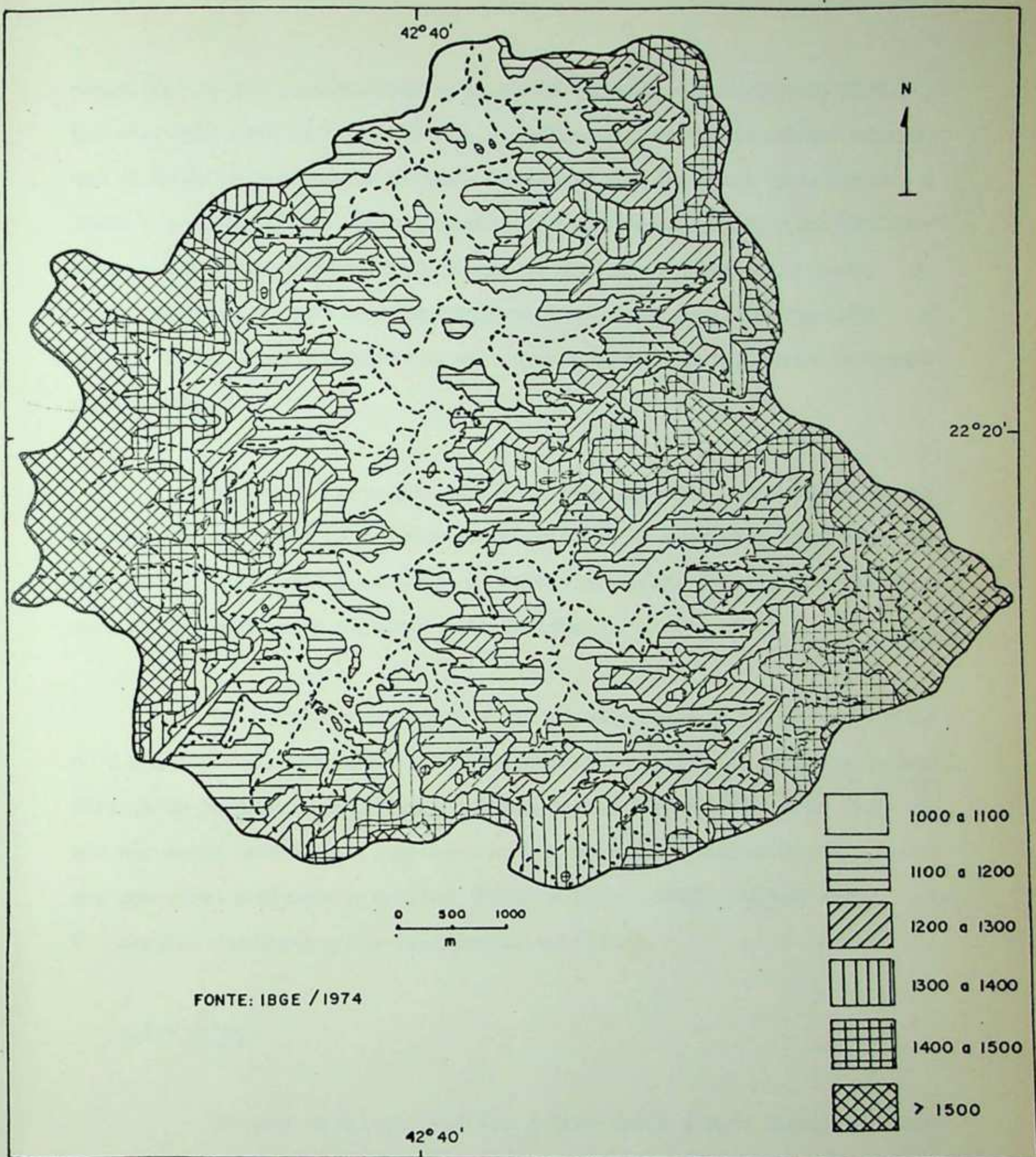


FIGURA 2 - NÍVEIS ALTIMÉTRICOS DA BACIA DE DRENAGEM .

entre 1000 m, nas proximidades do posto de medição, ultrapassando 2000 m, nos divisores oriental e ocidental. A análise das curvas de níveis mostrou que as áreas mais elevadas da bacia situam-se nos divisores localizados a leste e a oeste (figura 3). Na parte sul, nas cabeceiras dos rios São Lourenço e Campestre, o divisor de águas, localmente denominado de Serra do Morro Queimado, encontra-se rebaixado variando suas altitudes de 1200 a 1600 m. Estes dois rios vão unir-se alguns quilômetros à jusante, formando o rio Grande.

O comportamento das curvas de nível mostra, nitidamente, o estreitamento dos vales para montante, em direção às nascentes, bem como um alargamento das curvas para jusante. Este alargamento dá origem a uma área ocupada por sedimentos fluviais mais antigos.

Para jusante do outlet o rio Grande recebe o rio Negro, formando a bacia do rio Dois Irmãos, o qual constitui o maior afluente da margem direita do Paraíba do Sul. Tanto a bacia do rio Grande, como a do rio Negro são muito estreitas e embutidas entre cumeadas de serras muito elevadas com vales profundos e esguios (Ribeiro Filho, 1948). Nestes vales em V estreito encontram-se as corredeiras e saltos.

2.3 - Clima

Decorrente de sua posição, a área sofre a ação direta das massas de ar Tropical Atlântica (Ta) e Polar Atlântica (Pa). As características de cada uma delas e a movimentação das mesmas, juntamente com a atuação das "frentes" e calhas barométricas, vão influenciar diretamente nos regimes pluviométrico, térmico e hidrométrico.

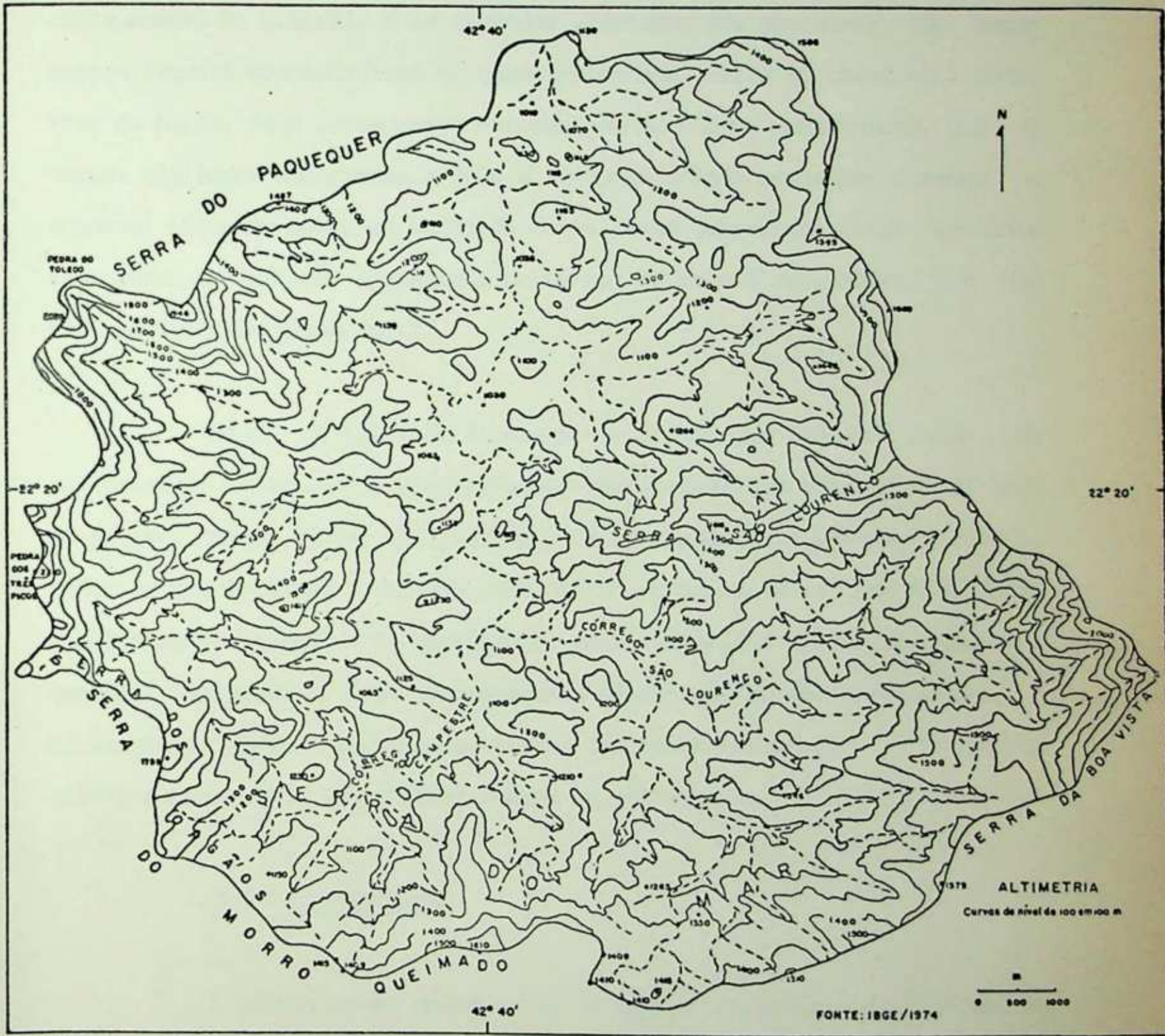


FIGURA 3 - ALTIMETRIA DA BACIA DE DRENAGEM.

Por outro lado, a configuração topográfica do terreno influi consideravelmente nas condições climáticas vigentes na bacia de drenagem. A posição da Serra do Mar que, a partir de Teresópolis para leste, dispõe-se obliquamente ao litoral, e as elevadas altitudes dos divisores, são importantes fatores que modificam as características gerais do clima no interior da bacia. Seus divisores constituem-se de blocos montanhosos, que alcançam altitudes superiores a 2000 m. O curso d'água principal disseca a encosta, nascendo quase na borda da serra. Suas cabeceiras estão bastante rebaixadas e a direção aproximada norte-sul do vale é responsável por certas condições do clima local.

Dentro da bacia de drenagem, as únicas anotações de dados de climatologia referem-se a precipitações registradas num período de 24 anos no outlet. Diante disso, utilizou-se para complementar o estudo climático, dados de precipitação coletados pelo DNAEE, na bacia do rio Bengala, contígua à bacia em estudo e de semelhantes características quanto ao relevo, geologia, topografia, área de drenagem e orientação do curso principal. A bibliografia geral e estudos realizados nas proximidades por Bernardes (1949) constituíram importantes fontes de referência.

2.3.1 - Precipitação

A precipitação média anual no outlet da bacia é de 1269 mm. Para a área dos divisores, esse valor é em torno de 3229 mm.

A distribuição espacial das chuvas e o regime pluviométrico da bacia de drenagem estão relacionados às chuvas produzidas sob diferentes condições. As movimentações da Frente Polar Atlântica, que atinge com fre

quência a região no início da primavera, ocasionam totais elevados de pluviosidade (341.7 mm). No verão, o aumento desse índice para 716.6 mm corresponde às chuvas relacionadas com o forte aquecimento do solo, associado aos avanços da Massa Polar ou formação de linhas de instabilidade. Em março a pluviosidade permanece alta, superando os índices registrados em fevereiro. No outono, a região ainda recebe alta pluviosidade por ser ainda grande a atividade frontal (332.0 mm). Essas chuvas intensas, ocorridas nesta época, são acentuadas pelo relevo. No inverno, segue-se um decréscimo brusco da pluviosidade (83.6 mm). As chuvas desta estação são causadas por incursões polares com menor frequência e menor intensidade em seus efeitos.

Com relação ao regime das chuvas, podemos sintetizar que a bacia de drenagem apresenta duas estações bem marcadas. Uma chuvosa, que corresponde aos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, com 716.6 mm, e outra de estiagem, durante os meses de junho, julho e agosto, com 83.6 mm (figura 4 A,B,C).

O efeito orográfico, em relação aos deslocamentos de massas de ar, ocasiona chuvas mais abundantes nas áreas mais elevadas. A partir da área que corresponde aos divisores da bacia, limitada pela curva de 2000 m, ocorre um decréscimo dos totais pluviométricos em direção ao outlet.

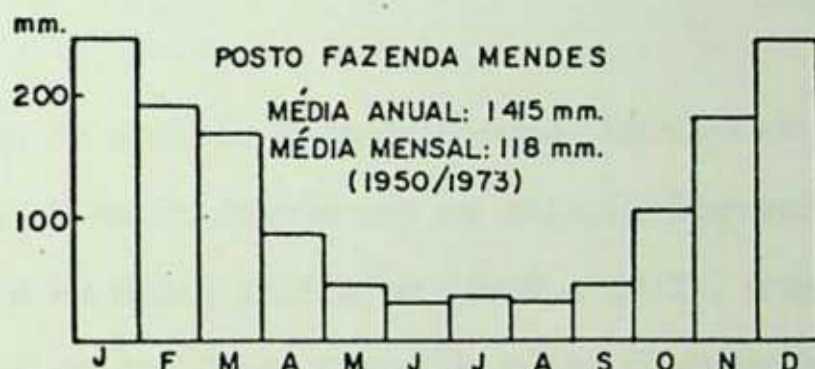
No posto pluviométrico Teodoro de Oliveira, localizado próximo aos divisores da bacia, porém na vertente do rio Bengala, a precipitação média anual é de 3160.4 mm. O ano de maior pluviosidade foi 1972, registrando-se 4208.3 mm e o ano mais seco (1970) acusou um total de 2770.9 mm de chuva (figura 5). A máxima precipitação ocorre em dezembro, com média de



A



B



C

FIGURA 4 - HISTOGRAMAS DE PRECIPITAÇÃO: DIVISORES DE ÁGUA A 1110m (A), A 1610m (B) E OUTLET A 1019m (C).

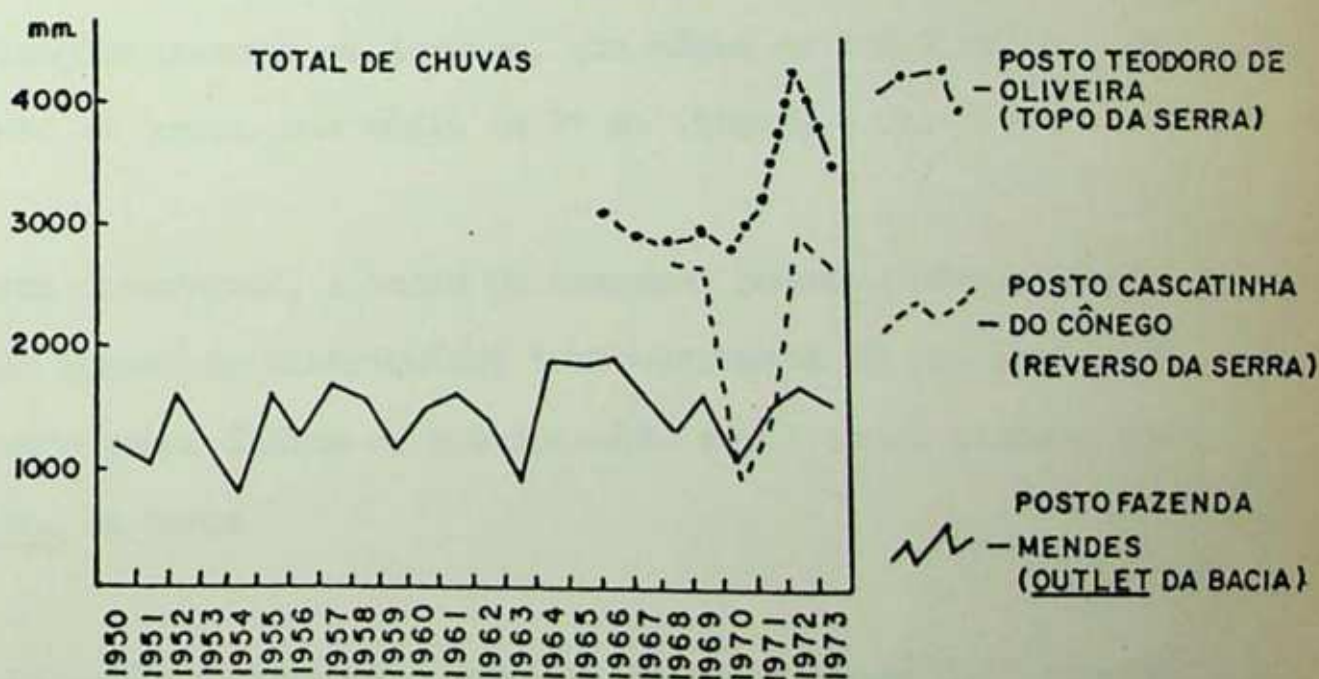


FIGURA 5 - CARACTERÍSTICAS ANUAIS DA PRECIPITAÇÃO NO TOPO, REVERSO DA SERRA E OUTLET DA BACIA DO ALTO RIO GRANDE.

420.5 mm, com decréscimo acentuado no início do inverno, quando atinge, em junho, a média de 108.5 mm. A média mensal de precipitação, para o período observado (1966/1973) é de 263.3 mm.

O posto Cascatinha do Cônego, que também está situado na bacia hidrográfica vizinha, correspondendo também à parte dos divisores d'água de nossa bacia de drenagem, apresentou sensível decréscimo na precipitação. A queda anual média das chuvas é de 2166.6 mm e a média mensal registrada é de 180.4 mm para o período de 1968/1973. O ano de maior pluviosidade foi também 1972, porém a precipitação foi de 2873.9 mm. Para o ano mais seco (1970) os dados acusaram somente 987.5 mm.

No posto de medição Fazenda Mendes, localizado no outlet da bacia, verificou-se um maior decréscimo em relação à quantidade de chuva. A precipitação anual é em média 1415.0 mm (1950 a 1973), enquanto a precipitação média mensal é de 118.0 mm. O ano de maior pluviosidade foi 1964, registrando-se 1877.8 mm e o ano mais seco (1963) acusou 854.9 mm de chuva. As maiores precipitações ocorrem em janeiro, com média de 248.3 mm, e as menores registram-se em junho, com média de 29 mm (figura 4 C).

Conforme observamos, a bacia de drenagem possui elevados índices de precipitação apesar de distribuídos irregularmente em sua área. A figura 5 mostra que o menor índice de precipitação total anual atingiu 800 mm em 1963 no outlet da bacia.

Em todo período observado, temos a destacar o mês de janeiro de 1978 em que a precipitação atingiu índices elevados, acarretando problemas para as atividades agrícolas, principalmente no que se refere a sua

produção e distribuição dos produtos agrícolas. A tabela 1 mostra a precipitação diária para o mês de janeiro de 1978, nos três postos de observação. Nesta época, verificaram-se fortes aguaceiros e imediatas cheias dos canais, acarretando problemas para os agricultores locais. Podemos observar que, durante o mês, as chuvas tiveram frequência irregular com forte intensidade para alguns dias. A tabela 2 resume a frequência de dias com relação à quantidade de água precipitada. Nota-se que em apenas um dia de janeiro a chuva caiu com forte intensidade, atingindo valor superior a 100 mm.

1 9 7 8 - JANEIRO			
DIAS	FAZENDA MENDES	CASCATINHA DO CÔNEGO	TEODORO DE OLIVEIRA
1	0.0	0.0	46.8
2	27.0	45.4	28.4
3	16.8	17.6	18.6
4	1.4	12.0	10.4
5	0.4	2.6	0.0
6	0.0	0.0	0.0
7	0.0	3.0	6.2
8	0.4	8.2	5.8
9	0.0	31.4	10.0
10	24.2	0.0	25.6
11	30.0	24.0	62.4
12	50.0	48.2	72.6
13	100.0	112.2	123.8
14	11.0	21.6	25.6
15	20.0	6.2	10.2
16	30.0	16.8	12.6
17	10.0	13.2	20.2
18	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0
23	1.2	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0
25	0.5	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.0
27	27.0	4.8	0.0
28	0.1	0.0	0.0
29	0.0	0.0	0.0
30	0.0	0.0	0.0
31	0.0	0.0	0.0
total mensal	350.0	357.2	479.2
altura máxima	100.0	112.2	123.8

TABELA 1 - Precipitação diária (janeiro de 1978) nos três postos de observação considerados para a bacia de drenagem

PRECIPITAÇÃO (mm)	Nº DE DIAS (f_i)		
	POSTO FAZENDA MENDES	POSTO CASCATI- NHA DO CÔNEGO	POSTO TEODORO DE OLIVEIRA
0 (sem chuva)	14	16	16
0 - 10	7	5	3
11 - 20	3	3	4
21 - 30	5	4	4
41 - 50	1	2	1
62 - 73	0	0	2
101 - 125	1	1	1
TOTAL	31	31	31

TABELA 2 - Distribuição da precipitação por número de dias nos três postos pluviométricos, no mês de janeiro de 1978

2.3.2 - Temperatura

Acompanhando os níveis altimétricos da Serra do Mar, verifica-se que, na encosta voltada para o interior, onde se situa a bacia de drenagem, as altitudes das cristas apresentam as mais baixas médias, com temperaturas inferiores a 17°C . À medida que se desce a encosta, as temperaturas tornam-se mais elevadas.

A temperatura média anual da área está em torno de 17.3°C . Pela sua posição geográfica e em relação à massa do relevo, as temperaturas são baixas ocorrendo em média, verões brandos (20.5°C) e invernos frios (14.0°C). Fevereiro é o mês mais quente com médias das máximas de 27.2°C e média das mínimas de 16.7°C . O mês mais frio é julho, quando se registram 21.0°C para a média das máximas e 7.3°C para a média das mínimas. Bernardes (1949), em estudo do clima da região, refere-se a duas nítidas esta

ções. Uma quente, que se estende de novembro a abril, e outra fria, entre maio e outubro.

A amplitude térmica anual nessa região é de 11.16°C . Durante o verão, as amplitudes médias mensais de temperatura são pequenas em relação ao inverno. Isto se deve à coincidência do verão com a estação das chuvas que, desta forma, limita os valores de variação da temperatura. Em dezembro a amplitude média é de 9.9°C e em julho é de 13.7°C . Os valores de amplitude térmica mais elevados durante o inverno são decorrentes não só da altitude e do afastamento do litoral, como também da pouca quantidade de chuva registrada nesta época do ano.

No período de outono e inverno, o relevo vai influenciar a variação da temperatura, porque as massas de ar ao se resfriarem a uma determinada altitude, tendem a descer junto a superfície da escarpa, originando inversões de temperatura. As massas frias, no outono, além de trazerem para a região essas inversões de temperatura, ocasionam a formação de nevoeiros.

2.3.3 - Umidade e nebulosidade

A média anual de umidade relativa na área é em torno de 83.4%. Esse valor elevado é devido às temperaturas amenas e às chuvas abundantes.

Março é o mês de mais alto teor de umidade, cujo valor médio alcança 85%. Isto é decorrente da alta pluviosidade deste mês, conjugada à queda da temperatura, que começa a ocorrer no fim do verão. Setembro, em contrapartida, é o mês de menor umidade relativa (81.8%) quando ainda não

teve início a estação chuvosa e as temperaturas já começaram a se elevar.

A média anual de nebulosidade para a região é em torno de 5.7. Os meses de maior nebulosidade, quando as médias são superiores a 6, correspondem àqueles de mais altos índices pluviométricos (outubro a março). Entre os meses de maio e agosto, a nebulosidade oscila entre 4 e 5, quando a região encontra-se no rigor da estação seca. A média para o mês de mais baixa nebulosidade (julho) é de 4.2, que é o mês mais seco. Dezembro, por outro lado, é o mês de mais alta nebulosidade (7.3), sendo também o mês das mais elevadas precipitações.

2.3.4 - Classificação climática

Estudos climáticos do Rio de Janeiro, realizados pela CENPLAN (relatório interno, 1974), classificam o clima da alta encosta interior da Serra do Mar como Cwb, segundo Koeppen. "C" indica clima pluvial temperado, sendo o mês mais frio de temperatura média compreendido entre -3° e 18°C ; "w" significa estação seca no inverno; e "b", que a temperatura média do mês mais quente encontra-se abaixo de 22°C e durante quatro meses do ano a média de temperatura está acima de 10°C .

De acordo com estudo dos tipos de clima no Brasil, realizado por Bernardes (1951), este tipo (Cwb) foi denominado tropical de altitude devido a presença de o inverno seco ser consequência da altitude.

2.4 - Solo e uso da terra

Na bacia do alto rio Grande, predominam os latossolos vermelho

e alaranjado com pequenas manchas de litosol e solo hidromórfico (Comissão dos Solos, Ministério da Agricultura, 1958). Os primeiros ocorrem nos terrenos mais acidentados, enquanto os hidromórficos se restringem à planície aluvial (figura 6).

Os latossolos apresentam-se com perfis bem desenvolvidos. Quimicamente são muito pobres, com baixo teor de humus e grande porcentagem de óxido de ferro e alumínio. Foi nas vertentes convexas e nos declives suaves destes solos que se instalou, no século passado, o café. Atualmente seus terrenos são ocupados pelas matas, capoeiras e gramíneas bem como pela cultura temporária. Esta última vai ocupar maior extensão na área dos latossolos vermelhos. Como a área está em franco desenvolvimento agrícola, deve-se alertar para a ocupação das culturas nas elevações com declividade superior a 30 por cento. Embora esses solos apresentem certa resistência, verificam-se a erosão e a lavagem do solo, ocorrendo a perda dos elementos nutrientes, tornando-os cada vez mais empobrecidos. Nessas áreas é necessário adotar-se os processos de conservação do solo como o reflorestamento, preferivelmente, com espécies nativas.

Os litossólicos, em razão de se encontrarem geralmente em áreas de relevo muito movimentado, de forte declividade, são pouco imtemperizados. São solos muito rasos, com perfis de pequena espessura apresentando, por isso, limitações para um grupo de culturas que possam se adaptar climaticamente.

Os solos hidromórficos desenvolvem-se a partir dos sedimentos quaternários, localizados na planície, onde predominam depósitos argilosos e arenosos estratificados. Esses solos têm alto potencial agrícola, sendo

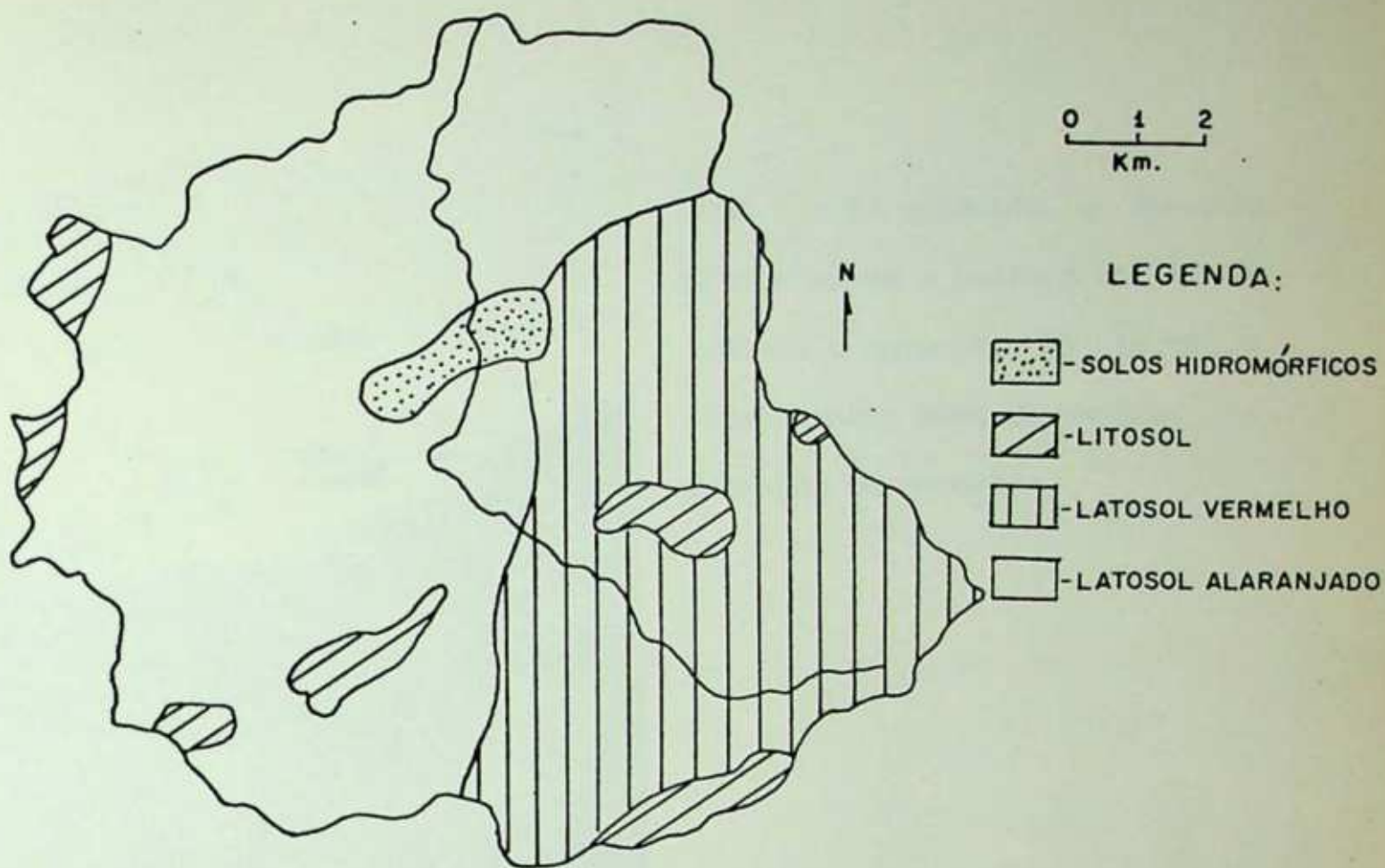


FIGURA 6 - MAPA DE SOLOS DE ACORDO COM O MINISTÉRIO DA AGRICULTURA / 1958. ESCALA ORIGINAL 1: 400.000.

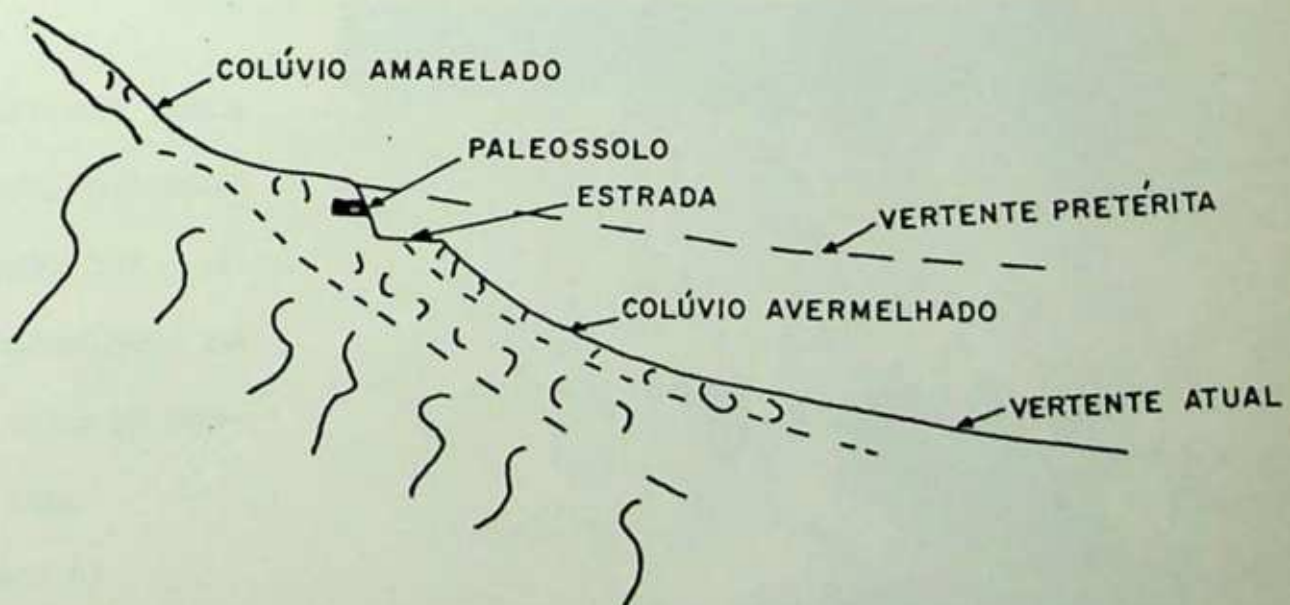


FIGURA 7 - PERFIL DO PALEOSSOLO LOCALIZADO NO Km 1 DA ESTRADA PARA SÃO LOURENÇO.

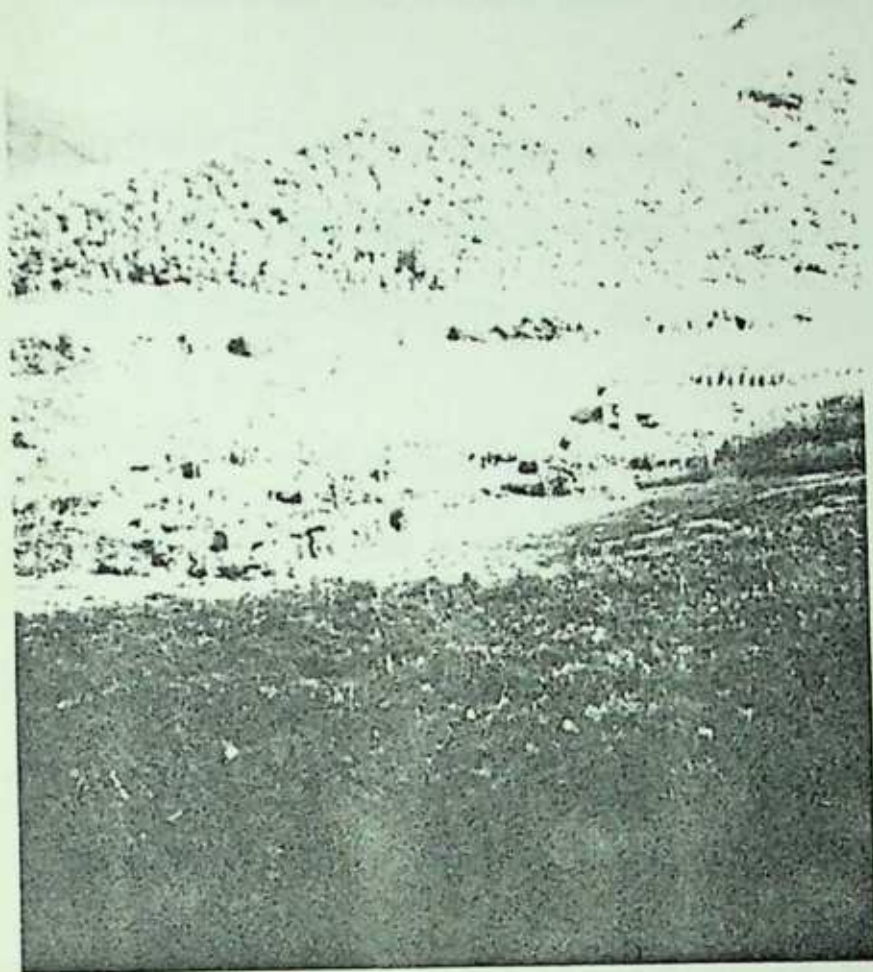
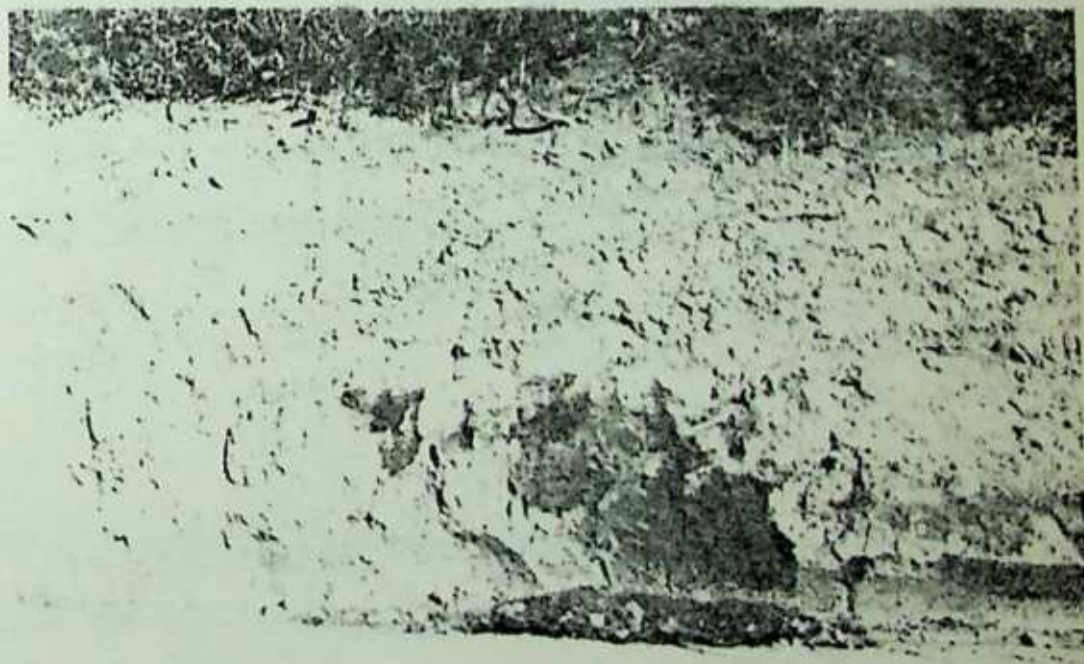


FOTO 2 - Em primeiro e segundo planos vê-se a cultura de vagem subindo a encosta. Em terceiro plano a mata semi devastada com formação de capoeira

FOTO 3 - Estrada para São Lourenço, paleosso_ lo entremeado por um colúvio avermelhado na base e um colúvio amarelado no topo
(vide figura 6)



intensamente utilizados para a horticultura.

De uma forma geral, as culturas, principalmente de verduras e legumes, localizam-se, na área, em altitudes inferiores a 1200 m, ocupando as planícies aluviais, os baixos terraços e as encostas dos morros (foto 2).

Trabalho realizado por Keller (1958), no município de Nova Friburgo, mostra que o aproveitamento do solo na área está associado à influência do relevo. Nas áreas dos altos blocos rochosos, de encostas íngremes, verifica-se a quase ausência de solos. Estas áreas permanecem não integradas na economia regional e praticamente desocupadas. Entre as áreas ocupadas pelas atividades agrícolas estão os vales de fundo chato englobando áreas não inundáveis e as várzeas inundáveis; os baixos terraços e os morros cristalinos de perfis arredondados.

Paleossolos hidromórficos ocorrem nas vertentes, testemunhando níveis elevados das planícies aluviais ou indicando a presença de antigas rampas colúvio-aluvionares. Observou-se a presença, na região, de paleossolo de coloração escura, intercalado entre o colúvio avermelhado na base e um colúvio amarelado no topo (figura 7 e foto 3).

2.5 - Vegetação

No que se refere à cobertura vegetal, apresenta a bacia do alto rio Grande uma distribuição de acordo com condições de altitude, temperatura, solo e drenagem. Assim, aparecem áreas com cobertura florestal tipo natural semi-devastada, floresta secundária, vegetação herbácea rupetre e gramínea.

A floresta natural ocupava 42.4% da área da bacia em 1966, instalando-se nas encostas elevadas e distribuindo-se numa faixa mais ou menos contínua (figura 8). As famílias botânicas mais comumente encontradas neste tipo de floresta são: Mirtaceas, Proteaceas, Melastomataceas, Malpigiaceas e Compostas arbóreas e arbustivas. Esta paisagem florestal, que na área se apresenta devastada, e com grande variedade de espécies, prolonga-se por toda a Serra do Mar. É um tipo de vegetação estratificada, sofrendo entretanto, certas modificações de acordo com a altitude, em função de mudanças das condições ecológicas (Hueck, 1972).

Nos locais onde a floresta primitiva foi destruída, formou-se uma vegetação secundária, que aparece ora densa ora rarefeita, compreendendo várias espécies pertencentes aos gêneros Tibouchina, Sapium, Croton, Vernonia e Baccharis. Estudos realizados por Veloso (1945), em área contígua à nossa bacia de drenagem, e de semelhantes características vegetais, referem-se aos vários estágios desta mata secundária. Em nossa área, registram-se ocorrências esparsas desta vegetação secundária em altitudes inferiores a 1400 m, atingindo em raros locais, 1600 m (figura 9).

Estudos realizados por Rizzini (1954) citam como árvores maiores e mais importantes da Serra dos Órgãos, acima de 1400 m, os seguintes gêneros: Sloanea, Ficus, Sideroxylon, Meriania, Cedrela, Cabranea, Miconia, Cecropia e Orepanax.

Mais para cima ainda, à medida em que se sobe as encostas, onde registram-se as maiores quantidades de chuva e mais elevadas umidades do ar, dominam, com maior intensidade, espécies de troncos baixos e deformados, com casca clara e lisa, quase totalmente cobertos de musgos. Entre

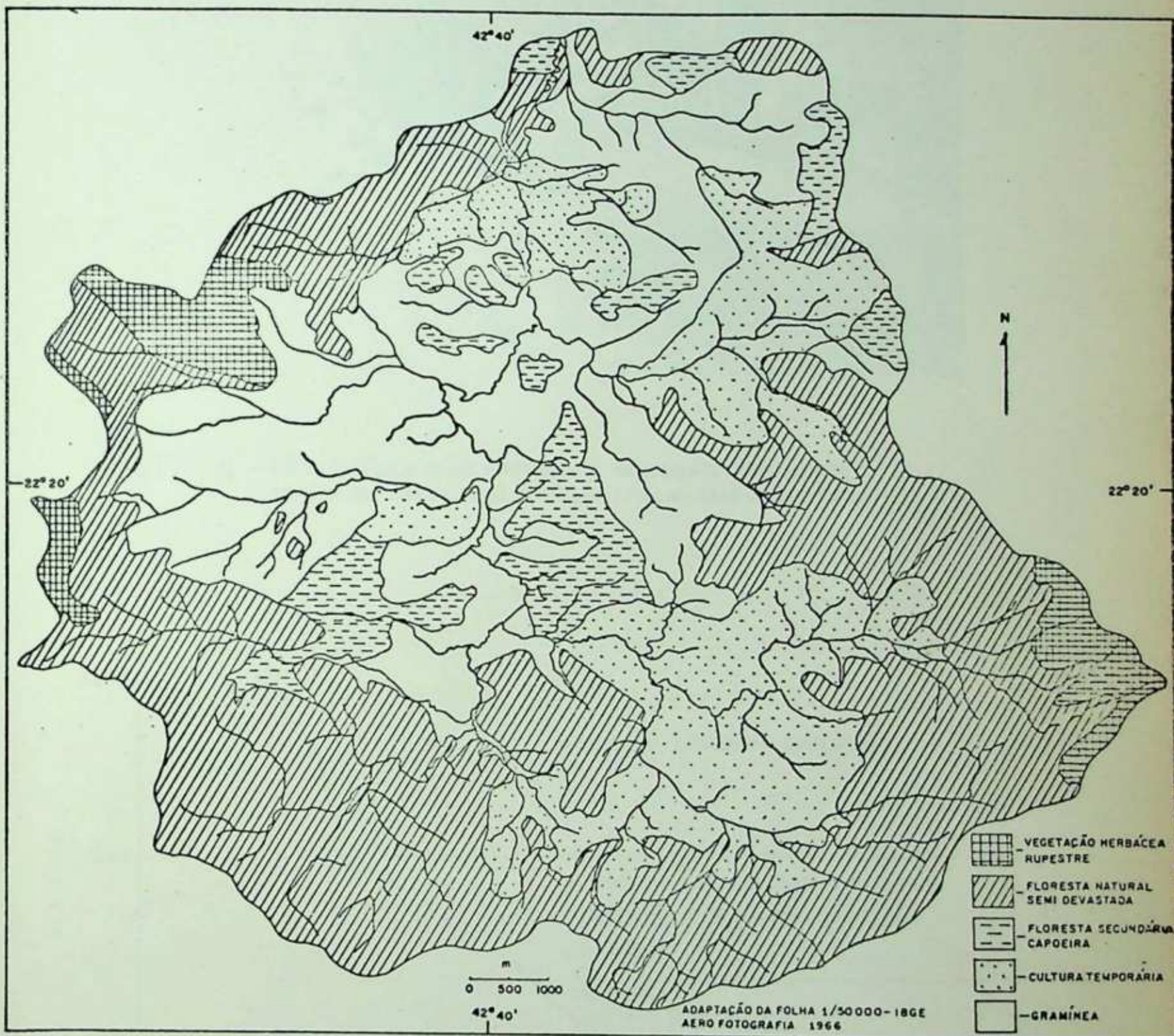


FIGURA 8 - DISTRIBUIÇÃO DA VEGETAÇÃO E DA AGRICULTURA NA BACIA DE DRENAGEM EM 1966.



FOTO 4 - BROMELIÁCEA MAIS FREQUENTE NA REGIÃO, COMUMENTE CONHECIDA COMO BARBA DE VELHO (TILLANDSIA USNEOIDES).



FIGURA 9 - DISTRIBUIÇÃO ESQUEMÁTICA DA VEGETAÇÃO NAS ENCOSTAS DA BACIA DO ALTO RIO GRANDE.

as epífitas destacam-se as Bromeliaceas (entre elas a barba de velho Tillandsia usneoides, foto 4) e as Orquidaceas. O chão desta mata é recoberto por Bryophyta (musgos), Pteridophyta (samambaias) e Angiopermae (sendo as mais comuns a família das Araceas e Peperaceas).

Dentre os diversos fatores que determinaram a derrubada da floresta, o principal decorreu da ocupação do solo pela agricultura. Esta mata degradada ocupa hoje áreas de antigas culturas, principalmente a do café, que se instalou nesta região no século passado (Keller, 1958). A reconstrução da cobertura vegetal, com o desenvolvimento das matas secundárias pós-café, verificou-se em rápida velocidade, pois em 1810 ainda se encontrava esta cultura na região.

Em altitudes superiores, a 1600 m, surge a vegetação herbácea rupestre. Ela reflete condições muito particulares desta área em relação à altitude, ao clima, solo, drenagem, insolação, direção dos ventos etc. A cobertura vegetal é sempre baixa e geralmente descontínua, sendo mais frequentes as plantas das famílias das Velloziaceas, Melastomataceas, Eurio-caulaceas. A vegetação é pobre tanto no número de espécies, como de indivíduos, ocupando um solo raso e pedregoso, porém com bastante humus e elevado teor de água. Surgem várias espécies de gramíneas e ciperáceas, que em conjunto, formam uma cobertura densa, e entre os espaços deixados pela vegetação arbustiva, crescem os musgos do gênero Sphagnum. Os afloramentos rochosos, que nesta área são muito frequentes, são comumente revestidos de líquens.

Metade da área da bacia (exatamente 46.5%) era ocupada pelas gramíneas e culturas temporárias em 1966. As primeiras ocupam as áreas

abandonadas pelas culturas recentes, correspondendo a 27.3% dos terrenos. A partir dos fundos dos vales, as gramíneas estendem-se até os topos mais arredondados das colinas, raramente, ultrapassando a altitude de 1500 m. Nestas pastagens, constituídas principalmente de capim gordura (pastagem artificial), instala-se a pecuária extensiva, que é atividade secundária na região (foto 5).

A araucária (Araucaria angustifolia) aparece em pequenos grupos de indivíduos, nas áreas de pastagem, cultura e capoeira. São árvores recentes, a maioria de pouca idade, constituindo reflorestamentos realizados pelos fazendeiros locais (foto 6). Ela aparece também entre as árvores nativas da floresta natural.

Como já foi visto, o clima da região apresenta duas estações bem típicas no ano, uma época de pouca precipitação e temperaturas mais baixas e outra de grande pluviosidade e temperaturas mais altas. Com uma amplitude térmica anual de valor médio igual a 11.16°C e uma variação média anual de precipitação entre os meses mais secos e os mais chuvosos em torno de 250 mm, a área favorece um comportamento biológico diferenciado durante o ano. Veloso (1945) ao estudar a vegetação da área contínua à bacia e de semelhante comportamento climático, verificou que o desenvolvimento dos vegetais, do município de Teresópolis, acompanha as quatro estações climáticas anuais sendo estas denominadas por ele de: estival, outonal, hibernal e vernal.

Para o referido autor, a primeira estação, compreendendo os meses de dezembro a março, caracteriza-se pelo aparecimento do estado produtivo das várias associações botânicas locais (florificação e frutificação).



FOTO 5 - Vista parcial da vegetação da bacia: no terceiro plano a comunidade primitiva em processo de de vastação; no segundo as gramíneas ocupando áreas recentemente abandonadas pelas lavouras, e, no primeiro uma cultura de vagem.



FOTO 6 - Algumas araucárias introduzidas, na área, pelos fazendeiros

Correspondem, como em nossa área de estudo, aos meses de grandes chuvas e elevadas temperaturas. A segunda estação, que se estende aos meses de abril a maio, é marcada por decréscimo da atividade vital dos vegetais, da precipitação e temperatura. Na estação hiberna, as temperaturas são baixas, há escassez de chuvas e para os vegetais representa uma época de repouso. Esta estação compreende os meses de junho a setembro, sendo caracterizada pela queda total ou parcial das folhas. As espécies decíduas são em número reduzido, enquanto as semidecíduas são em maior número. A estação vernal, que se caracteriza pelo despertar do estado de repouso dos vegetais e progressivo aumento da precipitação e temperatura, ocorre nos meses de outubro e novembro. É nesta época que se verifica a maturação e deiscência dos frutos.

2.6 - Rede de drenagem

A densidade de drenagem não é uniforme em toda a bacia do alto rio Grande. Ela se torna mais densa na área dos afluentes formadores, onde o relevo é mais acidentado. A densidade de drenagem geral da bacia é baixa (1.66 km de canais por km² de área), enquanto na parte mais meridional essa densidade chega a 3.85.

A densidade hidrográfica mostrou que a distribuição espacial do número de canais não é homogênea em toda a área da bacia. Apesar de o resultado geral para a bacia apresentar baixa densidade hidrográfica (1.60), em duas sub-bacias esta densidade atinge valor superior a 3 (exatamente 4.0 e 3.43 canais por km²). Estas áreas de alta densidade estão situadas na parte mais ao sul da bacia e próximas ao divisor. A área menos densa em drenagem está a noroeste da bacia, não chegando a possuir um canal por km².

Com base na metodologia desenvolvida por Strahler (1957) e aplicada à área em estudo, verificamos que a bacia está constituída de 196 segmentos de canais, distribuídos entre cinco ordens. O número de segmentos de canais decresce com o aumento do número de ordem de hierarquia, constituindo-se a bacia de 148 segmentos de canais de 1a. ordem e somente um segmento de canal de 5a. ordem (figura 10). Este decréscimo sugere uma progressão geométrica, com uma razão aproximada de 4, estando de acordo com a lei do número de canais proposta por Horton (1945).

Seguindo a metodologia de Shreve (1966), a magnitude da rede é de 148 canais. Tal resultado indica estar a bacia constituída de grande número de segmentos de canais de 1a. ordem. Isto se evidencia quando se compara este valor (148) com o número total de segmentos de canais da bacia (tabela 3). A ordenação dos canais é de 296, conforme proposição de Scheidegger (1965), que começa por estabelecer para cada canal de 1a. ordem o valor numérico igual a dois. Se dividimos este número total por dois, obteremos a quantidade de canais fonte da bacia.

Ordem de hierarquia	1a.	2a.	3a.	4a.	5a.	TOTAL
Nº de canais	148	36	9	2	1	196

TABELA 3 - Total de segmentos de canais da bacia, separados por ordens, segundo a classificação hierárquica de Strahler

A padronagem dos canais pode mostrar pronunciado controle estrutural. O padrão de drenagem da bacia possui um aspecto sub-dendrítico a sub-paralelo (terminologia de Howard, 1967). A semelhança litológica, que

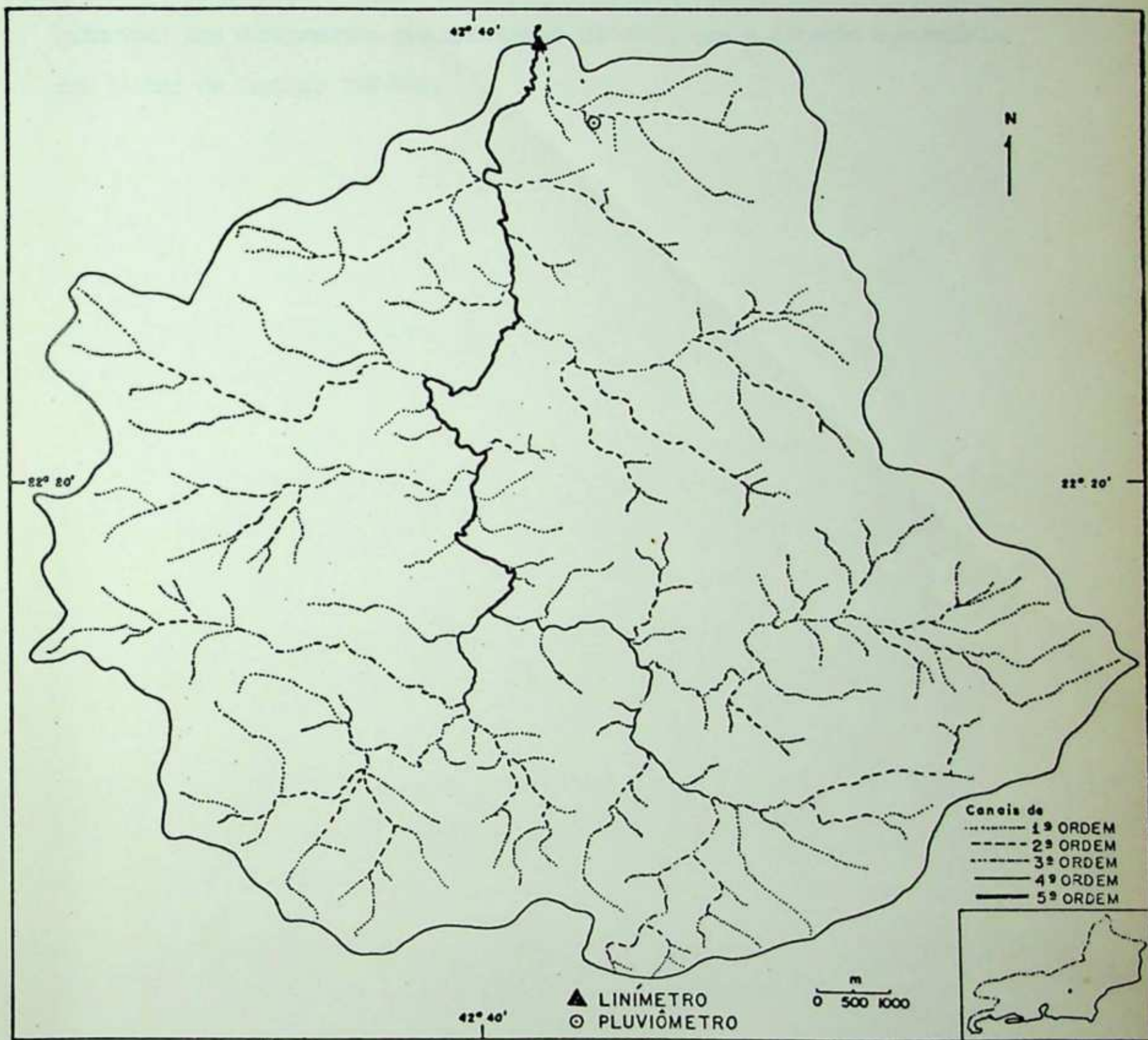


FIGURA 10-DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS CANAIS DENTRO DA BACIA.

parece oferecer comportamento homogêneo em relação aos agentes de intemperismo e erosão, favorece a predominância do padrão de drenagem dendrítico (figura 10). O aparente paralelismo dos talvegues acompanha ora a direção principal dos dobramentos precambrianos (NE-SW), ora a direção secundária das linhas de fratura (SE-NW).

3 - METODOLOGIA

Neste estudo da bacia do alto rio Grande, adotou-se uma divisão de caráter metodológico, considerando-se três etapas, que fornecem as características gerais do escoamento da rede de drenagem selecionada.

A primeira etapa compreende as características físicas, além de fazer referência ao ambiente físico da bacia, incluindo litologia, gradiente e vegetação. Para a análise da bacia hidrográfica foram utilizados alguns critérios básicos propostos por Horton (1945), Smith (1950), Schumm (1956) e Villela (1975).

A segunda etapa aborda as características hidráulicas no ponto mais à jusante da bacia, onde se situa o posto pluvio-fluviométrico. Este tópico examina a calha do rio durante os anos de 1947 a 1973, bem como analisa o material atual, encontrado no fundo do canal principal.

A terceira etapa da presente contribuição analisa a fluviometria do canal no posto de medição referido acima. O período de tempo observado vai de 1945 a 1973 sem interrupção. Inclui-se também, nesta etapa, os balanços hídricos da área.

3.1 - Primeira Etapa: características físicas da bacia

Para a análise das características físicas foram consideradas as 9 sub-bacias de 3a. ordem, encontradas no sistema de drenagem do alto curso do rio Grande (figura 11). Nesta etapa foi realizado um estudo comparativo entre estas sub-bacias através da análise das inter-relações entre

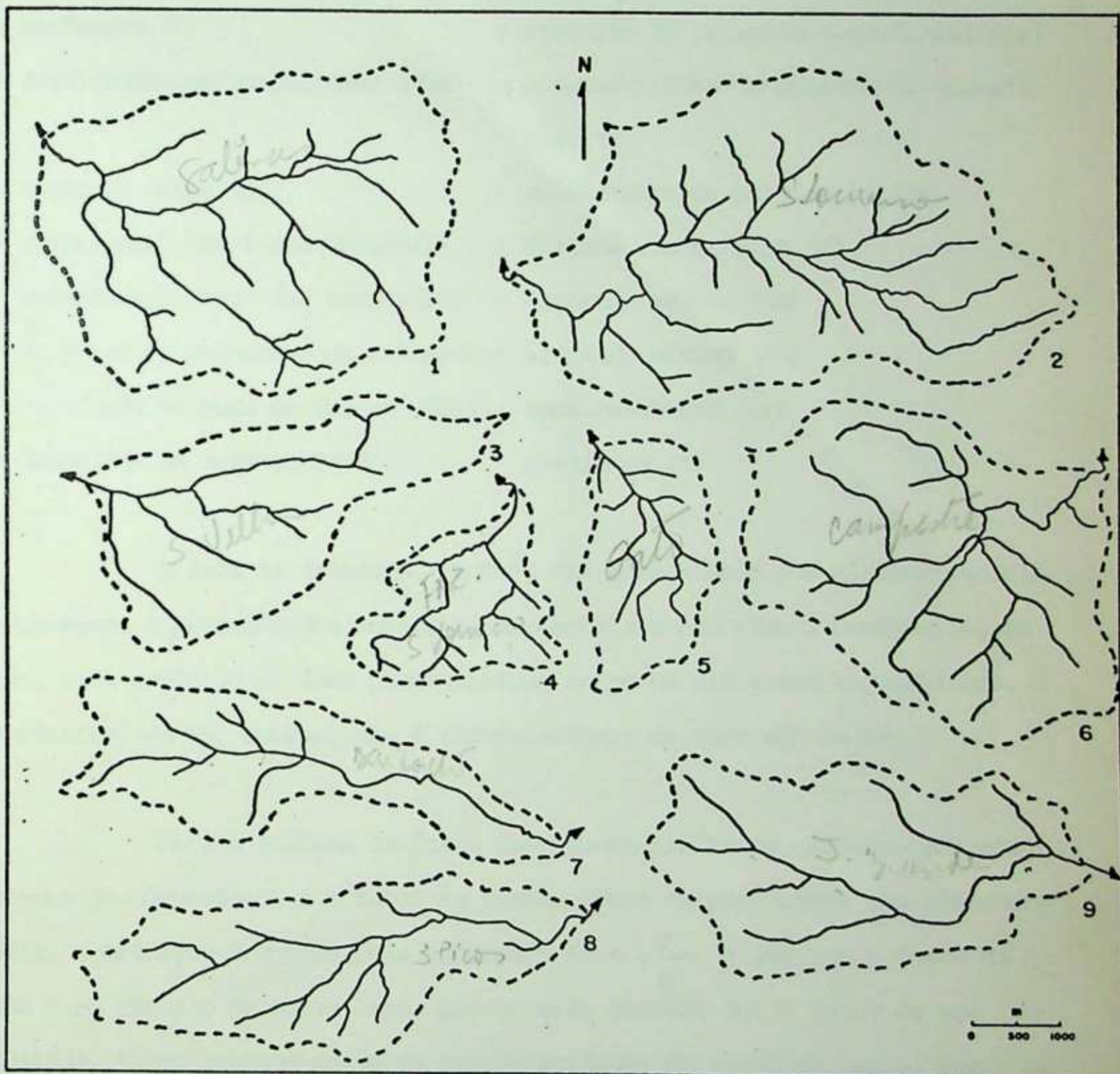


FIGURA 11 - REPRODUÇÃO PLANIMÉTRICA DAS 9 SUB-BACIAS

18 variáveis, apresentadas a seguir.

- | | |
|---------------------------------------|--|
| - área (A) | - densidade hidrográfica (Dh) |
| - perímetro (P) | - extensão do percurso superficial (Eps) |
| - coeficiente de compactidade (Kc) | - extensão média do escoamento superficial (l) |
| - fator de forma (Kf) | - coeficiente de manutenção (Cm) |
| - comprimento total dos canais (L) | - textura topográfica (T) |
| - comprimento médio dos canais (Lm) | - altitude máxima (AM) |
| - nº total de segmentos de canais (N) | - altitude mínima (Am) |
| - magnitude da rede de drenagem (Nl) | - desnivelamento (D) |
| - densidade de drenagem (Dd) | - gradiente (G) |

A área de drenagem, em km^2 , foi determinada por planimetria. Ela representa a projeção dos acidentes topográficos num plano. Designamos, então, esta projeção de área plana inclusa entre os divisores topográficos. O perímetro, em km, corresponde à circunferência de cada sub-bacia.

Para a análise da forma das sub-bacias foram calculados o coeficiente de compactidade e o fator de forma. Ambos os parâmetros são adimensionais. O primeiro é obtido pela expressão $Kc = \frac{P}{A}$ e compara a forma da bacia a um círculo de mesma área. Quanto mais elevado for o valor de seu resultado, tanto maiores serão as irregularidades da forma da bacia. Por outro lado, quanto mais próximo da unidade for o valor desse coeficiente, tanto mais acentuada será a tendência da bacia para maiores enchentes.

O segundo parâmetro (fator de forma) é expresso por $Kf = \frac{A}{C^2}$ sendo C o comprimento da bacia, seguindo o curso d'água mais afastado da

desembocadura. Este parâmetro relaciona a forma da bacia a um retângulo , tratando-se também de um indicativo de maior ou menor tendência para enchentes nas bacias.

Com relação ao comprimento e ao número, foram selecionadas as variáveis: comprimento total dos canais (L), comprimento médio dos canais (L_m), número total de segmentos de canais (N) e número de canais de 1ª ordem (N_1). Esta última variável é denominada magnitude da rede de drenagem.

As variáveis, densidade de drenagem ($D_d = \frac{L}{A}$), densidade hidrográfica ($D_h = \frac{N}{A}$) e extensão do percurso superficial ($E_{ps} = \frac{1}{2D_d}$) foram calculadas de acordo com as proposições de Horton (1945). As duas primeiras são adimensionais. A densidade de drenagem é uma relação entre o comprimento total dos canais da bacia e a área de drenagem, enquanto a densidade hidrográfica relaciona o número total de segmentos de canais com a área da bacia.

A extensão do percurso superficial, em km, foi considerada, como o inverso do dobro da densidade de drenagem calculada. Este parâmetro indica a distância média percorrida pelas enxurradas antes de encontrarem um canal permanente.

A variável extensão média do escoamento superficial representa a distância média do escoamento superficial das águas da chuva do ponto em que caiu até o curso d'água mais próximo. Seu resultado é igual a um quarto do inverso da densidade de drenagem ($l = \frac{A}{4L}$).

A variável coeficiente de manutenção foi obtida pela expressão

$C_m = \frac{1}{Dd} \times 1000$ apresentada por Schumm (1956). Multiplica-se por 1000 o inverso do valor da densidade de drenagem, com a finalidade de o resultado ser expresso em m^2/m . Este índice indica a área mínima necessária para manutenção de um metro de canal de escoamento.

8 A textura topográfica (Smith, 1950), representa uma relação entre o número de canais interceptado pela curva de nível de altitude média e o perímetro da bacia ($T = \frac{V}{P}$). Seu resultado pode fornecer uma indicação do estágio erosivo da região.

Para a análise das características do relevo foram utilizadas as variáveis altitude máxima (AM) e altitude mínima (Am), ambas em metros. A variável desnivelamento (D) foi obtida pela diferença entre as duas altitudes citadas.

Considerou-se também, com relação ao relevo, os perfis longitudinais dos canais e o gradiente. Este último foi calculado segundo Schumm (1956) e representa uma relação entre o desnivelamento e a extensão horizontal do curso d'água entre os dois pontos de desnivelamento ($G = \frac{D}{Ch}$).

Os valores iniciais das variáveis foram obtidos de cartas topográficas do IBGE (1974) na escala 1:50 000, entretanto foram realizados trabalhos de campo, visando o reconhecimento e observações da área a ser pesquisada.

A estatística descritiva para as 18 variáveis mencionadas foi calculada com auxílio do computador, com exceção da moda que foi obtida pela fórmula de Czuber (Bonini, 1972). A moda calculada tem a seguinte ex

pressão:

$$M_o = l_{mo} + \frac{h (f_{mo} - f_{mo+1})}{2 f_{mo} - (f_{mo-1} + f_{mo+1})}$$

onde

l_{mo} = limite inferior da classe modal

h = amplitude do intervalo

f_{mo} = frequência absoluta da classe modal

f_{mo-1} = frequência absoluta da classe anterior à modal

f_{mo+1} = frequência absoluta da classe superior à modal

Os coeficientes de variação foram obtidos pela expressão $\frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100$ onde σ é o desvio padrão e \bar{x} a média da distribuição.

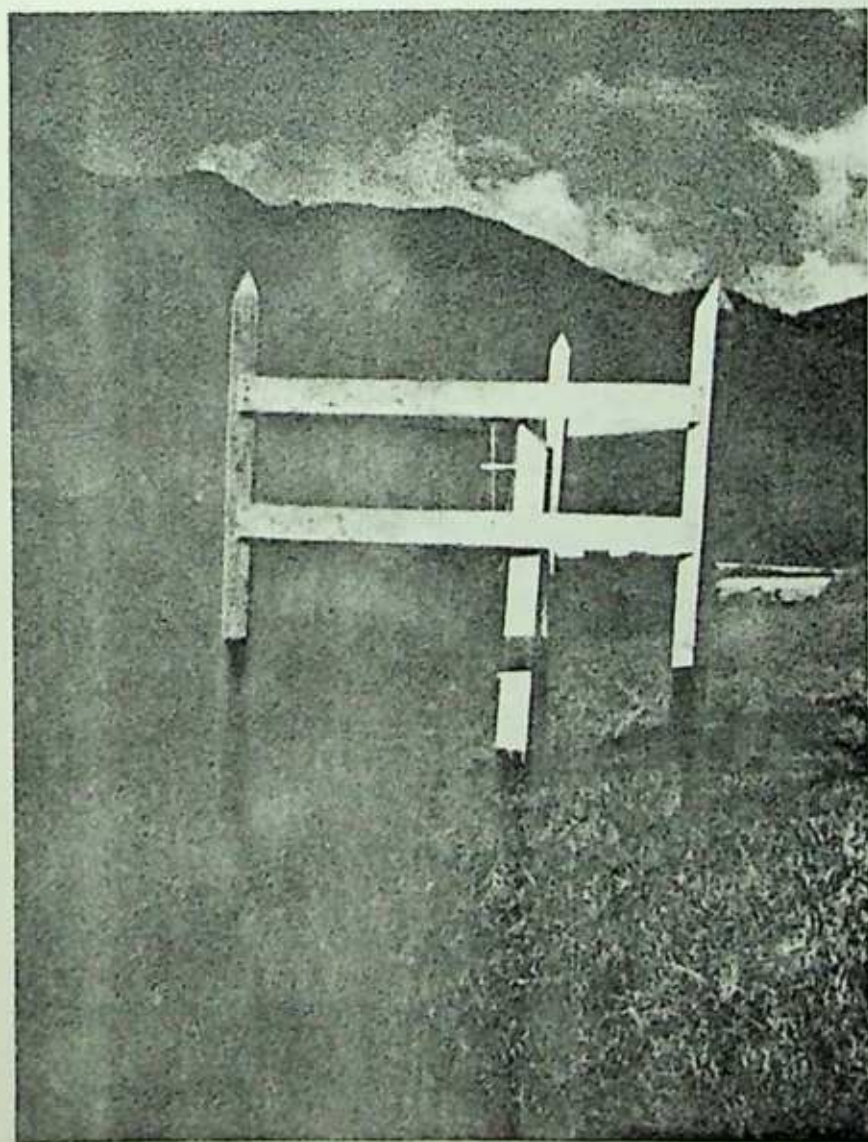
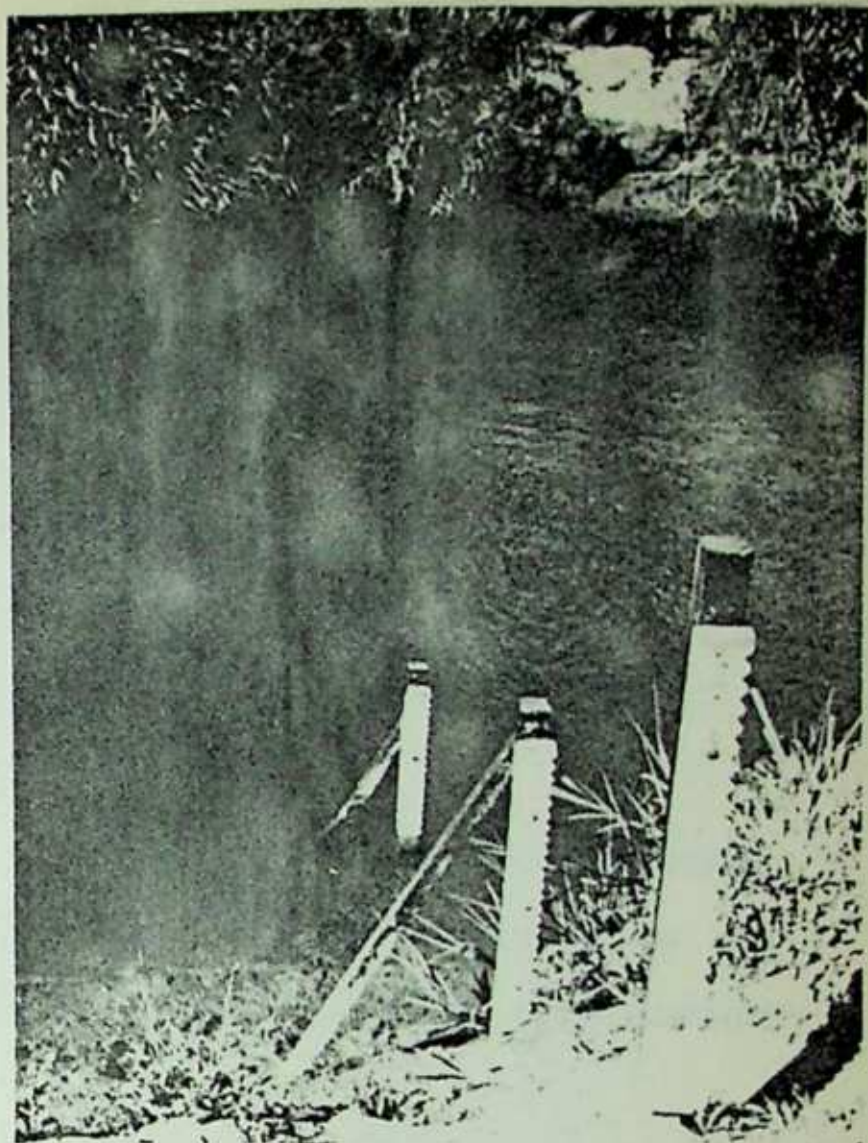
Os gráficos de correlação foram elaborados através do programa de computador SPSS versão 5 (Vetter, 1976). Para estes gráficos foram utilizados os valores absolutos dimensionais e não dimensionais dos parâmetros obtidos para cada sub-bacia. As correlações selecionadas foram tiradas da matriz Produto Momento de Pearson (tabela 4). Para a referida seleção foram consideradas as variáveis com valor mínimo de correlação igual a 0.66, estando assim dentro de um nível de significância de 0.5 (95%).

3.2 - Segunda Etapa: características hidráulicas do canal

Para este item da pesquisa foram utilizados dados fornecidos pela Seção de Hidrologia da Divisão de Recursos Hídricos do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE). Esses dados correspondem a 126 medições realizadas no posto pluvio-fluviométrico no período de 1947 a 1973 (foto 7 e 8).

Área	1	1.00																	
Perímetro	2	0.87	1.00																
Coefficiente de compacidade	3	-0.48	-0.03	1.00															
Fator de forma	4	0.36	0.05	-0.77	1.00														
Comp. total dos canais	5	0.92	0.71	-0.46	0.21	1.00													
Comp. médio dos canais	6	0.19	0.35	0.05	-0.05	-0.04	1.00												
Densidade de drenagem	7	-0.61	-0.77	0.12	0.16	-0.27	-0.44	1.00											
Magnitude da rede	8	0.84	0.58	-0.49	0.32	0.96	-0.30	-0.17	1.00										
Nº total de segmentos de canais	9	0.84	0.59	-0.47	0.31	0.97	-0.28	-0.15	0.99	1.00									
Densidade hidrográfica	10	-0.62	-0.82	0.04	-0.13	-0.28	-0.64	0.96	-0.12	-0.11	1.00								
Extensão do percurso superficial	11	0.59	0.74	-0.15	0.21	0.23	0.65	-0.95	0.07	0.07	-0.98	1.00							
Extensão média do esc. superficial	12	0.61	0.76	-0.13	0.18	0.25	0.62	-0.96	0.10	0.09	-0.98	0.99	1.00						
Coefficiente de manutenção	13	0.61	0.75	-0.15	0.21	0.25	0.64	-0.96	0.10	0.09	-0.99	0.99	0.99	1.00					
Textura topográfica	14	0.16	0.01	-0.20	-0.02	0.22	0.35	0.24	0.12	0.13	0.11	-0.07	-0.04	-0.06	1.00				
Altitude máxima	15	0.27	0.67	0.55	-0.54	0.11	0.39	-0.63	-0.02	-0.00	-0.67	0.54	0.56	0.55	-0.34	1.00			
Altitude mínima	16	0.37	0.38	0.01	0.11	0.38	0.08	-0.24	0.33	0.34	-0.26	0.22	0.18	0.22	-0.33	0.30	1.00		
Desnivelamento	17	0.26	0.67	0.56	-0.55	0.10	0.39	-0.62	-0.03	-0.01	-0.66	0.54	0.56	0.55	-0.33	0.99	0.27	1.00	
Gradiente	18	-0.65	-0.35	0.63	-0.62	-0.62	0.28	0.26	-0.69	-0.67	0.18	-0.24	-0.26	-0.24	-0.21	0.36	-0.19	0.37	1.00
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

TABELA 4 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO PRODUTO MOMENTO DE PEARSON ENTRE 18 VARIÁVEIS DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS



FOTOS 7 e 8 - Linímetro e pluviômetro da estação de medição Fazenda Mendes onde foi registrado o nível das águas do rio Grande, no outlet da bacia, e a quantidade de chuva caída no local, durante o período analisado

Para os dias com mais de uma medição, foi calculado o valor médio diário, ficando assim diminuído o número de medições utilizadas.

A população de dados disponível refere-se a: cota média do rio (m), área total da seção transversal do canal (m^2), largura total do canal (m), profundidade média das águas (m) e descarga média (m^3/s).

As vazões foram obtidas pelo DNAEE do seguinte modo: multiplicação da área da seção transversal do canal pela velocidade média da correnteza naquele dado momento. Portanto, a fórmula utilizada para obtenção da vazão foi $Q = A \times V$.

Para a análise do comportamento da variação das variáveis, durante o período de tempo estudado, foram confeccionados diversos gráficos. Nas abscissas, encontram-se os meses do ano e, nas ordenadas, as diferentes variáveis.

As medidas de tendência central e dispersão foram calculadas tendo em vista caracterizar o comportamento conjunto dos valores das cinco variáveis referidas inicialmente.

Como mostra a tabela 5, foram calculados os valores dos coeficientes de correlação simples entre as cinco variáveis disponíveis, enunciadas acima, com base no teste Produto Momento de Pearson (Lindgren, 1973). Foram consideradas como significativas as correlações iguais ou superiores a 0.66. As correlações abaixo deste valor, 0.37 e 0.43, não foram consideradas devido ao baixo coeficiente de explicação que elas expressam (13.69% e 18.49% respectivamente).

Em seguida foram traçados os diagramas de dispersão, seguindo recomendações de Silva (1974) e utilizando-se do programa de computador SPSS, versão 5. (figuras 30, 31 e 32).

Considerando a existência de relações de causa (x) e efeito (y) entre as variáveis, estabeleceram-se regressões. Desta forma foram calculados o coeficiente linear "a", que registra o ponto de intersecção da reta de regressão com o eixo de y, e o coeficiente angular "b" que mede a sensibilidade da regressão. Obteve-se também as equações da reta de melhor ajuste que representa a tendência geral da distribuição de pontos nos diagramas.

Numa tentativa de caracterizar a correnteza das águas, durante o período de coleta de dados, foi verificada a relação existente entre vazão (Q) e a correspondente variação de velocidade (V), largura (L), profundidade (P) e área da seção transversal do rio (A).

Observações foram feitas também quanto aos efeitos da variação de área da seção transversal em relação a diversos valores de descarga (Q), profundidade (P) e largura do canal (L).

Com a finalidade de mostrar as variações registradas na calha fluvial, durante o período estudado, foram plotados os valores no diagrama de largura do canal (L) pela correspondente profundidade do canal (P).

A estação de medição não possui dados de carga sólida em suspensão e de fundo, assim como a carga em solução transportada pelo rio. Em um estudo preliminar, que representou uma tentativa de relacionar os sedi

mentos de fundo com a declividade, foram coletadas nove amostras dos sedimentos de fundo do canal. Essas amostras foram retiradas o mais próximo possível do talvegue, em locais situados desde o posto plúvio-fluviométrico até o mais distante permitido. A amostragem reduzida está vinculada também às impossibilidades de acesso ao leito do rio. As seis primeiras amostras foram coletadas ao longo do canal principal, de 5a. ordem de hierarquia (figura 34). As três últimas, retiradas mais à montante, são referentes a um canal de um afluente de 3a. ordem (córrego São Lourenço).

VAZÃO	1	1.00				
LARGURA DO CANAL	2	0.76	1.00			
PROFUNDIDADE DO CANAL	3	0.87	0.66	1.00		
VELOCIDADE DAS ÁGUAS	4	0.67	0.43	0.37	1.00	
ÁREA DA SECÇÃO MOLHADA	5	0.94	0.77	0.97	0.43	1.00
		1	2	3	4	5

TABELA 5 - Matriz de correlação Produto Momento de Pearson entre cinco variáveis de características hidráulicas do alto rio Grande

A análise granulométrica desse material foi realizada segundo os métodos usuais de peneiramento e pipetagem. Os diferentes tamanhos dos grãos foram classificados segundo a escala de Wentworth. Os tamanhos são expressos em mm ou em valores ϕ (ϕ) correspondentes (vide tabela 6).

Os resultados obtidos em laboratório foram representados, graficamente, na forma de histogramas de frequência e curvas de frequência acumulada.

	ϕ	mm
cascalho	-6 a -2	entre 64.00 e 4.00
grânulo	-2 a -1	entre 4.00 e 2.00
areia muito grosseira	-1 a 0	entre 2.00 e 1.00
areia grosseira	0 a 1	entre 1.00 e 0.50
areia média	1. a 2.	entre 0.50 e 0.250
areia fina	2. a 3.	entre 0.250 e 0.125
areia muito fina	3. a 4.	entre 0.125 e 0.062
silte grosseiro	4. a 5.	entre 0.062 e 0.0312
silte médio	5. a 6.	entre 0.0312 e 0.0156
silte fino	6. a 7.	entre 0.0156 e 0.0078
silte muito fino	7. a 8.	entre 0.0078 e 0.0039

TABELA 6 - Escala de tamanho dos sedimentos segundo Wentworth

As curvas de frequência acumulada foram construídas em papel de probabilidade. Para o cálculo dos vários parâmetros, utilizando-se do processo gráfico, foram selecionados os percentis 1, 5, 16, 25, 50, 75, 84, 95%. A cada percentil corresponde um determinado tamanho de grão expresso em unidades ϕ .

Entre os parâmetros considerados encontram-se aqueles de tendência central (mediana Md_{ϕ} , média aritmética M_2) de dispersão (desvio pa-drão σ_1), assimetria (Sk_1) e curtose (K_g). Para o cálculo dos parâmetros foram empregadas as fórmulas de Folk e Ward (1957).

O diâmetro mediano representa o valor da granulação correspon-dente a 50% da distribuição, enquanto que o diâmetro médio aritmético (M_2)

representa o resultado da seguinte divisão:

$$M_z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

O desvio padrão incluso σ_I visualiza o grau de seleção do sedimento. Vem expresso pela fórmula:

$$\sigma_I = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$$

O grau de assimetria é o parâmetro que indica a tendência de os grãos dispersarem-se de um ou de outro lado da média. Seus valores são positivos ou negativos conforme se situem à direita ou à esquerda da média, na curva de distribuição granulométrica. A assimetria positiva indica que a amostra possui uma cauda de grãos mais finos, enquanto que uma assimetria negativa indica uma cauda de granulação mais grosseira. Este parâmetro é obtido da seguinte forma:

$$Sk_T = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

A curtose mede o grau de achatamento da distribuição, indicando se a curva é mais aguda ou achatada do que aquela da distribuição normal. Em outras palavras, a curtose mede a normalidade de uma distribuição, comparando a seleção da cauda da distribuição com aquela da parte central da mesma. Este parâmetro foi calculado da seguinte maneira:

$$K_g = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$$

3.3 - Terceira Etapa: características hidrometeorológicas da bacia

Os dados utilizados neste terceiro item do trabalho foram cedidos pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) e Departamento Nacional de Meteorologia. Referem-se eles às temperaturas médias mensais e anuais da região (período de 1967/1977), precipitação total mensal e anual para o mesmo período e cotas médias das águas do rio, no posto de medição, no período de 1945/1973, sem interrupção em sua coleta.

O referido posto fornece ininterruptamente dados diários de chuva no período de 1950 a 1977. Uma análise quanto à área da bacia de drenagem (122.5 km^2) e o seu desnivelamento (1291 m) levou-nos a crer que a chuva registrada neste posto de medição não é representativa da precipitação total da bacia estudada. O exame dos hidrogramas, juntamente com os diagramas de intensidade das chuvas registradas, confirmou as observações feitas.

Como alternativa para obter-se a quantidade de chuva mais característica da bacia, é possível empregar-se um dos três métodos de cálculo de chuva, indicado por Wisler (1964), utilizando-se de dados de outros postos de medição de áreas próximas.

O primeiro processo refere-se ao cálculo da média aritmética entre os dados de chuva de todos os postos de medição disponíveis. O segundo método seria traçar isoietas na área de estudo, enquanto o terceiro relaciona-se ao emprego do método de Thiessen, que indica a área de influência de cada posto.

Na bacia de drenagem estudada, não se aplicaram os métodos sugeridos por Wisler, em virtude da existência de um único posto de medição, situado em seu outlet, e a área apresentar relevo acidentado, com vários compartimentos fechados, formando alvéolos de acentuados desníveis. Estas razões dificultaram a utilização dos dados médios de pluviometria, com a finalidade de associá-los aos valores de vazões disponíveis.

A terceira etapa detém-se no estudo da fluviometria, numa tentativa de caracterizar o regime do canal bem como na análise dos balanços hídricos, calculados para as áreas do outlet e do divisor, visando verificar a disponibilidade de água da bacia a ser utilizada pelo homem. Em relação à fluviometria adotou-se a metodologia utilizada pelo Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis (DNPVN) para o estudo do rio Paraíba do Sul e que é apresentada a seguir.

Foram montados gráficos com valores das cotas médias anuais e mensais com o objetivo de tentar sentir a variação do nível das águas do rio, não só no período dos 29 anos, como também seu comportamento em relação às estações climáticas.

A seguir, foi construído um hidrograma, onde se representaram as leituras mínimas, médias e máximas anuais observadas. Os valores dessas cotas máximas e mínimas são valores absolutos de cada ano e a média anual é a média dos valores médios mensais para cada ano. Neste gráfico foram representados os valores correspondentes aos níveis máximo, mínimo e médio das águas. Os níveis máximo e mínimo correspondem ao nível de valor máximo e mínimo absoluto observado dentro do período. O nível médio corresponde à

média dos níveis médios de água ocorridos para os 29 anos.

Para selecionar os anos, cujas características correspondem às cotas médias, mínimas e máximas, foi adotado o critério de considerar o ano cujo valor mais se aproximou do nível médio e aqueles onde ocorreram os níveis mínimo e máximo.

De acordo com o critério adotado foram os seguintes os anos selecionados:

Ano de característica de mínima - 1955

Ano de característica de média - 1962

Ano de característica de máxima - 1967

A seguir, foram feitos os fluviogramas para os três anos característicos, enunciados acima, relacionando-se as cotas d'água diárias.

Para cada ano característico, foi traçada a curva de duração dos níveis d'água mostrando, em percentual, o número de dias que as cotas se repetiram ou não.

Foi definida a relação cota - descarga do posto de medição, utilizando-se os dados de cotas médias diárias e as vazões correspondentes. Para esta análise, representou-se graficamente a curva chave, característica do posto de medição, seguindo recomendações de Pinto e outros (1973). Os valores de vazão foram grafados contra as respectivas leituras de régua, em um sistema de coordenadas, em que as abscissas representam as

vazões e as ordenadas as cotas ou leituras de régua.

Para o ajuste da curva chave foi empregada uma série de modelos, sugeridos por Spiegel (1971). A tabela 7 indica os ajustes realizados, os valores do coeficiente linear "a" e do coeficiente angular "b", o valor da correlação entre as cotas d'água e as vazões e os percentuais de explicação.

	M O D E L O S	DADOS DE COTA E DESCARGA DO POSTO FAZENDA MENDES			
		a	b	r	100r ²
a	$Y = a + b X$ (reta)	+ 0.937	+ 0.139	+ 0.91	83%
b	$Y = a + b 1/X$ (hipérbole)	+ 2.659	- 3.069	- 0.80	64%
c	$\log Y = a + b X$ (exponencial)	+ 0.033	+ 0.030	+ 0.78	61%
d	$\log Y = \log a + b \log X$ (geométrica) ($Y = a X^b$)	- 0.141	+ 0.568	+ 0.91	83%

TABELA 7 - Valores dos ajustes calculados para curva chave

Na figura 12, os ajustes referidos acima foram apresentados graficamente. Selecionou-se para o ajuste dos dados a curva geométrica, por apresentar alto valor de correlação e valor mais elevado para o coeficiente angular "b". Esta é a curva que melhor explica a relação cota-vazão.

Com base na curva chave e nas observações dos níveis máximo, médio e mínimo das águas, atingidos nos 29 anos de análise, foram defi

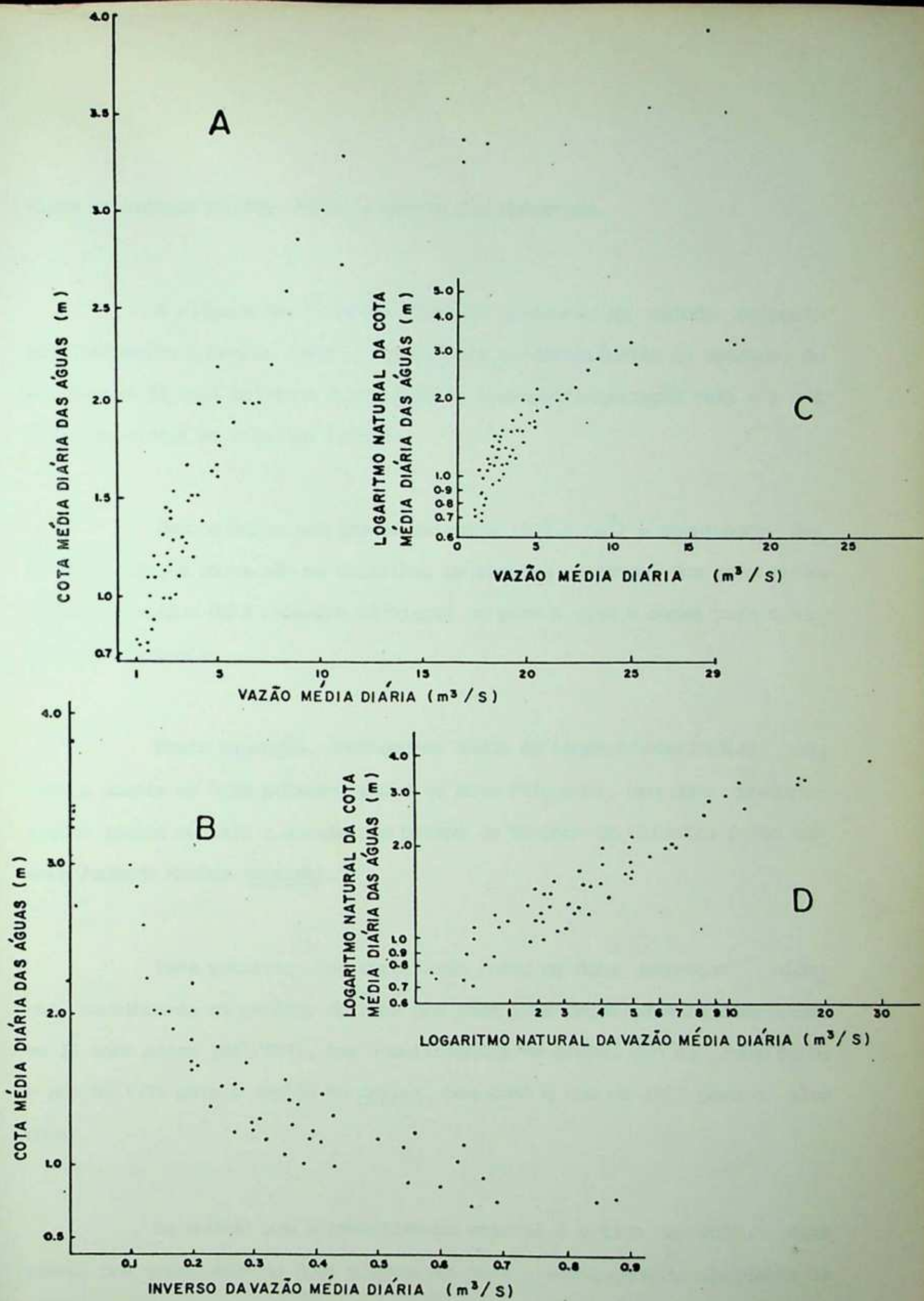


FIGURA 12 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA TABELA 7:
 RETA (A); CURVA HIPERBÓLICA (B); CURVA
 EXPONENCIAL (C); CURVA GEOMÉTRICA (D).

nidos os valores máximo, médio e mínimo das descargas.

O cálculo dos balanços hídricos apoiou-se no método proposto por Thornwaite e Mather (1955), que fornece as deficiências de umidade; os excedentes de água sujeitos à percolação; a evopotranspiração real e a umidade armazenada na zona das raízes.

Como a bacia tem grande extensão (122.5 km^2) e acentuados desnivelamentos, a chuva não se distribui de maneira uniforme. Por esta razão foram realizados dois balanços hídricos: um para o alto e outro para o baixo curso da bacia.

Nesta execução, empregou-se dados de temperaturas médias mensais e anuais de área próxima (posto de Nova Friburgo), bem como precipitações totais mensais e anuais dos postos de Teodoro de Oliveira (alto curso) e Fazenda Mendes (outlet).

Para permitir uma comparação entre os dois balanços hídricos, escolheu-se um período de anos que possuísse dados para as duas áreas: os 11 anos entre 1967/1977. Por insuficiência de dados, não se considerou o ano de 1975 para a região do outlet, bem como o ano de 1971 para o alto curso.

De acordo com o revestimento vegetal e o tipo de solo, este possui uma quantidade de água disponível para a vegetação, independente da ação da gravidade. Essa disponibilidade é denominada capacidade de campo,

podendo ter os valores de 50, 100, 125, 150 mm etc. A capacidade de campo mais indicada para região foi de 125 mm, porque a cobertura vegetal apresenta raízes profundas.

Inicialmente foram organizadas tabelas (30 a 39), sintetizando os dados mensais e anuais, para as duas áreas referidas, sendo as colunas dessas tabelas preenchidas como se segue:

COLUNA 2 - Temperaturas médias mensais

Fornecidas pelo Departamento Nacional de Meteorologia. Essas temperaturas estão ajustadas de acordo com a altitude.

COLUNA 3 - Evapotranspiração potencial mensal não corrigida

Esses valores são obtidos na tabela 8 com base na temperatura média anual (T) e na temperatura média diária.

COLUNA 4 - Correção

Contendo os respectivos fatores de correção mensais (função do mês e da latitude do lugar), apresentados na tabela 9.

COLUNA 5 - Evapotranspiração potencial corrigida (EP)

Esses valores obtêm-se multiplicando-se os dados de evapotranspiração potencial não corrigida (coluna 3) pelos dados de correção (coluna 4).

COLUNA 6 - Precipitações totais mensais (P)

TEMPERATURA MÉDIA DIÁRIA (TD) °C	TEMPERATURA MÉDIA ANUAL NORMAL DA REGIÃO EM °C (T)									
	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
6,5	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4
7,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4
7,5	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5
8,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6
8,5	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6
9,0	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7
9,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8
10,0	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8
10,5	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9
11,0	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,1	1,1	1,0	1,0
11,5	1,6	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0
12,0	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1
12,5	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2
13,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,3
13,5	2,0	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4
14,0	2,0	2,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5
14,5	2,1	2,1	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6
15,0	2,2	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7
15,5	2,3	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8
16,0	2,4	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9
16,5	2,5	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0	1,9
17,0	2,6	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1	2,0
17,5	2,7	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4	2,3	2,3	2,3	2,2
18,0	2,8	2,8	2,7	2,6	2,6	2,5	2,4	2,4	2,4	2,3
18,5	2,9	2,9	2,8	2,7	2,7	2,6	2,5	2,5	2,5	2,4
19,0	3,0	3,0	2,9	2,8	2,8	2,7	2,6	2,6	2,6	2,5
19,5	3,1	3,1	3,0	2,9	2,9	2,8	2,7	2,7	2,8	2,6
20,0	3,2	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	2,9	2,8	2,8	2,8
20,5	3,3	3,3	3,2	3,2	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	2,9
21,0	3,4	3,4	3,3	3,3	3,3	3,2	3,1	3,1	3,1	3,0
21,5	3,5	3,5	3,4	3,4	3,4	3,3	3,2	3,2	3,2	3,1
22,0	3,6	3,6	3,5	3,5	3,4	3,4	3,3	3,3	3,3	3,3
22,5	3,7	3,7	3,6	3,6	3,6	3,5	3,5	3,4	3,4	3,4
23,0	3,8	3,8	3,8	3,7	3,7	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
23,5	3,9	3,9	3,9	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,7	3,7
24,0	4,0	4,0	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,8	3,8
24,5	4,1	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9
25,0	4,2	4,2	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,0
25,5	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,2	4,2	4,2	4,2
26,0	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4

TABELA 8 - Evapotranspiração tabular diária, segundo Thornthwaite, não ajustada para o comprimento do dia, correspondente à temperatura média diária entre 6,5 e 26 °C, em regiões frias, com temperatura média anual normal (índice T) entre 12,5 e 17 °C.

Lat. Sul	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0°	31,2	28,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2
1	31,2	28,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2
2	31,5	28,2	31,2	30,3	30,9	30,0	31,2	31,2	30,3	31,2	30,6	31,5
3	31,5	28,5	31,2	30,0	30,9	30,0	30,9	31,2	30,0	31,2	30,6	31,5
4	31,8	28,5	31,2	30,0	30,9	29,7	30,9	30,9	30,0	31,5	30,6	31,8
5	31,8	28,5	31,2	30,0	30,6	29,7	30,6	30,9	30,0	31,5	30,9	31,8
6	31,8	28,8	31,2	30,0	30,6	29,4	30,6	30,9	30,0	31,5	30,9	32,1
7	32,1	28,8	31,2	30,0	30,6	29,4	30,3	30,6	30,0	31,5	30,9	32,4
8	32,1	28,8	31,5	29,7	30,3	29,1	30,3	30,6	30,0	31,8	31,2	32,4
9	32,4	29,1	31,5	29,7	30,3	29,1	30,0	30,6	30,0	31,8	31,2	32,7
10	32,4	29,1	31,5	29,7	30,3	28,8	30,0	30,3	30,0	31,8	31,5	33,0
11	32,7	29,1	31,5	29,7	30,0	28,8	29,7	30,3	30,0	31,8	31,5	33,0
12	32,7	29,1	31,5	29,7	30,0	28,5	29,7	30,3	30,0	31,8	31,8	33,3
13	33,0	29,4	31,5	29,4	29,7	28,5	29,4	30,0	30,0	32,1	31,8	33,3
14	33,3	29,4	31,5	29,4	29,7	28,2	29,4	30,0	30,0	32,1	32,1	33,6
15	33,6	29,4	31,5	29,4	29,4	28,2	29,1	30,0	30,0	32,1	32,1	33,6
16	33,6	29,7	31,5	29,4	29,4	27,9	29,1	30,0	30,0	32,1	32,1	33,9
17	33,9	29,7	31,5	29,4	29,1	27,9	28,8	29,7	30,0	32,1	32,4	33,9
18	33,9	29,7	31,5	29,1	28,1	27,6	28,8	29,7	30,0	32,4	32,4	34,2
19	34,2	30,0	31,5	29,1	28,8	27,6	28,5	29,7	30,0	32,4	32,7	34,2
20	34,3	30,0	31,5	29,1	28,8	27,3	28,5	29,7	30,0	32,4	32,7	34,5
21	34,5	30,0	31,5	29,1	28,6	27,3	28,2	29,7	30,0	32,4	32,7	34,5
22	34,5	30,0	31,5	29,1	28,5	27,0	28,2	29,4	30,0	32,7	33,0	34,8
23	34,8	30,3	31,5	28,8	28,5	26,7	27,9	29,4	30,0	32,7	33,0	35,1
24	35,1	30,3	31,5	28,8	28,2	26,7	27,9	29,4	30,0	32,7	33,3	35,1
25	35,1	30,3	31,5	28,8	28,2	26,4	27,9	29,4	30,0	33,0	33,3	35,4
26	35,4	30,6	31,5	28,8	28,2	26,4	27,6	29,1	30,0	30,0	33,6	35,4
27	35,4	30,6	31,5	28,8	27,9	26,1	27,6	29,1	30,0	33,3	33,6	35,7
28	35,7	30,6	31,8	28,5	27,9	25,8	27,3	29,1	30,0	33,3	33,9	36,0
29	35,7	30,9	31,8	28,5	27,6	25,8	27,3	28,8	30,0	33,3	33,9	36,0
30	36,0	30,9	31,8	28,5	27,6	25,5	27,0	28,8	30,0	33,6	34,2	36,3
31	36,3	30,9	31,8	28,5	27,3	25,2	27,0	28,8	30,0	33,6	34,5	36,6
32	36,3	30,9	31,8	28,5	27,3	25,2	26,7	28,5	30,0	33,6	34,5	36,9
33	36,6	31,2	31,8	28,2	27,0	24,9	26,4	28,5	30,0	33,9	34,8	36,9
34	36,6	31,2	31,8	28,2	27,0	24,9	26,4	28,5	30,0	33,9	34,8	27,2
35	36,9	31,2	31,8	28,2	26,7	24,6	26,1	28,2	30,0	33,9	35,1	37,5
36	37,2	31,5	31,8	28,2	26,7	24,3	25,8	28,2	30,0	34,2	35,4	37,8
37	37,5	31,5	31,8	28,2	26,4	24,0	25,5	27,9	30,0	34,2	35,7	38,1
38	37,5	31,5	32,1	27,9	26,1	24,0	25,5	27,9	30,0	34,2	35,7	38,1
39	37,8	31,8	32,1	27,9	26,1	23,7	25,2	27,9	30,0	34,5	36,0	38,4

TABELA 9 - Fatores de correção da evapotranspiração tabular diária (tabela anterior), para a obtenção da evapotranspiração mensal, ajustada segundo o número de dias do mês e a duração média do dia, nos vários meses e latitudes do hemisfério Sul.

Fornecidas pelo Departamento Nacional de Meteorologia.

COLUNA 7 - (P - EP)

Contém os saldos positivos ou negativos entre a precipitação (P) e a evapotranspiração potencial (EP). Esses valores são obtidos da subtração algébrica dos dados da coluna 6 dos dados da coluna 5.

COLUNA 8 - Negativa acumulada

Inicia-se quando aparecer um valor negativo de (P-EP). O primeiro valor desta coluna corresponde ao primeiro mês de valor negativo de P-EP. O valor do mês seguinte será igual à soma do valor próximo mês negativo de P-EP, com o valor do mês anterior, isto se segue até o último mês que apresentar valor negativo na coluna de P-EP.

COLUNA 9 - Armazenamento

Esta coluna é preenchida concomitantemente com a coluna 8. Para a negativa acumulada igual a zero (P-EP positivo), o valor de armazenamento será igual a 125 mm. Este é o valor da capacidade de campo da região. Para os demais valores da coluna de negativa acumulada, consulta-se a tabela 10, que depende da capacidade de campo escolhida e determina-se o armazenamento. Quando sobrevier um valor positivo da (P-EP) soma-se este valor ao armazenamento do mês anterior e obtém-se o valor do armazenamento do mês em questão. Com este valor consulta-se a mesma tabela e determina-se o valor da negativa acumulada do mês.

COLUNA 10 - Alteração

É igual ao armazenamento do mês em questão, menos o armazenamento do mês anterior.

P-EP (Neg.Acum.)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	125	124	123	122	121	120	119	118	117	116
10	115	114	113	112	111	110	109	108	107	106
20	106	105	104	103	102	102	101	100	99	99
30	98	97	96	95	94	94	93	92	91	90
40	90	89	88	87	86	86	85	84	84	83
50	83	82	82	81	80	80	79	79	78	77
60	76	76	75	74	74	73	73	72	72	71
70	70	70	69	69	68	68	67	67	66	65
80	65	64	64	63	63	62	62	61	61	60
90	60	59	59	58	58	57	57	56	56	55
100	55	55	54	54	53	53	53	52	52	51
110	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47
120	47	47	46	46	45	45	45	44	44	43
130	43	43	42	42	41	41	41	41	40	40
140	40	40	39	39	39	38	38	38	38	37
150	37	37	36	36	36	35	35	35	35	34
160	34	34	33	33	33	32	32	32	32	31
170	31	31	31	30	30	30	30	30	30	29
180	29	29	29	29	28	28	28	27	27	27
190	26	26	26	26	26	25	25	25	25	25
200	24	24	24	24	24	23	23	23	23	23
210	22	22	22	22	22	22	22	21	21	21
220	21	21	21	21	20	20	20	20	20	20
230	19	19	19	19	19	18	18	18	18	18
240	18	18	17	17	17	17	17	17	17	17
250	16	16	16	16	16	16	16	16	15	15
260	15	15	15	15	15	14	14	14	14	14
270	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13
280	13	13	13	13	13	12	12	12	12	12
290	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11
300	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10
310	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9
320	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
330	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
340	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7

TABELA 10- Água retida no solo após valores de evapotranspiração potencial, ocorrida entre 0 e 349 mm (P-EP) negativo acumulado.

Retenção de água do perfil na capacidade de campo = 125 mm

COLUNA 11 - Evapotranspiração real (ER)

A evapotranspiração real é igual à potencial quando o armazenamento (coluna 9) é total (no caso igual a 125 mm) e quando, embora o armazenamento não seja total (P-EP), é positiva.

Quando P-EP for negativa, a evapotranspiração real será a soma das colunas de precipitação e alteração, sem levar em consideração o sinal.

COLUNA 12 - Déficit

É representado pelo valor de EP - ER.

COLUNA 13 - Excedente

É sempre zero, quando não ocorre armazenamento máximo (coluna 9). Quando o armazenamento é máximo, o excesso é igual à diferença entre as colunas de P-EP e alteração.

Depois de contabilizado o balanço hídrico, foi verificada sua exatidão de acordo com as expressões:

$$a) \sum P = \sum EP + \sum (P-EP)$$

$$b) \sum ALT = 0$$

$$c) \sum EP = \sum ER + \sum DEF$$

$$d) \sum P = \sum ER + \sum EXC$$

Com os resultados apresentados nas tabelas referidas anteriormente foi feita a representação gráfica.

Finalmente para avaliar o grau de umidade existente na região e distinguir o tipo climático, foi calculado o índice hídrico segundo a seguinte expressão:

$$I_m = (100e - 60d) / n$$

onde I_m = índice hídrico

e = excedente anual

d = deficiência anual

n = evapotranspiração potencial anual

4 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA BACIA DE DRENAGEM

Na presente contribuição, tentamos caracterizar a tendência do comportamento conjunto das nove sub-bacias, através dos valores medidos para as variáveis selecionadas e discutidas na metodologia. Para a realização, dividimos esta unidade em três partes. Na primeira são descritos os resultados dos valores absolutos dessas variáveis, na segunda os resultados estatísticos e na terceira os resultados das correlações.

4.1 - Resultados dos valores das variáveis

Dentre as 18 variáveis que compõem este estudo, sete delas tiveram seus valores coletados diretamente da folha topográfica, 1/50 000. Referem-se esses valores a dados de área (A), perímetro (P), comprimento total dos canais (L), número total de segmentos de canais (N), magnitude da rede de drenagem (N1), altitude máxima (AM) e altitude mínima (Am).

A bacia de drenagem do alto rio Grande foi delimitada nesse mapa base e todas as linhas contínuas azuis, contidas dentro desta área, foram computadas como canais permanentes. Levando-se em consideração as limitações do uso de tais linhas azuis, discutidas por Morisawa (1957), foi feita uma análise dos vales, através das curvas de níveis. De acordo com Christofolletti (1975), que usou as variáveis área, magnitude da rede de drenagem e ordenação dos canais, mostrando que a documentação cartográfica, na escala 1/50 000 funciona como material válido e viável para a análise morfométrica, empregamos, para este estudo, a carta topográfica.

As outras variáveis foram obtidas pelo cálculo de parâmetros es

tatísticos descritos na metodologia. Referem-se elas ao comprimento médio dos canais (L_m), coeficiente de compactidade (K_c), fator de forma (K_f), densidade de drenagem (D_d), densidade hidrográfica (D_h), extensão do percurso superficial (E_{ps}), extensão média do escoamento superficial (l), coeficiente de manutenção (C_m), textura (T), desnivelamento (D) e gradiente (G).

Os valores absolutos de cada variável, para as nove sub-bacias constam na tabela 11 e a figura 13 ilustra estes resultados em percentuais.

4.1.1 - Área (A)

As dimensões de área, para as nove sub-bacias, demonstraram certa diferenciação entre elas. Enquanto a sub-bacia mais extensa tem 17.20 km² a de menor tamanho tem área igual a 3.25 km².

4.1.2 - Perímetro (P)

Os perímetros das sub-bacias não apresentaram valores tão diferenciados entre si como os valores de áreas. A amplitude desses valores de perímetros é de 9.6 km, enquanto os valores de áreas possuem uma amplitude de 13.95 km². Com um valor máximo de 17.90 km e um valor mínimo de 8.30 km, podemos deduzir que as nove sub-bacias têm formas variadas.

4.1.3 - Comprimento total dos canais (L)

O comprimento total dos canais difere bastante de uma sub-bacia para outra. Seis dessas sub-bacias têm seus valores de comprimento total dos canais entre 10 e 20 km, somente uma tem valor inferior a 10 km

V A R I Á V E I S	SUB-BACIAS DE 3a. ORDEM									BACIA de 5a. ORDEM
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Área (km ²)	15,00	17,20	7,50	3,25	3,50	12,50	6,25	8,00	9,50	122,50
Perímetro (km)	15,60	17,90	13,30	8,90	8,30	14,80	14,80	14,30	13,90	52,20
Coefficiente de compactidade (adm)	1,13	1,29	1,36	1,38	1,24	1,17	1,66	1,41	1,26	1,32
Fator de forma (adm)	0,40	0,26	0,39	0,28	0,29	0,50	0,14	0,21	0,27	0,30
Comp. total dos canais (km)	21,30	28,20	10,80	12,50	8,90	19,30	10,00	13,70	12,20	203,70
Comp.médio dos canais (km)	0,97	0,97	1,08	0,96	0,74	0,97	1,00	0,98	1,36	1,04
Densidade de drenagem (km/km ²)	1,42	1,64	1,44	3,85	2,54	1,54	1,60	1,71	1,28	1,66
Magnitude da rede	17	22	7	9	9	15	7	10	6	148
Nº total de segmentos de canais ..	22	29	10	13	12	20	10	14	9	196
Densidade hidrográfica (canais/km ²)	1,47	1,69	1,33	4,00	3,43	1,60	1,60	1,75	0,95	1,60
Extensão do percurso superficial (km)	0,35	0,30	0,35	0,13	0,20	0,32	0,31	0,29	0,39	0,30
Extensão média do esc. superficial (km)	0,18	0,15	0,17	0,07	0,10	0,16	0,16	0,15	0,19	0,15
Coefficiente de manutenção (m ² /m)	704,22	609,76	694,44	259,74	393,70	649,35	625,00	584,80	781,25	602,40
Textura topográfica (adm)	0,45	0,17	0,00	0,45	0,00	0,07	0,14	0,07	0,36	0,19
Altitude máxima (m)	1700	2219	2000	1510	1610	1800	2310	2310	2080	2310
Altitude mínima (m)	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1019
Desnivelamento (m)	660	1179	940	470	570	760	1270	1270	1040	1291
Gradiente (%)	12,69	17,56	18,61	20,89	19,32	17,88	21,34	21,53	21,89	13,24

Tabela 11 - Valores das variáveis por sub-bacias analisadas e da bacia total do alto rio Grande.

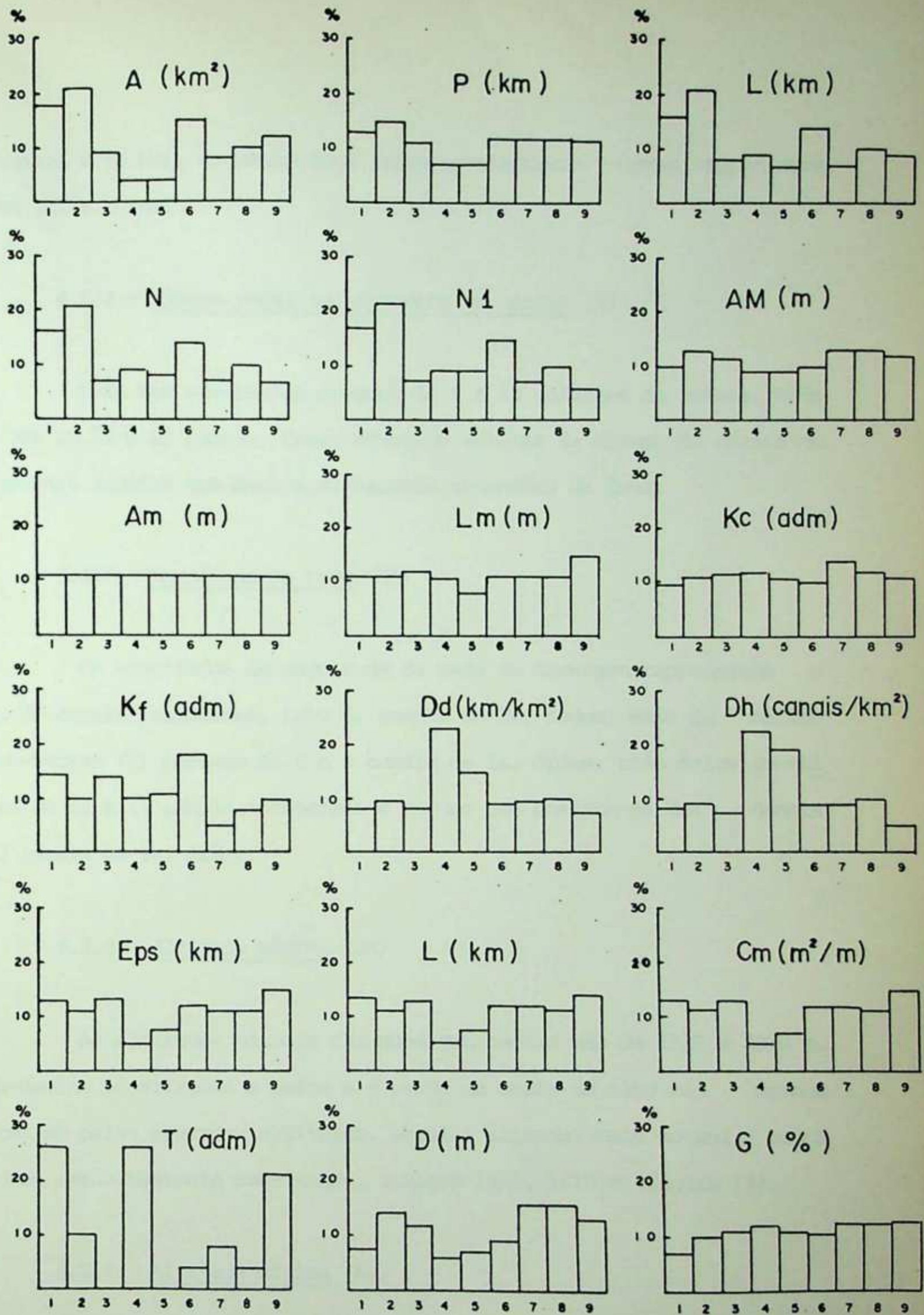


FIGURA 13 - RESULTADOS PORCENTUAIS DOS VALORES DAS 18 VARIÁVEIS.

(exatamente 8.90 km), enquanto duas delas apresentaram valores superiores a 20 km (21 e 28 km).

4.1.4 - Número total de segmentos de canais (N)

Seis das sub-bacias possuem de 9 a 14 unidades de canais. Três delas têm 20, 22 e 29 canais. Esses elevados valores de número de canais vão corresponder àquelas sub-bacias de maiores extensões de área.

4.1.5 - Magnitude da rede (N1)

Os resultados de magnitude da rede de drenagem representam o número de canais formadores, isto é, canais de 1ª ordem. Mais da metade das sub-bacias (5) possuem de 6 a 9 canais de 1ª ordem, três delas constituem-se de 10 a 17 canais formadores e apenas uma destaca-se das demais com 22 canais de 1ª ordem.

4.1.6 - Altitude máxima (AM)

As altitudes máximas das nove sub-bacias vão de 1510 a 2310 m. As sub-bacias localizadas a leste e a oeste da bacia do alto rio Grande destacam-se pelas elevadas altitudes. Aquelas situadas mais ao sul, cujos divisores estão bastante rebaixados, atingem 1510, 1610 m (figura 14).

4.1.7 - Altitude mínima (Am)

A totalidade das sub-bacias de 3ª ordem apresenta altitudes mínimas, correspondendo a um único valor. Isto nos leva a constatar a exis-

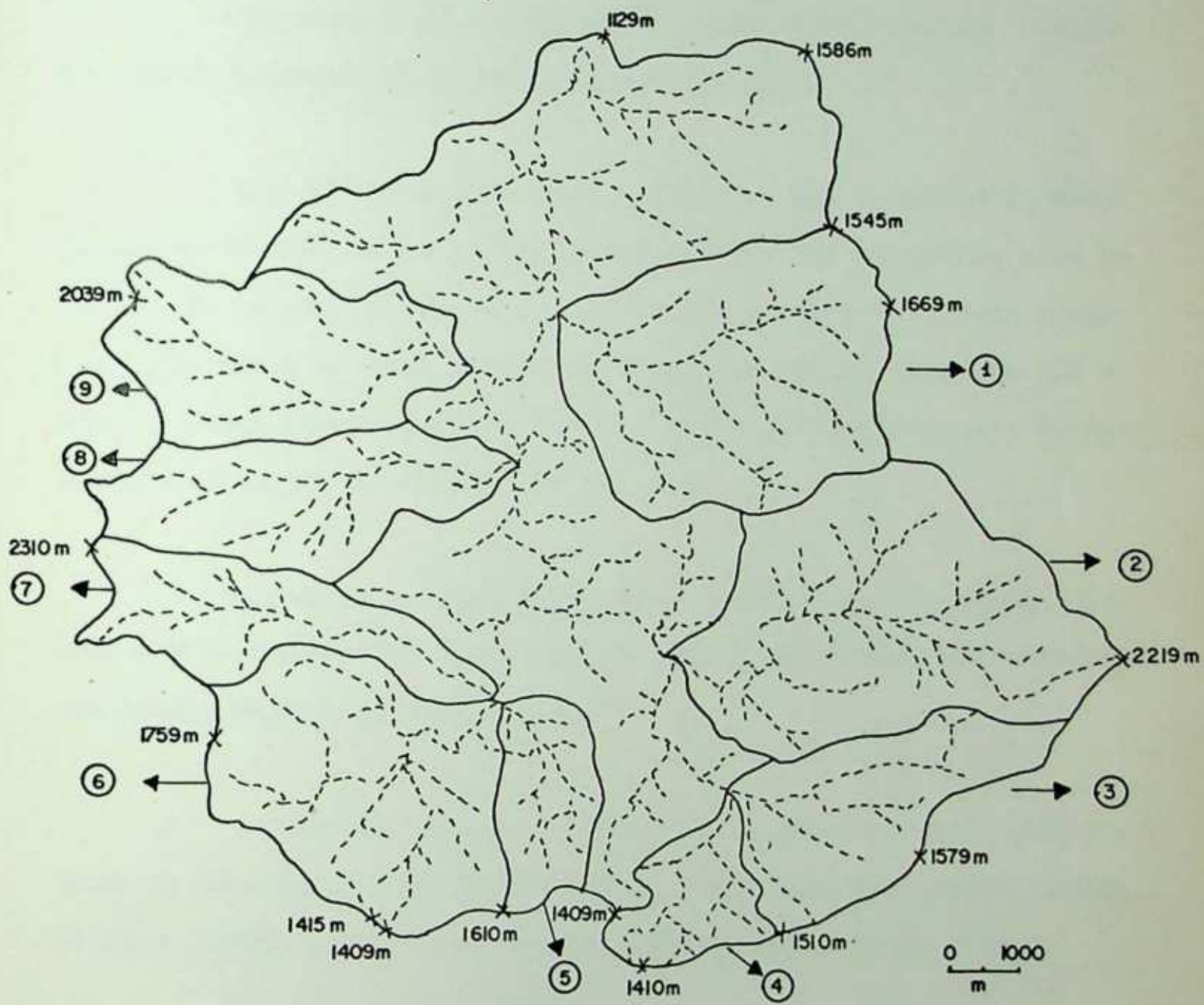


FIGURA 14 – LOCALIZAÇÃO DAS 9 SUB-BACIAS DE 3ª ORDEM NA BACIA DO ALTO RIO GRANDE.

tência de um extenso nível de base local, na bacia do alto rio Grande, a 1040 m acima do nível do mar (figura 15).

4.1.8 - Comprimento médio dos canais (Lm)

Trata-se de uma relação entre o comprimento total dos canais e o número de canais existentes na rede de drenagem.

Nas sub-bacias estudadas, verificou-se que o comprimento médio dos canais é baixo, entre 0.97 e 1.36 km. Do total das sub-bacias, seis delas possuem um comprimento médio, inferior a 1 km, para seus canais. A sub-bacia com canais de menor valor médio de extensão possui, comparada com as demais, o mais baixo comprimento total de canais e também o menor número absoluto de canais (sub-bacia 5 com $Lm = 0.74$ km).

A rede de drenagem 2, que possui o maior número de canais, bem como o mais elevado comprimento total de canais, apresentou como consequência baixo resultado para este índice.

Entretanto, apesar da sub-bacia 9 não possuir o mais elevado valor de comprimento total de seus canais, destacou-se com o maior resultado deste índice (1.36) e com reduzido número de canais de 1ª ordem.

Como o comprimento médio dos canais de uma bacia resulta da relação entre o comprimento total dos canais e o número total deles, a quantidade de canais de 1ª ordem pode refletir diretamente neste comportamento. Isto ocorre em razão da pequena extensão desses canais.

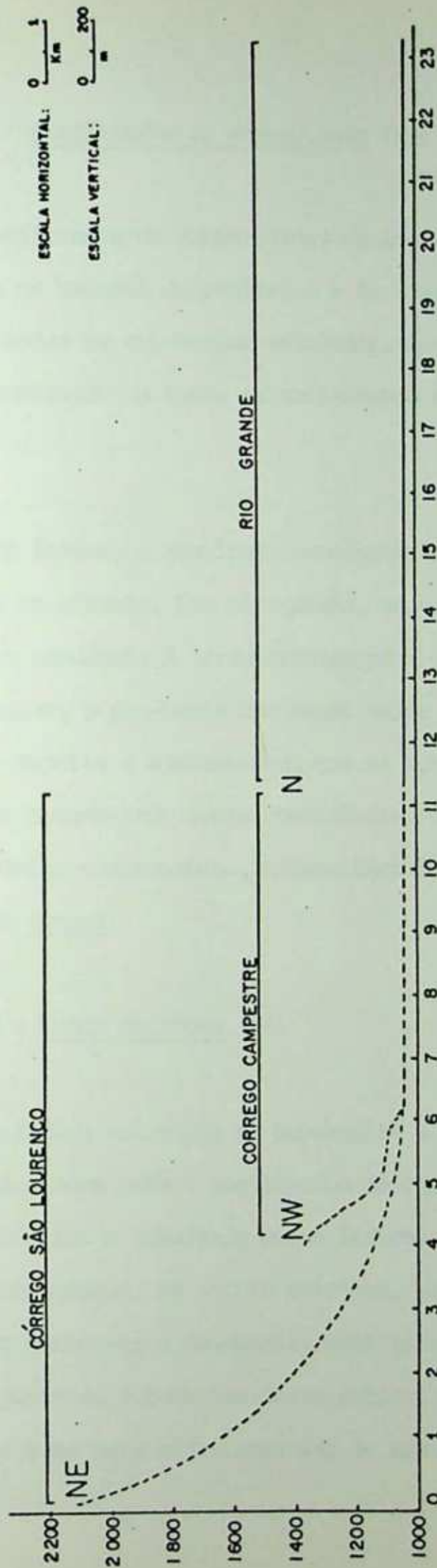


FIGURA 15- PERFIL LONGITUDINAL DO ALTO RIO GRANDE. PODE-SE VISUALISAR O EXTENSO NÍVEL DE BASE LOCAL PERCORRIDO PELO RIO E O ACENTUADO GRADIENTE DE SEUS TRIBUTÁRIOS FORMADORES.

4.1.9 - Coefficiente de compacidade (Kc)

O coeficiente de compacidade, ou índice de Gravelius, resulta da relação entre os valores de perímetro e de área. Os resultados deste coeficiente, em todas as sub-bacias estudadas, apresentaram valores próximos à unidade, mostrando um forte relacionamento entre os valores de área e perímetro.

Neste índice, o resultado semelhante a 1 corresponde à sub-bacia com forma de um círculo. Por esta razão, os valores obtidos levam-nos a verificar certa tendência à circularidade para essas sub-bacias. Pela sua forma quase circular, a sub-bacia com menor valor para este coeficiente (1.13) está mais sujeita a enchentes do que as outras. Quanto mais afastado da unidade for o resultado deste coeficiente, ou seja, quanto mais alongada for a sub-bacia, teoricamente, necessitará de um tempo maior para suas águas chegarem ao outlet.

4.1.10 - Fator de forma (Kf)

Este índice relaciona as sub-bacias a um retângulo e confirma os resultados calculados para o coeficiente de compacidade. Para cada sub-bacia, quanto maior for o resultado deste índice, menor será o valor do coeficiente de compacidade. Em outras palavras, podemos dizer que quanto mais alongada apresentar-se a sub-bacia, mais afastada ela estará da forma circular. No conjunto de sub-bacias deste estudo, as de número 7 e 8 são as mais alongadas e as mais circulares são de número 1 e 6 (figura 14).

4.1.11 - Densidade de drenagem (Dd)

A densidade de drenagem é uma relação entre o comprimento to tal dos canais e a área de drenagem.

Os resultados obtidos neste índice, para cada sub-bacia, indica ram baixos valores, a maioria apresentando entre 1.28 a 1.71 km de canais por km^2 . Esta uniformidade de valores, para este índice, é aceitável uma vez que toda a área de drenagem não apresenta grandes diferenciações litológicas capazes de influenciar o desenvolvimento dos canais.

Duas sub-bacias destacam-se dentre as demais com densidade de drenagem igual a 3.85 e 2.54 (sub-bacias 4 e 5 respectivamente). Estes va lores elevados decorrem dessas sub-bacias serem de pequeno tamanho. São elas as de mais baixos valores de área de drenagem.

4.1.12 - Densidade hidrográfica (Dh)

Trata-se de uma relação entre o número total de canais e a área de drenagem. A densidade hidrográfica, assim como a densidade de drenagem, é uma medida de dissecação cujo desenvolvimento está associado a fa tores como clima, vegetação, topografia, tipo de rocha e solo.

Entre as nove sub-bacias, seis delas apresentam de 1.33 a 1.75 canais por km^2 de área drenada. Duas delas destacam-se das demais por pos suir 3.43 e 4.00 canais para cada km^2 e somente uma sub-bacia constitui-se de menos de 1 canal por km^2 (exatamente 0.95).

4.1.13 - Extensão do percurso superficial (Eps)

Os valores deste índice resultam do inverso do dobro do valor da densidade de drenagem calculada e expressam a distância média percorrida pelas enxurradas, antes de encontrar um canal permanente.

Na área da pesquisa, as águas superficiais percorrem, em média, de 0.13 a 0.39 km antes de se canalizarem. Entre as nove sub-bacias, verificou-se que as de maior extensão de escoamento superficial correspondem àquelas que tendem a possuir os mais baixos valores de densidade de drenagem (Horton, 1945). Isto se evidencia nos valores apresentados na tabela 11. A sub-bacia 9, de maior extensão de escoamento superficial (0.39) é a que apresenta a mais baixa densidade de drenagem (1.28 km/km^2). Em contrapartida, a sub-bacia 4 destaca-se com os mais extensos canais por unidade de área (3.85 km/km^2), percorrendo suas águas superficiais pequena distância média antes de encontrarem um canal permanente (0.13 km).

4.1.14 - Extensão média do escoamento superficial (I)

Assim como o anterior, este índice constitui uma indicação da distância média do escoamento superficial. Seu valor é igual à quarta parte da distância média entre os cursos d'água e equivale a um quarto do inverso da densidade de drenagem.

Os resultados deste índice representam a metade do valor do resultado obtido para a extensão do percurso superficial, calculado anteriormente.

4.1.15 - Coefficiente de manutenção (Cm)

Correspondendo a uma medida de erosibilidade, o coeficiente de manutenção de um canal representa a área, em m^2 , necessária para desenvolver ou manter 1 m de canal de drenagem. Para as nove sub-bacias, este valor situa-se entre 259 e $781 m^2$ para cada metro de canal.

Observa-se, na tabela 12, que os valores para esse coeficiente comportam-se na ordem inversa em relação aos valores de densidade de drenagem (Schumm, 1956). As sub-bacias de baixa densidade de drenagem correspondem às aquelas cujos coeficientes de manutenção são mais elevados. Desta forma, as sub-bacias que necessitam de grande área de drenagem, para manter 1 m de canal permanente, são aquelas que possuem canais de pequena extensão por unidade de área. Assim, as sub-bacias 4 e 5 exigem menor área para a expansão dos seus sistemas de drenagem, correspondendo às sub-bacias mais dissecadas. A sub-bacia menos dissecada, a de número 9, necessita de $781 m^2$ para manter 1 m de canal permanente.

SUB-BACIAS	Dd (km/km ²)	Cm (m ² /m)
4	3,85	259,74
5	2,54	393,70
8	1,71	584,80
2	1,64	609,76
7	1,60	625,00
6	1,54	649,35
3	1,44	694,44
1	1,42	704,22
9	1,28	781,25

TABELA 12 - Valores de densidade de drenagem e coeficiente de manutenção para as 9 sub-bacias

4.1.16 - Textura topográfica (T)

A relação de textura é dada pelo quociente entre o número máximo de canais cortados pela curva de nível média e o perímetro da sub-bacia. Este índice de dissecação apresentou baixos valores.

4.1.17 - Desnívelamento (D)

Todas as sub-bacias lançam suas águas no nível de base local, situado a 1040 m. Como consequência, o desnívelamento altimétrico das sub-bacias é função direta das altitudes máximas.

Os resultados desses desnívelamentos apresentam-se diferenciados para as nove sub-bacias, indicando certa heterogeneidade para os valores de altitude máxima.

No relacionamento entre o desnível geral da bacia do alto rio Grande e os segmentos de canais, verificou-se que o desnívelamento altimétrico apresenta comportamento também heterogêneo. As áreas das sub-bacias de 3a. ordem apresentam desníveis bem acentuados. O desnívelamento, na área dos segmentos de canais de 4a. e 5a. ordem, é de 21 m e o canal de 5a. ordem percorre cerca de 17 km com certa horizontalidade (figura 15). De acordo com estas diferenciações altimétricas, dentro da bacia do alto rio Grande, o desnívelamento geral não é um bom indicador de análise.

4.1.18 - Gradiente (G)

O gradiente associa a altura de cada sub-bacia com a extensão

do canal principal. Seus resultados indicaram baixos gradientes, entre 12.69% e 21.89%. Para auxiliar a análise desses resultados, foram traçados os perfis longitudinais dos principais canais das sub-bacias, permitindo, assim, avaliar o estado de equilíbrio dos canais através da variação da concavidade de seus leitos (figura 16). Nesta representação gráfica observa-se os diferentes comprimentos e inclinações para os segmentos de 1a., 2a. e 3a. ordem.

Nas nove sub-bacias, observou-se uma diversidade quanto ao equilíbrio dos canais, sendo possível destacar-se três grupos distintos.

Pertencem ao primeiro grupo as sub-bacias 1, 2 e 6 com valores de gradiente entre 12 e 18%. Seus perfis longitudinais, embora côncavos, estão mais evoluídos nos pontos terminais, apresentando os segmentos de canais de 3a. ordem certa horizontalidade. As maiores inclinações, para essas sub-bacias, situam-se nas áreas de segmentos de canais de ordens inferiores (1a. e 2a. ordem).

O segundo grupo inclui as sub-bacias 3, 4 e 5 com 18 a 21% de gradiente. Essas áreas de drenagem possuem perfis longitudinais mais acentuados, bastante irregulares, com porções convexas. A sub-bacia 4, por exemplo, mostra nítido knickpoint originado, talvez, por descontinuidade litológica, por camada resistente de rocha ou estrutura. A queda d'água formada por esta ruptura de declive é de 80 m de altura.

Ao terceiro grupo pertencem as sub-bacias 7, 8 e 9, cujos perfis longitudinais tendem a possuir acentuada concavidade. É possível que, nestas áreas de drenagem, haja um melhor equilíbrio entre o balanço da ca-

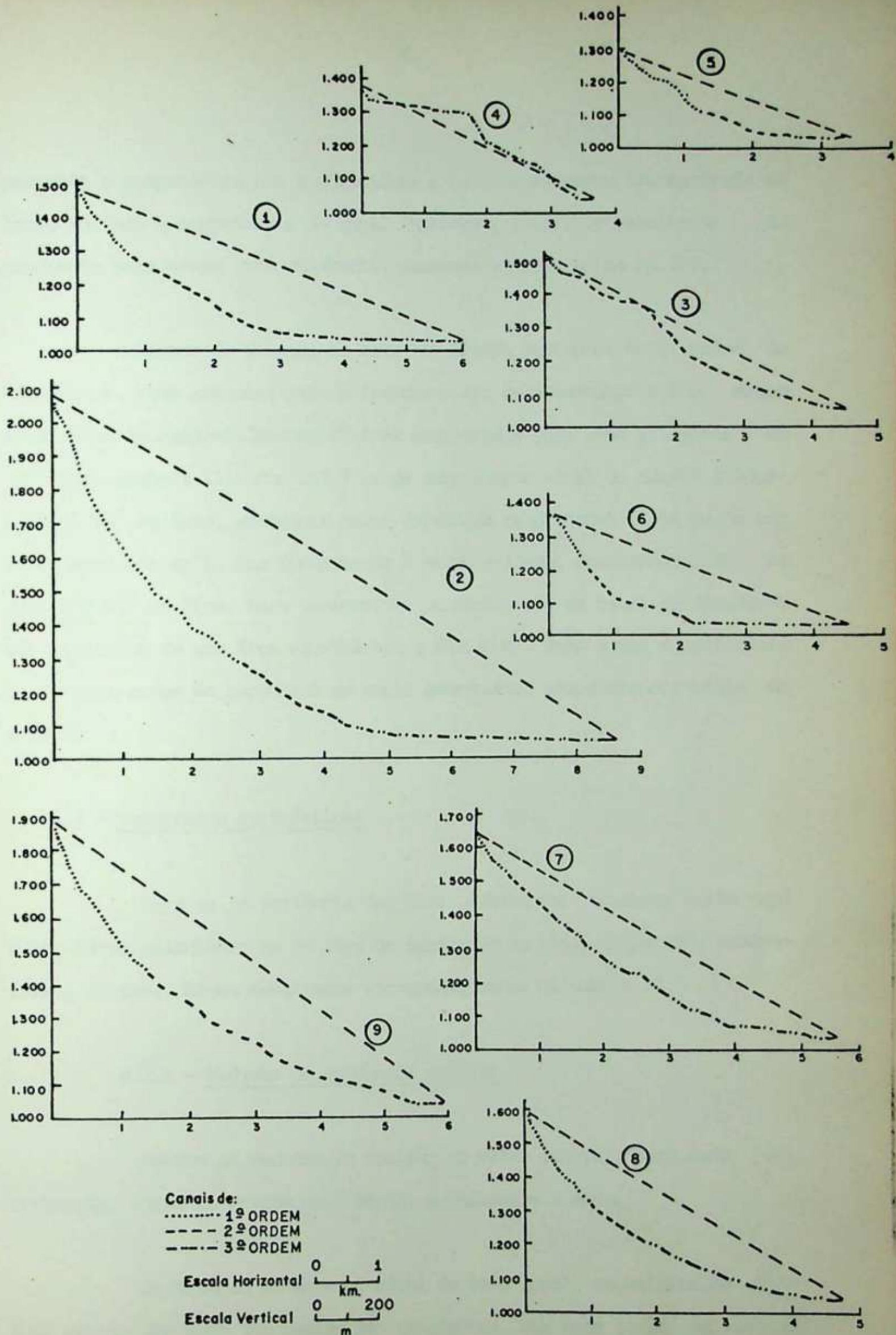


FIGURA 16 - PERFIS LONGITUDINAIS DAS 9 SUB-BACIAS.

pacidade e competência com a quantidade e calibre da carga transportada ao longo de todo o comprimento do canal (Morisawa, 1968). Os resultados do gradiente para essas três sub-bacias acusaram valores acima de 21%.

Apesar de a bacia do alto rio Grande pertencer à 5a. ordem de hierarquia, suas características físicas muito se assemelham e até mesmo igualam-se às características físicas encontradas para seus afluentes de 3a. ordem (tabela 11). Com 203.7 km de comprimento total de cursos d'água e 122.5 km² de área, apresenta baixa densidade de drenagem (1.66 km de cursos d'água por km²). Sua forma tende à circularidade, envolvendo 1.60 canais por km² de área. Para desenvolver ou manter 1 m de canal de drenagem, ela necessita de uma área equivalente a 602.40 m². Suas águas superficiais percorrem, antes de encontrar um canal permanente, uma distância média de 0.30 km.

4.2 - Resultados estatísticos

Para as 18 variáveis das nove sub-bacias tratadas neste capítulo, foram calculadas as medidas de tendência central, dispersão, assimetria e curtose. Esses resultados são apresentados na tabela 13.

4.2.1 - Medidas de tendência central

Dentre as medidas de posição do valor central, para cada distribuição, foram determinadas a média, a mediana e a moda.

Decorrente do extenso nível de base local, os valores de altitude mínima das nove sub-bacias são constantes. Por esta razão, os resulta

VARIÁVEIS DAS SUB-BACIAS DO ALTO RIO GRANDE	MÉDIA	MEDIANA	MODA	DESVIO PADRÃO	VARIANÇA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	AMPLITUDE	COEFICI- ENTE DE VARIAÇÃO	ASSIME- TRIA	CURTOSE
Área	9.19	8.25	8.83	4.87	23.69	3.25	17.20	13.95	52.99	0.37	-1.06
Perímetro	13.53	14.33	14.00	3.09	9.52	8.30	17.90	9.60	22.83	-0.66	-0.52
Coefficiente de Compacidade	1.32	1.30	1.16	0.16	0.03	1.13	1.66	0.53	12.12	0.95	0.44
Fator de Forma	0.30	0.28	0.28	0.11	0.01	0.14	0.50	0.36	36.67	0.37	-0.57
Comp. Total dos Canais	15.21	12.73	11.31	6.40	40.96	8.90	28.20	19.30	42.08	0.99	-0.24
Comp. Médio dos Canais	1.00	0.97	0.98	0.16	0.03	0.74	1.36	0.62	16.00	0.86	1.37
Densidade de Drenagem	1.89	1.60	1.58	0.82	0.67	1.28	3.85	2.57	43.39	1.76	1.75
Magnitude da Rede	11.33	9.13	8.00	5.45	29.75	6.00	22.00	16.00	48.10	0.90	-0.50
Nº Total de Segmentos de Canais	15.44	13.00	11.50	6.78	46.03	9.00	29.00	20.00	43.91	0.94	-0.36
Densidade Hidrográfica	1.98	1.62	1.30	1.02	1.04	0.95	4.00	3.05	51.52	1.20	-0.10
Extensão do Percurso Sup.	0.29	0.31	0.27	0.08	0.01	0.13	0.39	0.26	27.59	-0.98	-0.04
Extensão Média Esco. Superf.	0.15	0.16	0.14	0.04	0.001	0.07	0.19	0.12	26.67	-1.05	-0.08
Coefficiente de Manutenção	589.14	627.28	553.09	163.28	26.661.76	259.74	781.25	521.51	27.71	-1.01	-0.05
Textura Topográfica	0.19	0.13	0.04	0.18	0.03	0.00	0.45	0.45	94.74	0.49	-1.37
Altitude Máxima	1948.78	1970.00	1925.00	305.19	93.143.44	1510.00	2310.00	800.00	15.66	-0.12	-1.47
Altitude Mínima	1040.00	1040.00	1040.00	0.00	0.00	1040.00	1040.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Desnívelamento	904.33	920.00	885.00	302.68	91.614.00	470.00	1270.00	800.00	33.47	-0.10	-1.45
Gradiente	19.08	19.54	18.44	2.90	8.39	12.69	21.89	9.20	15.20	-1.15	0.61

TABELA 13 - RESULTADOS DA ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA AS 9 SUB-BACIAS DE 3a. ORDEM DO ALTO RIO GRANDE

904.33

dos da média aritmética, mediana e moda igualam-se nesta variável, expressando o caráter homogêneo de seus valores em todas as sub-bacias.

No que se refere às outras variáveis, observou-se que os resultados com relação à média, mediana e moda, diferem entre si, indicando constituírem elas distribuições assimétricas.

4.2.2 - Medidas de dispersão

Com relação às medidas de dispersão, foram determinados o coeficiente de variação, o desvio padrão, a variância e a amplitude de variação para cada variável. Todos estes resultados constam na tabela 13.

As variáveis estudadas apresentaram valores de desvio padrão inferiores aos valores da média. Isto evidencia pouca heterogeneidade dos dados para cada variável. Os resultados dos coeficientes de variação, que mostraram valores inferiores a 100%, confirmam esta observação.

No conjunto das 18 variáveis, foi a textura que apresentou valores mais heterogêneos em relação às nove sub-bacias. Seu coeficiente de variação acusou 94.74%.

Um grupo de variáveis apresentou significativa heterogeneidade, indicando uma variação de seus valores entre 33.47 e 52.99%. Constituem este grupo as seguintes variáveis: desnivelamento (33.47%), fator de forma (36.67%), comprimento total dos canais (42.08%), densidade de drenagem (43.39%), número total de segmentos de canais (43.91%), magnitude da rede (48.10%), densidade hidrográfica (51.52%) e área de drenagem (52.99%).

Um segundo grupo de variáveis apresentou resultados de coeficiente de variação inferiores a 30%, indicando maior homogeneidade de seus valores em relação ao grupo anterior. Fazem parte deste grupo as variáveis: coeficiente de compactidade (12.12%), gradiente (15.20%), altitude máxima (15.66%), comprimento médio dos canais (16.00%), perímetro (22.83%), extensão média do escoamento superficial (26.67%), extensão do percurso superficial (27.59%) e coeficiente de manutenção (27.71%).

A figura 17 mostra os limites dos valores, para cada variável, juntamente com a média e o desvio padrão. Esta forma de representação gráfica, apresentada por Doornkamp e King (1951) nos estudos de drenagem realizados em Uganda, sintetiza o comportamento dos valores das variáveis.

Através da figura 17 visualizamos a amplitude dos valores de cada variável, quando observamos a distância dos valores máximo e mínimo. A posição do valor médio na variável e a posição desta em relação às outras variáveis podem também ser percebidas. O maior ou menor desvio do valor médio é indicado pelo tamanho dos desvios padrão.

Para facilitar o tamanho da escala vertical, a figura 17 foi dividida em A e B. Na primeira, percebe-se o agrupamento das variáveis. De um lado situam-se aquelas de grande amplitude, elevados valores para a média e desvio padrão. À direita e abaixo, estão as variáveis de amplitudes menores, baixos valores para a média e desvio padrão.

A figura 17 B inclui as variáveis que se referem a valores de altitude. Como a altitude mínima tem igual resultado para a média e o desvio padrão, ela foi representada na sua posição, no gráfico, apenas por um

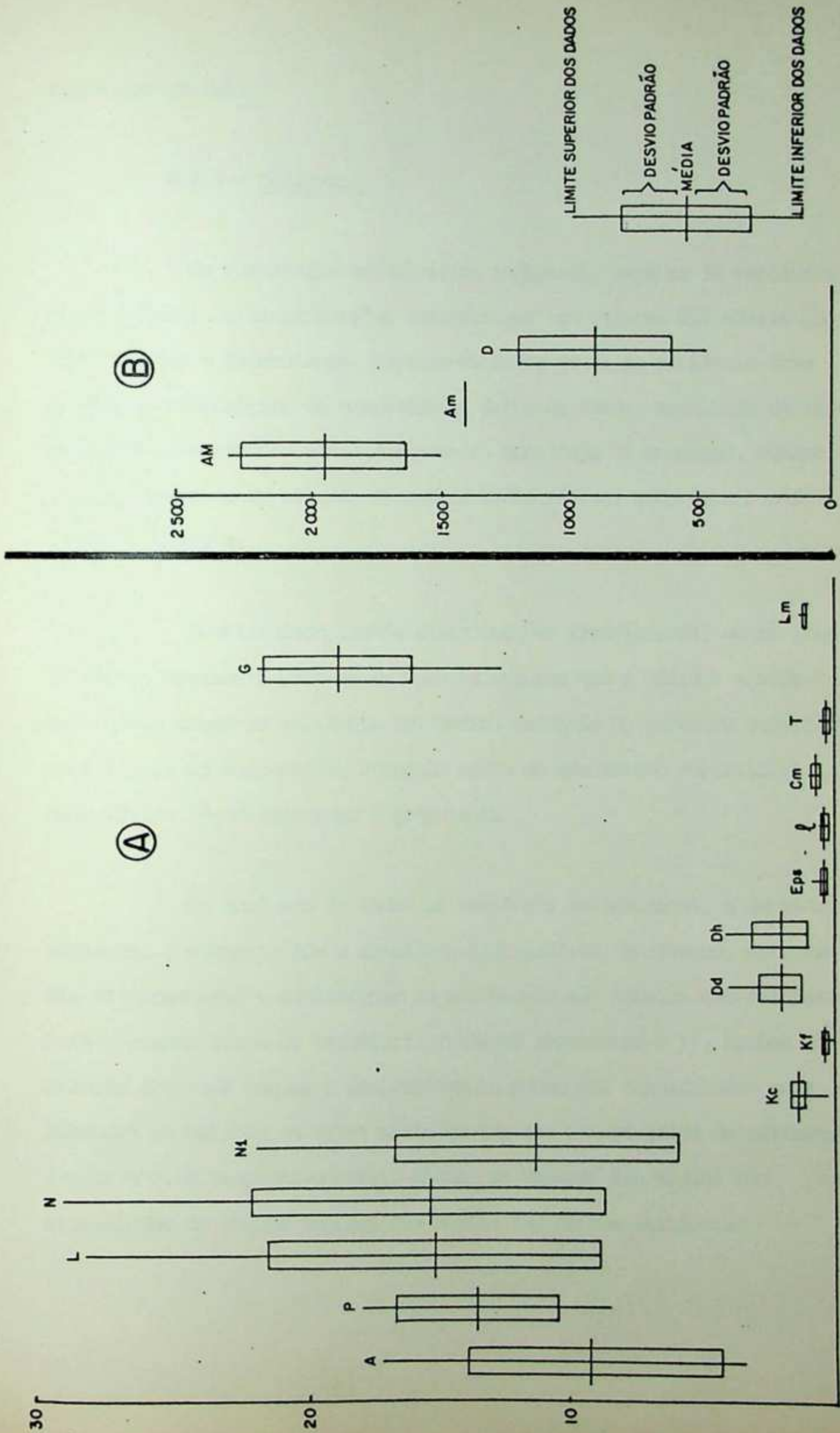


FIGURA 17 - RELAÇÃO DOS LIMITES MÁXIMO E MÍNIMO DOS VALORES DAS 18 VARIÁVEIS COM A MÉDIA E O DESVIO PADRÃO.

traço horizontal.

4.2.3 - Assimetria

Os resultados estatísticos indicaram, para as 18 variáveis, a predominância de distribuições assimétricas com valores das médias superiores às modas e às medianas. Incluem-se neste grupo as variáveis área de drenagem, coeficiente de compactidade, fator de forma, magnitude da rede de drenagem, comprimento total dos canais, densidade de drenagem, número total de segmentos de canais, densidade hidrográfica, comprimento médio dos canais e textura.

Constituindo também distribuições assimétricas, outro grupo de variáveis apresenta valores da mediana maiores que a média e a moda. Pertencem a esse grupo as variáveis perímetro, extensão do percurso superficial, coeficiente de manutenção, extensão média do escoamento superficial, altitude máxima, desnivelamento e gradiente.

Do conjunto de todas as variáveis assimétricas, a densidade de drenagem, juntamente com a densidade hidrográfica, gradiente, extensão média do escoamento e coeficiente de manutenção são aquelas que mostraram os mais elevados graus de assimetria (valores superiores a 1). Apenas as variáveis altitude máxima e desnivelamento podem ser consideradas mais equilibradas em relação ao valor médio devido aos baixos graus de assimetria (-0.12 e 0.10 respectivamente). Nelas, os valores das médias têm maior significado do que os valores das médias das outras variáveis.

4.2.4 - Curtose

A curtose é o grau de achatamento de uma distribuição considerado, usualmente, em relação a uma distribuição normal (Drumond, 1970). Os valores deste parâmetro foram obtidos através de programa de computador que emprega a seguinte fórmula:

$$\text{curtose} = \frac{\sum_i^N \left[(X_i - \bar{X}) / S \right]^4}{N} - 3$$

onde N = número total dos dados usados

X_i = valor de cada dado

\bar{X} = média aritmética dos dados

S = desvio padrão

Nas nove sub-bacias, para as 18 variáveis consideradas, os valores de curtose não são muito distantes de 3 dando resultados próximos de 1 tanto com sinal positivo como negativo. Em relação à curva normal, estes resultados indicam curvas platicúrticas, isto é, curvas menos pontiagudas do que ela, com valores mais diluídos.

No que se refere a seus resultados, a maioria das variáveis apresentou achatamento de suas curvas abaixo da curva normal. Isto se evidencia na tabela 13, cujos resultados de curtose aparecem com valor negativo. Para estas variáveis, verifica-se um maior afastamento de seus valores em relação ao valor médio.

As únicas variáveis com achatamento das curvas acima da curva

normal são: coeficiente de compactidade, densidade de drenagem, comprimento médio dos canais e gradiente. Nessas variáveis alguns valores repetem-se de maneira a causar distorções nas curvas. Esse valor modal corresponde a uma maior ocorrência para essas variáveis.

4.3 - Resultados das correlações

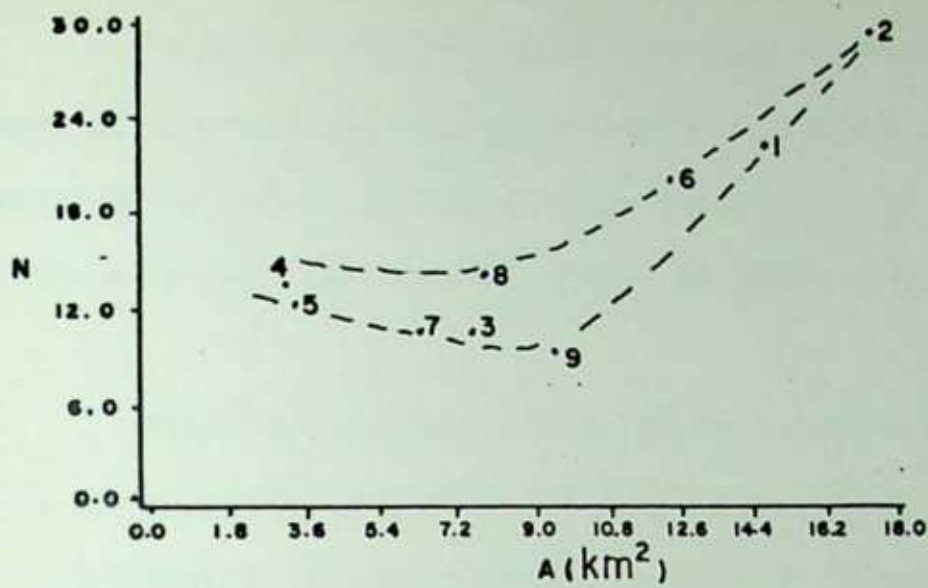
Para completar o estudo comparativo entre as variáveis, foram feitas correlações, objetivando ressaltar o grau de associação entre elas. Estas correlações mostram como a mudança do valor de uma variável é acompanhada por uma mudança na outra, podendo ser na mesma direção ou em direção contrária e a proporção em que essa mudança ocorre.

As variáveis selecionadas para este item do trabalho são aquelas que apresentam o valor mínimo de correlação igual a 0.66 para um nível de significância de 0.5 (95%) expressando algum significado nas considerações propostas neste capítulo.

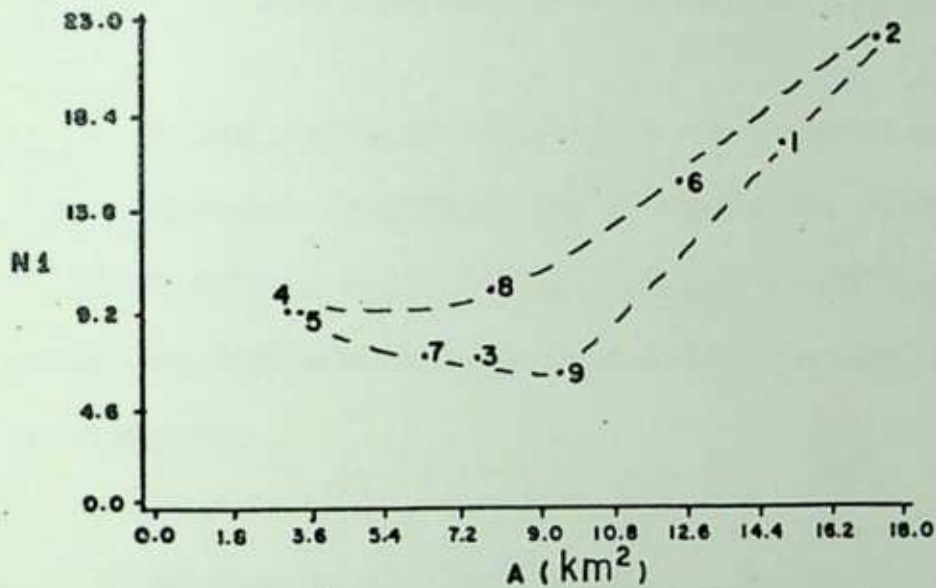
Com a finalidade de facilitar a interpretação, essas correlações foram grupadas em sete figuras, descritas a seguir. Nelas aparecem tracejadas as tendências dos resultados para as nove sub-bacias.

4.3.1 - Correlações que envolvem área de drenagem

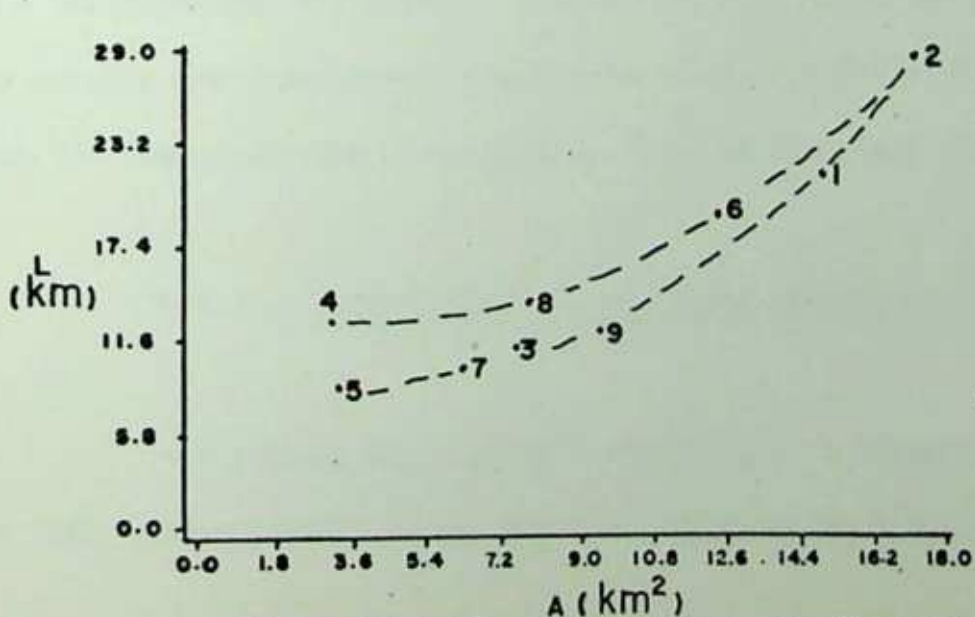
A figura 18 indica a correlação da área de drenagem (A) com o número de segmentos de canais (N), com o número de canais de 1ª ordem (N1) e com o comprimento total dos canais (L).



A



B



C

TENDÊNCIA DA
DISTRIBUIÇÃO DOS
VALORES

FIGURA 18 - GRÁFICOS DE CORRELAÇÃO ENVOLVENDO A ÁREA DAS SUB-BACIAS:
 A - CORRELAÇÃO ENTRE ÁREA (A) E Nº DE SEGMENTOS DE CANAIS (N) $r = 0,84$; $CD = 69,95\%$.
 B - CORRELAÇÃO ENTRE ÁREA (A) E Nº DE CANAIS DE 1ª ORDEM (N1) $r = 0,84$; $CD = 69,95\%$.
 C - CORRELAÇÃO ENTRE ÁREA (A) E O COMPRIMENTO TOTAL DOS CANAIS (L) $r = 0,92$; $CD = 84,15\%$.

No que se refere a essas variáveis, as sub-bacias estudadas relacionam-se diretamente, correspondendo às de maiores áreas aquelas que possuem o maior número de segmentos de canais, o maior número de canais de 1ª. ordem e as maiores extensões totais de canais (figura 18 A,B,C).

Nenhuma sub-bacia destaca-se pela intensidade de dissecação, uma vez que o aumento do número total de canais e dos canais de 1ª. ordem está estreitamente ligado ao aumento da área de drenagem.

4.3.2 - Correlação que envolve comprimento e número de canais

A comparação do comprimento com o número de canais entre bacias pode apresentar resultados bem diferenciados. Ghose (1967), Gandolfi (1971), Cunha (1975), entre outros autores, têm mostrado que essas variáveis podem ser indicadoras de maiores diferenças litológicas entre as bacias de drenagem.

Na área em estudo, a predominância de tipos diversos de migmatitos não chegou a particularizar nenhuma sub-bacia com relação à quantidade e comprimento dos canais. A diferenciação entre os comprimentos totais dos canais das sub-bacias vincula-se diretamente com o número de canais (figura 19) bem como com o aumento da área de drenagem (figura 18 C).

4.3.3 - Correlações que envolvem número de canais de 1ª. ordem

A figura 20 indica a correlação do número de canais de 1ª. ordem (N_1) com o número total (N) e o comprimento total (L) dos canais.

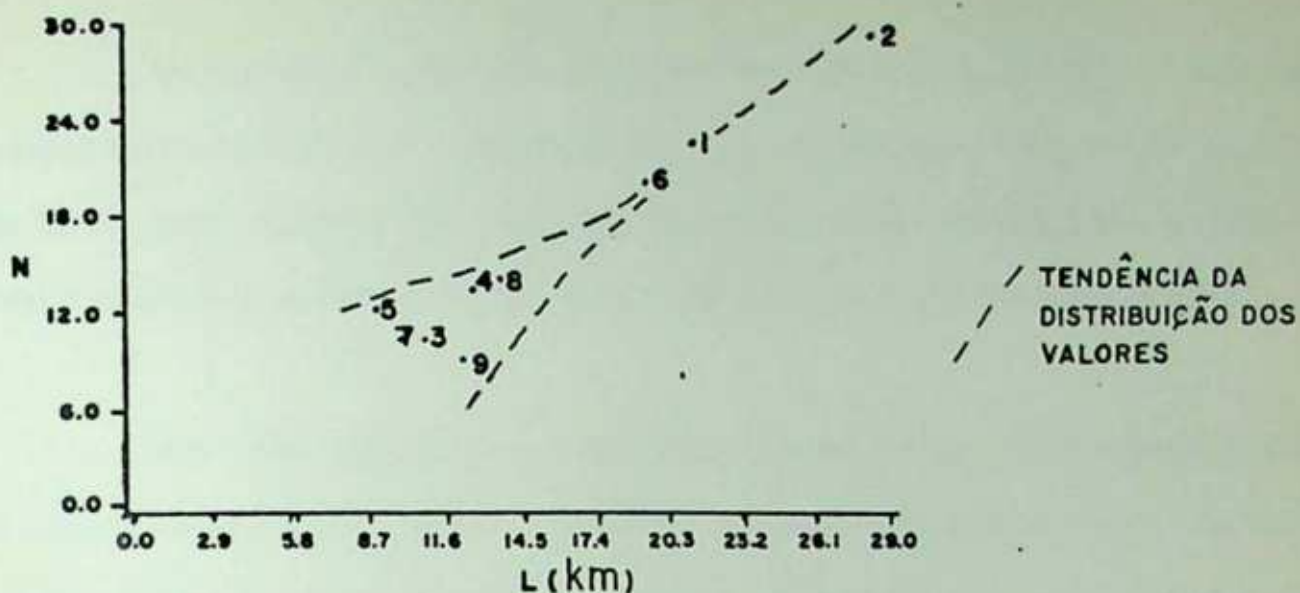
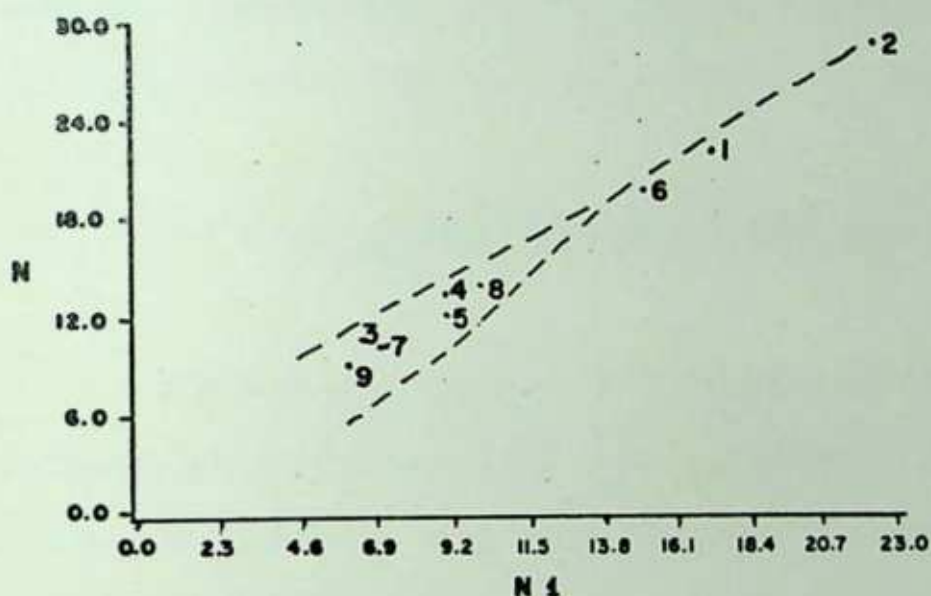
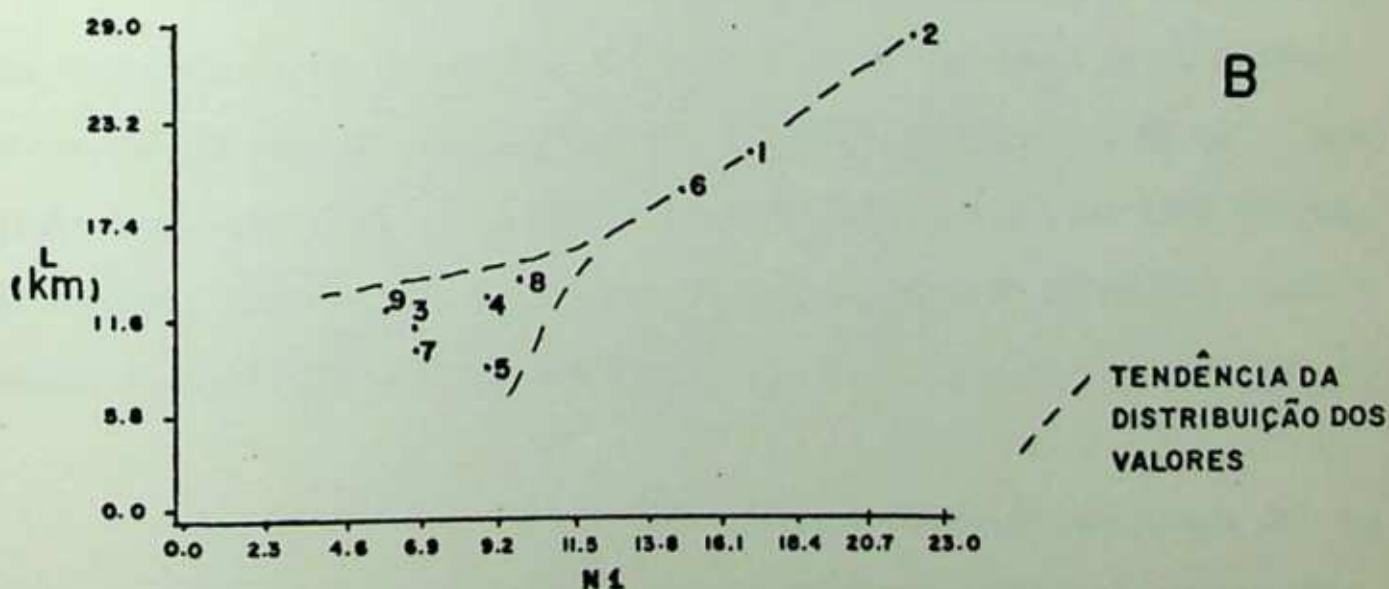


FIGURA 19 - GRÁFICO DE CORRELAÇÃO ENTRE COMPRIMENTO TOTAL DOS CANAIS (L) E O Nº DE SEGMENTOS DE CANAIS (N) $r=0,97$; $CD=94,11\%$.



A



B

FIGURA 20 - GRÁFICOS DE CORRELAÇÃO ENVOLVENDO A MAGNITUDE DA REDE:
A - CORELAÇÃO ENTRE Nº DE CANAIS DE 1ª ORDEM (N1) E O Nº DE SEGMENTOS DE CANAIS (N) $r=0,998$; $CD=99,75\%$.

B - CORELAÇÃO ENTRE Nº DE CANAIS DE 1ª ORDEM (N1) E COMPRIMENTO TOTAL DE CANAIS (L) $r=0,96$; $CD=92,70\%$.

As sub-bacias de mais elevados totais de canais são aquelas que apresentam também alta magnitude da rede de drenagem (figura 20 A). Por outro lado, esse aumento de canais de 1.ª ordem pode corresponder a valores mais elevados de comprimento total dos canais, para cada sub-bacia.

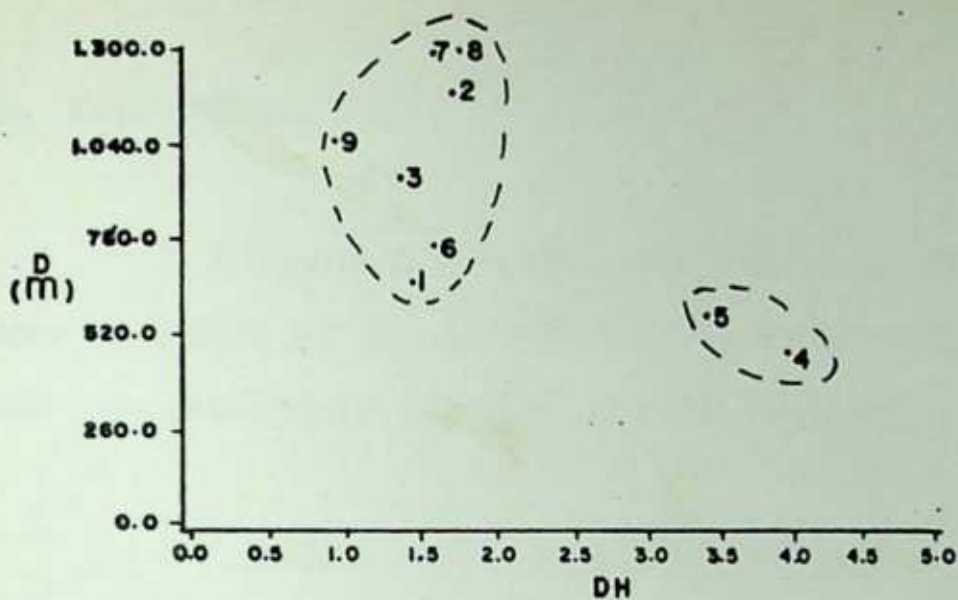
Nos três grupos de correlações vistas acima, as sub-bacias 1, 2 e 6 possuem as maiores áreas de drenagem, os mais elevados números totais de canais, números de canais de 1.ª ordem e comprimentos totais dos canais. Esses resultados decorrem do comando estrutural litológico da região (rede de fraturas, diaclasamento etc) que, fixando a posição das linhas divisórias de água da bacia, confere maiores áreas para as sub-bacias 1, 2 e 6.

4.3.4 - Correlações que envolvem densidade hidrográfica

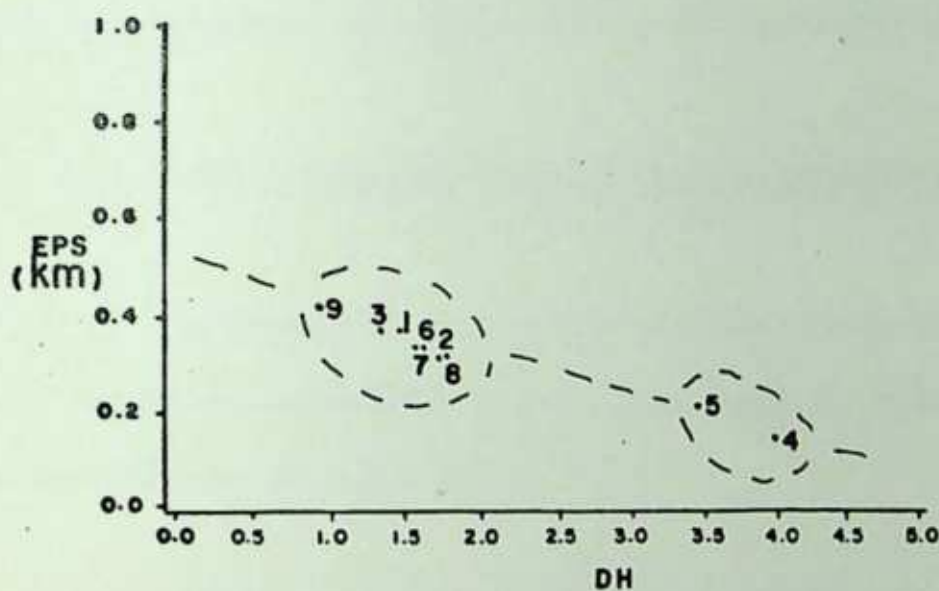
A densidade hidrográfica (D_h), para as nove sub-bacias, varia inversamente com o desnivelamento (D), a extensão do percurso superficial (E_{ps}) e o coeficiente de manutenção (C_m). Estas relações encontram-se ilustradas na figura 21 A, B, C.

As sub-bacias de altos desnivelamentos são as que tendem a possuir baixo número de canais por km^2 (figura 21 A). As áreas de alto desnível dessas sub-bacias são ocupadas por florestas (figuras 3 e 8) ou por pontões rochosos (foto 1) que poderiam perfeitamente explicar esta correlação inversa. Estudos mais detalhados de cada segmento de ordem dos canais poderão fornecer maiores informações.

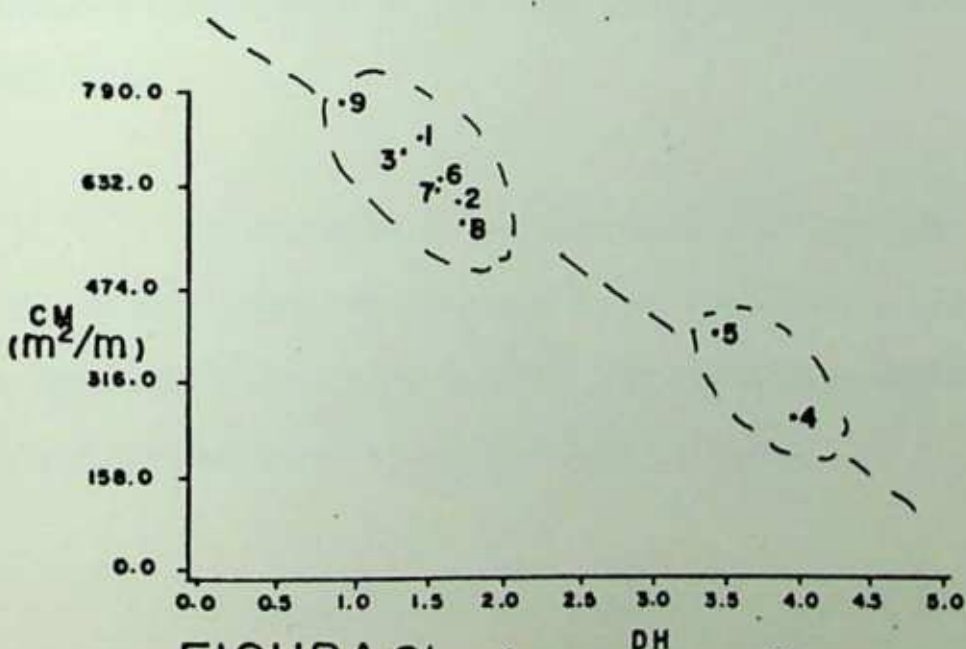
As águas superficiais das sub-bacias de baixa densidade de canais por km^2 vão percorrer maior extensão superficial antes de se canalizare



A



B



C

TENDÊNCIA DA
DISTRIBUIÇÃO DOS
VALORES

FIGURA 21-GRÁFICOS DE CORRELAÇÃO ENGLOBALDO DENSIDADE HIDROGRÁFICA:
 A-CORRELAÇÃO ENTRE DENSIDADE HIDROGRÁFICA (Dh) E DESNIVELAMENTO (D) $r=0,66$; $CD=44,07\%$.
 B-CORRELAÇÃO ENTRE DENSIDADE HIDROGRÁFICA (Dh) E EXTENSÃO DO PERCURSO SUPERFICIAL (Eps) $r=0,98$; $CD=96,37\%$.
 C-CORRELAÇÃO ENTRE DENSIDADE HIDROGRÁFICA (Dh) E COEFICIENTE DE MANUTENÇÃO (Cm) $r=0,99$; $CD=97,11\%$.

rem (figura 21 B).

A figura 21 C mostra que as sub-bacias de mais elevadas densidades de canais por km^2 correspondem àquelas que necessitam de pequena área para desenvolver ou manter um canal permanente.

O gráfico desta correlação mostra uma concentração de pontos na parte superior e à esquerda dos gráficos (A, B, C). Com relação à densidade hidrográfica evidencia-se que quase a totalidade das sub-bacias estudadas constituem-se de pequeno número de canais por km^2 .

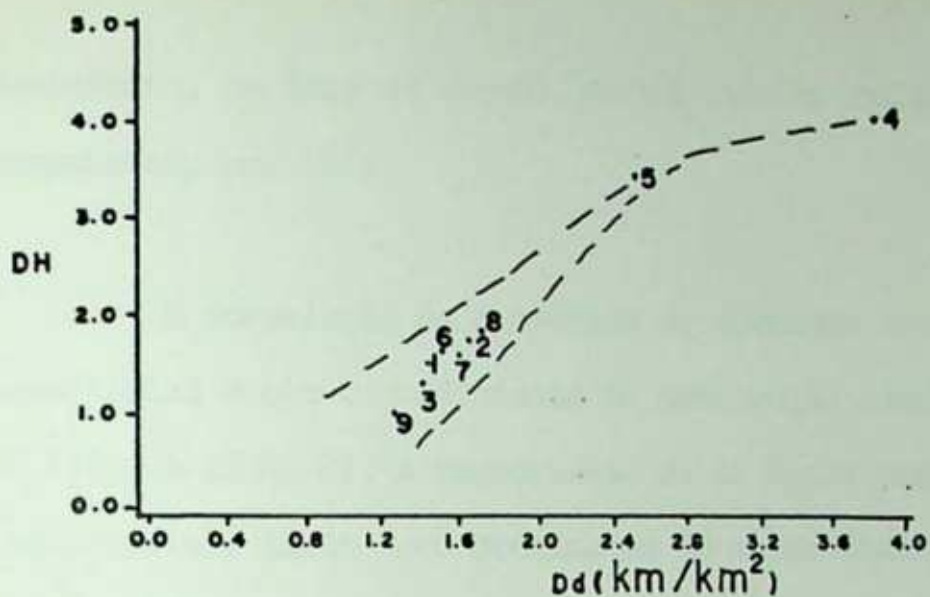
4.3.5 - Correlações que envolvem densidade de drenagem

A figura 22 indica a correlação da densidade de drenagem (Dd), com a densidade hidrográfica (Dh), a extensão do percurso superficial (Eps) e o coeficiente de manutenção.

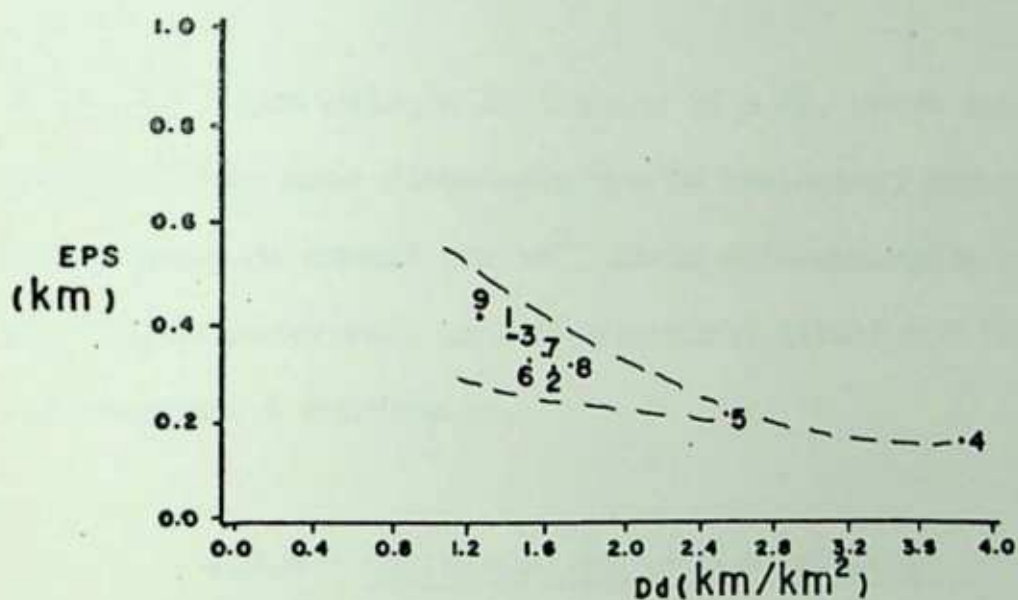
A densidade de drenagem está diretamente correlacionada com a densidade hidrográfica com valor de correlação elevado e igual a 0.96 (figura 22 A).

Como esses dois parâmetros são calculados a partir de uma razão, em que a área de drenagem é uma constante, a variação das densidades de drenagem e hidrográfica está relacionada aos diferentes valores de número e comprimento de canais de cada sub-bacia.

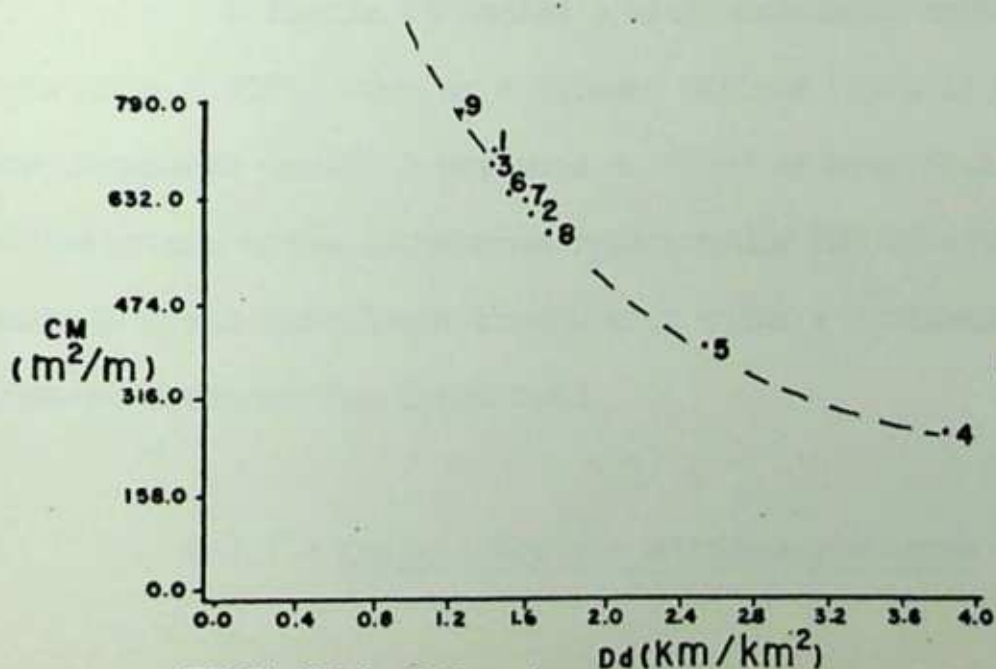
A concentração das sub-bacias próxima aos baixos valores de densidade de drenagem e hidrográfica, leva-nos a estabelecer que há uma



A



B



C

FIG.

TENDÊNCIA DA
DISTRIBUIÇÃO DOS
VALORES

FIGURA 22-GRÁFICOS DE CORRELAÇÃO ENGBANDO DENSIDADE E DRENAGEM:
 A-CORRELAÇÃO ENTRE DENSIDADE DE DRENAGEM (D_d) E DENSIDADE
 HIDROGRÁFICA (D_h) $r=0,96$; $CD=92,03\%$.
 B-CORRELAÇÃO ENTRE DENSIDADE DE DRENAGEM (D_d) E EXTENSÃO
 DO PERCURSO SUPERFICIAL (E_{ps}) $r=0,96$; $CD=91,90\%$.
 C-CORRELAÇÃO ENTRE DENSIDADE DE DRENAGEM (D_d) E COEFICIENTE
 DE MANUTENÇÃO (C_m) $r=0,96$; $CD=92,27\%$.

predominância, na área em estudo, de sub-bacias com poucos canais de pequeno comprimento por km^2 .

A correlação da densidade de drenagem com a extensão do percurso superficial e com o coeficiente de manutenção comporta-se de maneira inversa (figura 22 B, C). A necessidade de as águas percorrerem maior extensão superficial, assim como precisarem de maior área para desenvolver e manter um canal, relaciona-se com as sub-bacias que possuem canais de pouca extensão por km^2 .

Com relação às figuras 21 e 22, vemos que as sub-bacias 4 e 5 apresentam-se mais dissecadas que as restantes, enquanto a sub-bacia 9 é a menos densa de canais por km^2 . Essas diferenciações internas, na bacia do rio Grande, decorrem do comando estrutural litológico (diaclasamento, fraturas etc) nas 9 sub-bacias.

4.3.6 - Correlação que envolve altitude máxima e desnivelamento

A figura 23 indica a alta correlação entre esses dois parâmetros ($r = 0.999$). Como as altitudes mínimas, para as nove sub-bacias, são uma constante devido à presença do nível de base local, os desnivelamentos altimétricos estão fortemente relacionados com as altitudes máximas. O resultado desta correlação acusou alto valor e graficamente os pontos distribuem-se formando uma linha reta.

4.3.7 - Correlações que envolvem gradiente

A variável gradiente (G) relaciona-se de maneira inversa com o nú

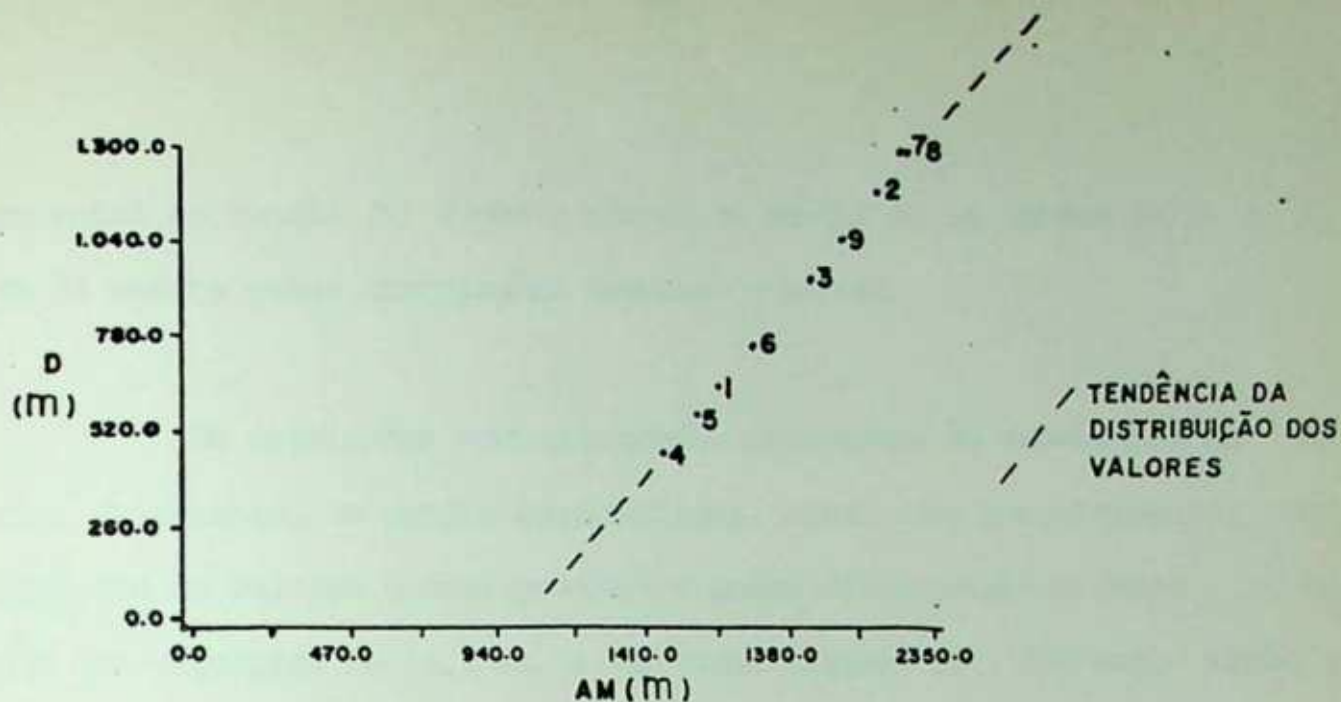
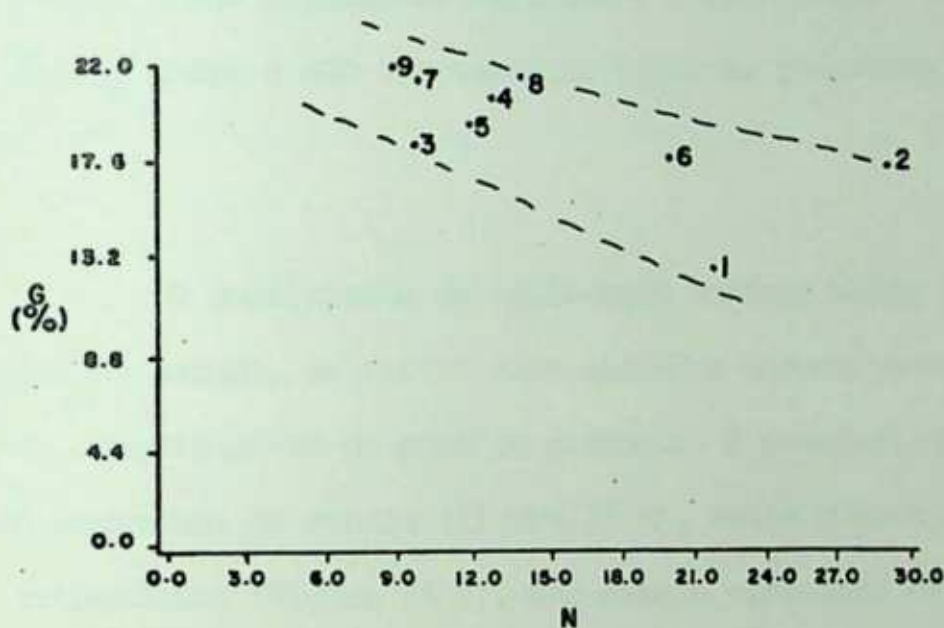
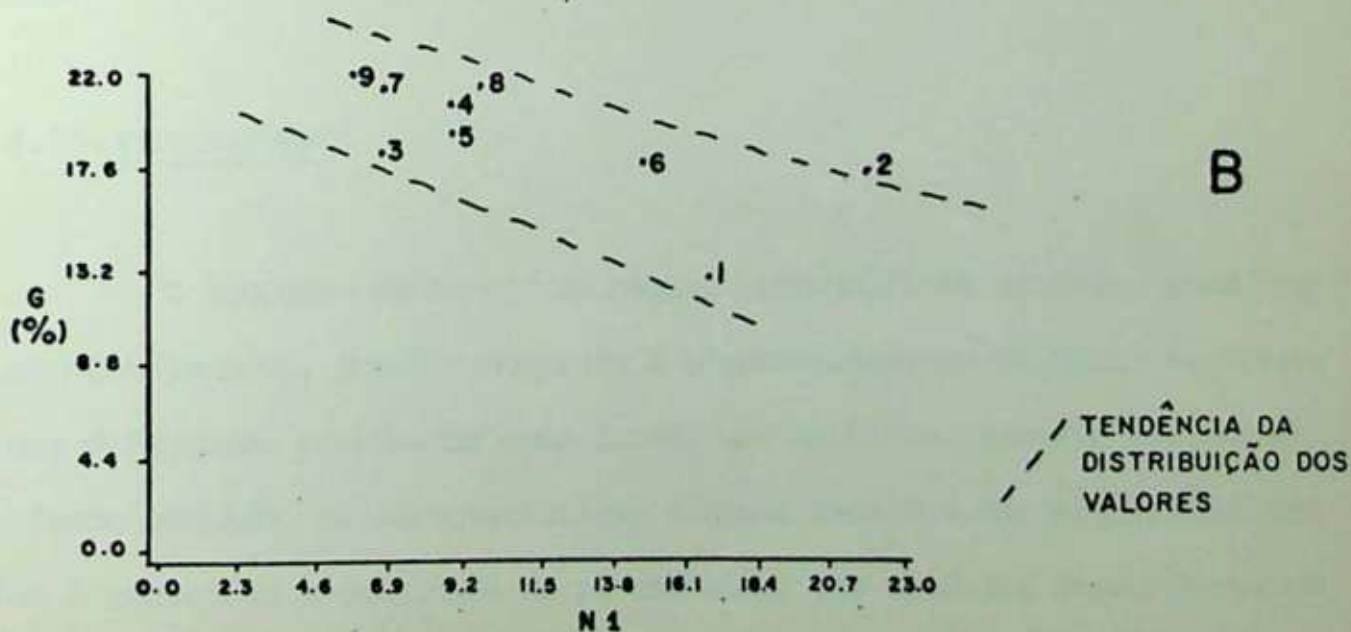


FIGURA 23 - GRÁFICO DE CORRELAÇÃO ENTRE A ALTITUDE MÁXIMA (AM) E O DESNIVELAMENTO (D) $r = 0,999$; $CD = 99,92\%$.



A



B

FIGURA 24 - GRÁFICOS DE CORRELAÇÃO ENLOBANDO GRADIENTE:
 A - CORRELAÇÃO ENTRE GRADIENTE (G) E Nº DE SEGMENTOS DE CANAIS (N) $r = 0,67$; $CD = 44,26\%$.
 B - CORRELAÇÃO ENTRE GRADIENTE (G) E Nº DE CANAIS DE 1º ORDEM (N1) $r = 0,69$; $CD = 48,04\%$.

mero total de canais (N) e com o número de canais de 1a. ordem (N1). A figura 24 mostra essas correlações inversas e baixas.

Os gradientes aqui empregados referem-se às sub-bacias de 3a. ordem. Entretanto, os perfis longitudinais, examinados anteriormente, mostraram que os valores desses gradientes podem diferenciar-se entre as áreas dos segmentos de 1a., 2a. e 3a. ordem (figura 15). Por esta razão, as correlações apresentadas na figura 24 devem ser vistas com certo cuidado, porque esses gradientes refletem o comportamento total de cada sub-bacia de 3a. ordem e não sua variação interna, que vimos ser bastante heterogênea.

O coeficiente de explicação mostrou valor igual a 44.2%. Como, na área em estudo, as partes mais elevadas encontram-se cobertas de vegetação ou constituem-se de pontões rochosos, é possível que o aumento do n^umero de segmentos de canais (figura 24 A), assim como o aumento dos primeiros tributários (figura 24 B), não esteja vinculado diretamente ao aumento do gradiente. Para maiores interpretações são ainda necessários estudos de detalhe.

4.4 - Conclusões

O conceito de manejo de bacias hidrográficas adotado, atualmente, no planejamento, prevê o controle e o aproveitamento da bacia de drenagem com diferentes propósitos como lazer, uso agrícola, reserva florestal etc. Neste sentido, as características físicas passam a ser significativas devido à crescente necessidade de se trabalhar com unidades mensuráveis como tamanho, forma e outras medidas. Na realidade, os próprios parâmetros

definidores das características morfológicas da bacia, por si mesmos, sintetizam tais características e podem ser úteis na comparação de bacias, em áreas distintas.

Este capítulo deteve-se no estudo comparativo de nove sub-bacias de 3a. ordem, com relação às suas características físicas, podendo ser enunciadas algumas considerações:

- a) As nove sub-bacias detalhadas abrangem 67.8% da área da bacia do alto rio Grande e representam a totalidade de seus tributários de 3a. ordem. Esses pequenos compartimentos apresentam resultados de características físicas semelhantes à bacia de 5a. ordem.
- b) Os resultados estatísticos mostraram pequena diferenciação entre essas sub-bacias e os valores médios de alguns parâmetros são significativos para representá-las. Essa pequena diferenciação decorre de semelhantes características de geologia, solo e relevo.
- c) Destacaram-se do grupo as sub-bacias 1, 2 e 6, com maiores áreas de drenagem, elevados valores de número e comprimento total dos canais e gradientes baixos. Apresentam o maior número de canais formadores e são as mais circulares do grupo.
- d) As sub-bacias 4 e 5 diferenciam-se das demais pelos baixos valores de número e comprimento total dos canais. Sendo suas

áreas de drenagem de tamanho reduzido, a comparação desses valores de comprimento e número, por unidade de área, resultaram ser elas as mais dissecadas, com elevados valores para densidade de drenagem (L/A) e densidade hidrográfica (N/A). Possuem as mais baixas altitudes máximas e os mais altos gradientes.

- e) A sub-bacia 9 tem, por unidade de área, baixos valores de número (Dh) e comprimento dos canais (Dd), estando pouco dissecada, quando comparada com as demais. O reduzido número de canais de 1a. ordem pode estar associado à região dos migmatitos homogêneos. Ela é a sub-bacia de mais elevado gradiente.
- f) O desnivelamento geral da bacia do alto rio Grande não deve ser considerado como um todo. A análise mostrou que ele é mais acentuado para as sub-bacias de 3a. ordem. A área situada, então, abaixo dessas sub-bacias oferece certa facilidade para as enchentes, em decorrência da topografia pouco inclinada.

5 - CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DO CANAL

Nesta etapa do trabalho, tentamos caracterizar o comportamento da geometria hidráulica do canal (Chorley, 1975). Inicialmente são analisados os resultados das variáveis vazão média, largura e profundidade do canal, área da seção transversal e velocidade média das águas para o período de 1947/1973. Em seguida, são descritos os resultados estatísticos para essas variáveis, representados pela tendência central, dispersão, assimetria e curtose.

Em um segundo item são vistos os resultados das relações entre as variáveis acima enunciadas, compondo a parte da geometria hidráulica. Incluem-se ainda, em um terceiro item deste capítulo, os resultados granulométricos do material do fundo do canal.

5.1 - Resultados das variáveis de 1947 a 1973

Pretendendo fazer um relato histórico da corrente, bem como uma análise gráfica das características hidráulicas, do canal foram considerados os valores de vazão, largura e profundidade do canal, área da seção transversal e velocidade média das águas no período de 1947 até 1973.

As vazões mais elevadas atingiram $28.50 \text{ m}^3/\text{s}$ (fevereiro de 1972), $18.10 \text{ m}^3/\text{s}$ (fevereiro de 1967), $17.60 \text{ m}^3/\text{s}$ (fevereiro de 1965) e $17.10 \text{ m}^3/\text{s}$ (janeiro de 1973).

As vazões mais baixas foram registradas em dezembro de 1963

(1.14 m³/s), julho de 1955 (1.18 m³/s), outubro de 1957 (1.44 m³/s) e setembro de 1964 (1.49 m³/s). Através destes valores, podemos notar que o regime do rio sofre grande variação anual.

Os valores de descarga média diária estão distribuídos ao longo dos meses, representando a tendência anual das águas (figura 25). Apesar de esses valores não representarem uma frequência sistemática, uma vez que a coleta não se fez regularmente em todos os anos, pode-se notar que os valores mais baixos de descarga vão ocorrer entre o fim de maio e meados de outubro. As mais baixas descargas registram-se em agosto e setembro.

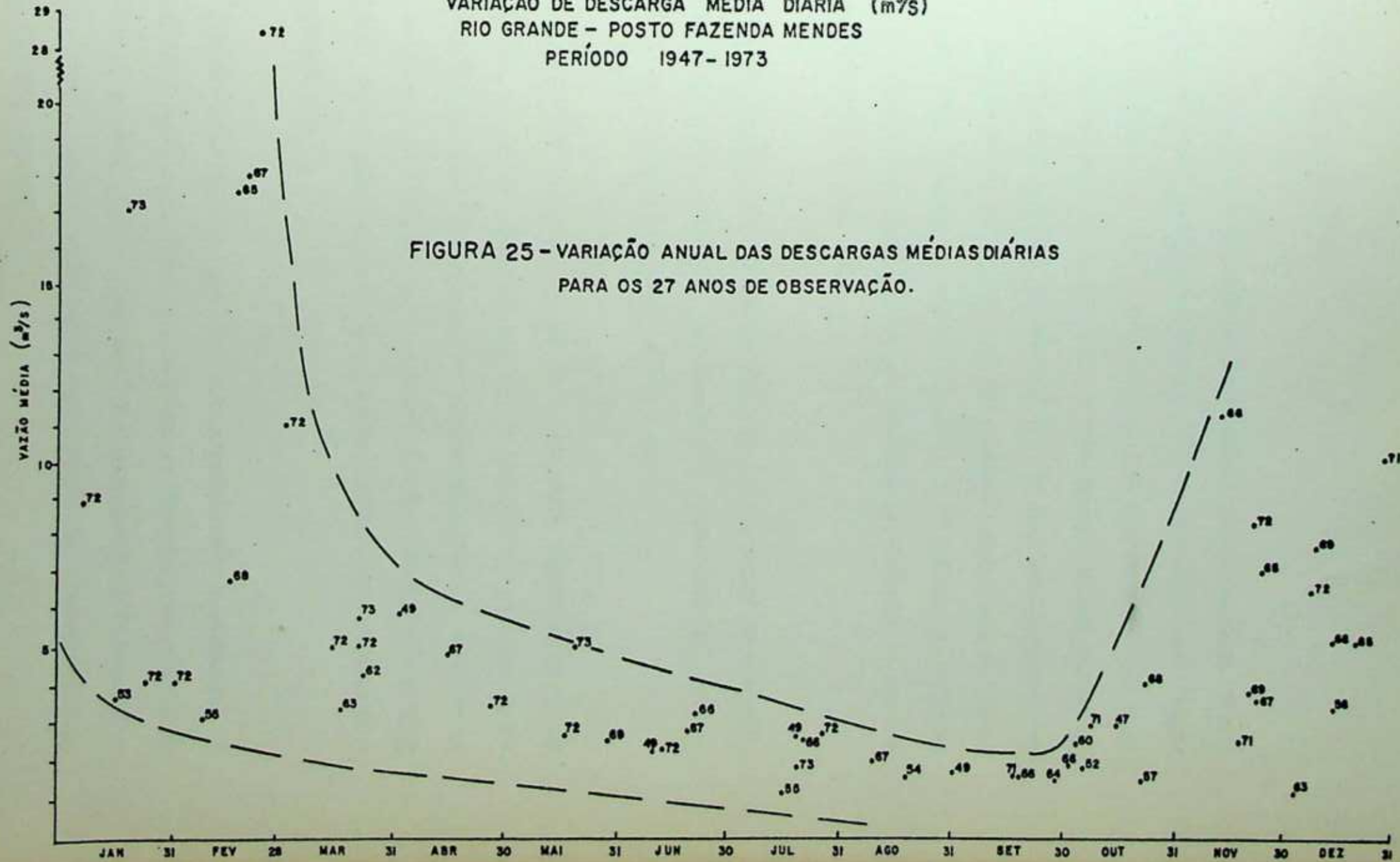
A partir de outubro, as descargas começam a aumentar, atingindo seu máximo em janeiro e fevereiro. Uma curva grosseira foi traçada, mostrando a possível amplitude de vazão para cada mês do ano.

A variação do nível das águas, mencionada acima, está relacionada à distribuição anual da pluviosidade. A contribuição das chuvas, em janeiro e fevereiro, faz-se sentir com maior intensidade, permitindo que o volume das águas do rio cresçam nesta época do ano. Em contrapartida junho, julho e agosto são os meses mais secos, registrando-se baixas cotas d'água para o rio.

No posto de medição Fazenda Mendes, a média mínima mensal de pluviosidade, registrada de 1950 a 1973, ocorreu em junho, não chegando a atingir 30 mm (figura 4 C). Se junho corresponder ao mês mais seco da bacia, pode-se supor que ocorra nesta época uma contribuição maior do lençol d'água, porque as mínimas descargas vão registrar-se em agosto e setembro, quando o lençol d'água pouco pode contribuir e as chuvas que se iniciaram

VARIAÇÃO DE DESCARGA MÉDIA DIÁRIA (m³/s)
 RIO GRANDE - POSTO FAZENDA MENDES
 PERÍODO 1947-1973

FIGURA 25 - VARIAÇÃO ANUAL DAS DESCARGAS MÉDIAS DIÁRIAS
 PARA OS 27 ANOS DE OBSERVAÇÃO.



são absorvidas pela infiltração.

Os valores de velocidade média das águas pouco variaram durante os 27 anos analisados. Em raras ocasiões, a velocidade média das águas atingiu valor superior a 0.5 m/s. A figura 26 mostra graficamente que a ligeira variação desses valores de velocidade ocorre dentro de uma faixa, cujos valores extremos são aproximadamente 0.25 e 0.50 m/s. Essa pequena variação de velocidade média das águas está associada à sinuosidade do canal (figura 10), bem como à pouca inclinação do perfil longitudinal do rio. Suas águas percorrem, à montante do posto de medição, uma extensão de 17 km com certa horizontalidade (figura 15).

As estações do ano aparentemente pouco influenciam no comportamento da velocidade média das águas. Os valores são relativamente homogêneos, com pouca amplitude durante todo o ciclo anual.

Apesar de nenhuma medida ter sido realizada, observações de campo levaram-nos a crer que próximo ao posto de medição o fluxo das águas, a baixas velocidades, deve ser laminar, em camadas paralelas, acomodadas umas sobre as outras. Por outro lado, nos canais de 3a. ordem, onde a velocidade deve ter seus valores elevados pelos fortes gradientes, registram-se fluxos turbulentos.

Sabemos, entretanto, que este comportamento não é estático. A velocidade crítica pode ser afetada por um grupo de fatores como viscosidade e densidade do fluido, profundidade das águas e rugosidade da superfí-cie do canal, transformando o fluxo laminar em turbulento (Christofoletti, 1974, Wisler, 1964 e outros).

A velocidade da corrente, assim como a área da seção transversal do canal, que é resultante da largura e profundidade média, têm seus valores aumentados à medida que a vazão do rio aumenta (Bloom, 1970, Leopold et alii, 1964, e outros).

Na bacia do alto rio Grande observou-se que, nas proximidades do posto de medição, a profundidade média do canal é a variável mais influenciada pelo aumento da vazão.

A figura 27 mostra que a variação desses valores durante os meses do ano acompanha as estações climáticas. Comparando as figuras 25 e 27, pode-se deduzir que o comportamento da vazão e da profundidade médias do canal se assemelham, estando a segunda relacionada diretamente com a primeira.

Os valores registrados para a largura total do canal, no posto de medição, durante os 27 anos são apresentados na figura 28. Apesar de os valores de descarga variarem largamente dentro do ciclo anual (figura 25), os valores de largura total do canal têm pequena amplitude e raras vezes atingiram larguras excepcionais. As maiores larguras registraram-se em fevereiro de 1972 (19.75 m), em fevereiro de 1967 (16.70 m) e fevereiro de 1962 (16.30 m), épocas em que ocorreram, também, as mais elevadas descargas. As menores larguras registradas e inferiores a 10 m ocorreram no inverno e início da primavera, concordando com os baixos valores de descarga.

Assim como a pouca variação da velocidade das águas parece associar-se ao nível de base local, a pequena variação da largura total parece estar relacionada à morfologia da calha do canal.



Os valores registrados para a largura total do canal variam, predominantemente, entre 8 e 15 m e, em raras ocasiões, atingiram valores superiores a este. Estas observações leva-nos a crer que, neste período de análise, o rio esteve entalhando sua calha, em forma de U aberto (figura 41), permitindo assim a pequena variação da largura máxima do canal. Isto torna-se evidente, quando se verifica que 74% dos dados analisados correspondem a uma frequência de largura total entre 11 e 13 m.

É provável que, durante as três maiores cheias registradas, as águas tenham ultrapassado o leito de vazante e atingido o leito maior excepcional, pois os maiores alargamentos da calha ocorreram em intervalos irregulares (1965, 1967 e 1972). A análise dos dados obtidos para a largura total do canal não indicou a existência de um leito maior periódico, onde o rio se alarga pelo menos uma vez cada ano.

Os valores registrados para a área da seção transversal são bastante diversos dentro do ciclo anual para os 27 anos (figura 29). Como a referida área é função da profundidade e da largura do canal ($Q = f(P \times L)$), este gráfico completa os dois anteriores (figuras 27 e 28). A observação dessas duas figuras evidencia que o aumento da área da seção transversal está mais relacionado à profundidade do canal, uma vez que os valores de largura pouco se modificaram durante os 27 anos. Uma comparação entre o gráfico de variação da profundidade com o de variação da área da seção transversal mostra um comportamento bastante semelhante para essas duas variáveis.

5.1.1 - Parâmetros estatísticos

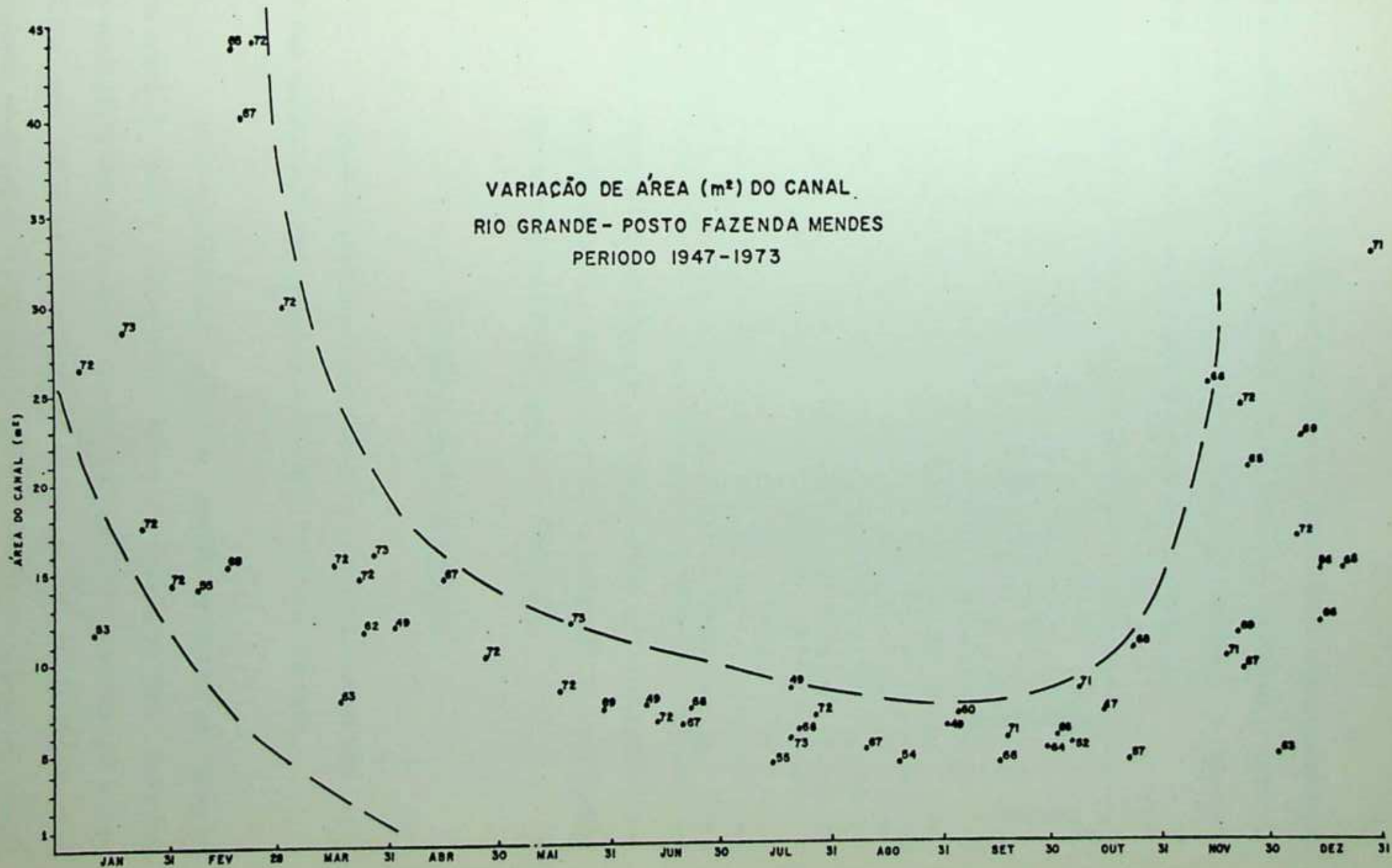


FIGURA 29 - VARIACÃO DA ÁREA DA SECÇÃO TRANSVERSAL DO CANAL, NO POSTO DE MEDIÇÃO, PARA OS 27 ANOS (1947/1973)

Para as variáveis vazão média, largura total e profundidade média do canal, velocidade das águas e área da seção transversal, foram calculadas as medidas de tendência central, dispersão, assimetria e curtose, cujos resultados são apresentados na tabela que se segue.

nº de casos (medições)	variável	média	mediana	moda	desvio padrão	variância	valor máximo	valor mínimo	amplitude	assimetria	curtose
57	Q	5.17	3.46	2.93	5.02	25.17	28.50	1.14	27.36	+ 2.62	7.74
57	L	12.56	12.59	12.53	1.90	3.59	19.75	8.30	11.45	+ 0.74	2.98
57	P	1.07	0.90	0.47	0.65	0.42	3.00	0.36	2.64	+ 1.22	0.84
57	V	0.36	0.35	0.32	0.08	0.01	0.65	0.23	0.41	+ 1.24	3.02
57	A	13.58	10.70	8.32	9.89	97.73	44.16	4.19	39.94	+ 1.58	2.00

TABELA 14 - Resultados estatísticos para as variáveis de características hidráulicas: Q = vazão (m^3/s), L = largura (m), P = profundidade (m), V = velocidade (m/s), A = área (m^2).

5.1.1.1 - Medidas de tendência central

Entre os parâmetros indicadores da tendência central dos valores das variáveis foram determinadas a média, a mediana e a moda.

Para essas medidas de posição, observou-se que as variáveis largura total do canal e velocidade das águas aproximam-se de uma distribuição simétrica. Nelas, os valores para o ponto médio, o ponto de 50% e o valor que mais ocorre na distribuição, assemelham-se (tabela 14). Essas duas variáveis mencionadas representam as medidas hidráulicas que menos refle

tem a variação dos valores de vazão durante o período em estudo.

5.1.1.2 - Medidas de dispersão

Com relação às medidas de dispersão, a análise da tabela 14 mostrou que o valor do desvio padrão é inferior ao valor da média, para as cinco variáveis. Isto leva-nos a constatar que os dados considerados, para cada uma delas, são pouco heterogêneos. O coeficiente de variação, obtido pela expressão $CV = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100$ e calculado para cada variável, confirmou esta observação:

- largura total do canal	15.13%
- velocidade média das águas	22.22%
- profundidade média do canal	60.75%
- área da seção transversal do canal	72.83%
- vazão média	97.10%

Como todos os coeficientes indicaram uma variação inferior a 100%, o conjunto pode ser considerado heterogêneo porém não muito acentuado. Isto significa que os valores para cada variável apresentam significativa variação durante os 27 anos.

Os dados de vazão média e área da seção transversal do canal são os mais heterogêneos do conjunto das variáveis, com valores para o coeficiente de variação igual a 97.10 e 72.83% respectivamente. Os dados de profundidade média do canal, com 60.75% de coeficiente de variação podem ser considerados heterogêneos. O conjunto de dados das variáveis largura total do canal e velocidade média das águas, com valores de coeficiente de variação inferiores a 30% é quase homogêneo. Esses resultados atribuem às

duas variáveis menor variação de seus valores durante o período em estudo.

Foram calculadas também a variância, que representa o desvio padrão ao quadrado, e a amplitude de variação para cada variável. Esta última é obtida da diferença entre o valor mais alto e o mais baixo de cada conjunto de dados.

5.1.1.3 - Assimetria

O grau de assimetria indica a tendência de os valores dispersarem-se em torno da média. Os resultados estatísticos indicaram, para as cinco variáveis, uma distribuição assimétrica pelo fato de os valores das médias serem superiores aos das modas e medianas. Como foi mencionado, o resultado desses parâmetros atribue às variáveis largura total do canal e velocidade média das águas uma distribuição quase simétrica. Nelas, o baixo grau de assimetria indica que suas médias têm maior significado do que as médias das outras distribuições, cujos graus de assimetria são mais elevados.

5.1.1.4 - Curtose

A curtose, como já foi visto, indica o grau de achatamento de uma distribuição em relação à distribuição normal. Seus resultados são diversificados nas cinco variáveis analisadas. A profundidade média do canal mostra valores de curtose muito próximos de zero, indicando curva mesocúrtica de comportamento muito próximo ao da curva normal, com uma distribuição mais equilibrada. As variáveis largura total, velocidade das águas e área da seção transversal do canal, cujos valores de curtose distanciam-

se consideravelmente de zero, indicam curvas leptocúrticas em relação à normal, isto é, mais pontiagudas do que ela, com valores mais diluídos. A variável vazão apresentou valor de curtose muito superior a zero (7.74), indicando uma curva extremamente leptocúrtica ou excessivamente aguda, representando seus dados uma acentuada concentração em torno da moda.

5.2 - Resultados da geometria hidráulica

A geometria hidráulica é o estudo das relações entre descarga, carga sedimentar, declividade, velocidade e área da seção transversal do canal. Easterbrook (1969) fez referência a relações entre algumas dessas medidas através da expressão: $Q = L \times P \times V$, onde Q é descarga, L é largura, P é profundidade e V é velocidade.

Leopold (1964) refere-se a estudos realizados por ele e Maddock (1953) sobre a geometria hidráulica dos canais, considerando-a como a variação de comportamento, envolvendo essas quatro medições citadas por Easterbrook. Uma série de gráficos cartesianos foi organizada, neste trabalho, tentando melhor visualizar estas relações.

5.2.1 - Relações que envolvem descarga média

O primeiro passo na análise da geometria hidráulica do canal fluvial foi o estudo das modificações da largura e profundidade, bem como da velocidade da corrente em relação à descarga.

Leopold (1964) afirmou que com o aumento da descarga, em dada seção transversal do canal, a largura, a profundidade média e a velocidade

de média aumentam como uma função das funções:

$$L = aQ^b \quad P = cQ^f \quad \text{e} \quad V = kQ^m$$

onde L é largura, P é profundidade média, V é velocidade média, Q é descarga e a, b, c, f, k, m são coeficientes numéricos.

A área da seção transversal ocupada pelas águas é o produto da largura total com a profundidade média. Como a descarga calculada é o produto da área da seção molhada pela velocidade média, tem-se:

$$A = L \times P \quad (1)$$

$$Q = A \times V \quad (2)$$

Substituindo 1 em 2 temos:

$$Q = L \times P \times V$$

$$\text{Como } L = aQ^b \quad P = cQ^f \quad V = kQ^m$$

$$\text{então } aQ^b \times cQ^f \times kQ^m = Q$$

$$\text{ou } b + f + m = 1.0 \quad \text{e} \quad a \times c \times k = 1.0$$

Inicialmente foram calculadas as regressões entre largura total, profundidade média do canal e a velocidade da corrente com a descarga média.

Os três diagramas de dispersão da figura 30 ilustram as relações referidas acima e demonstram que as variáveis largura total, profundidade média do canal e velocidade das águas variam diretamente com a descarga. Quando o valor da descarga, aqui considerada como causa, cresce ou diminui, os efeitos sobre as três variáveis mencionadas faz com que seus va

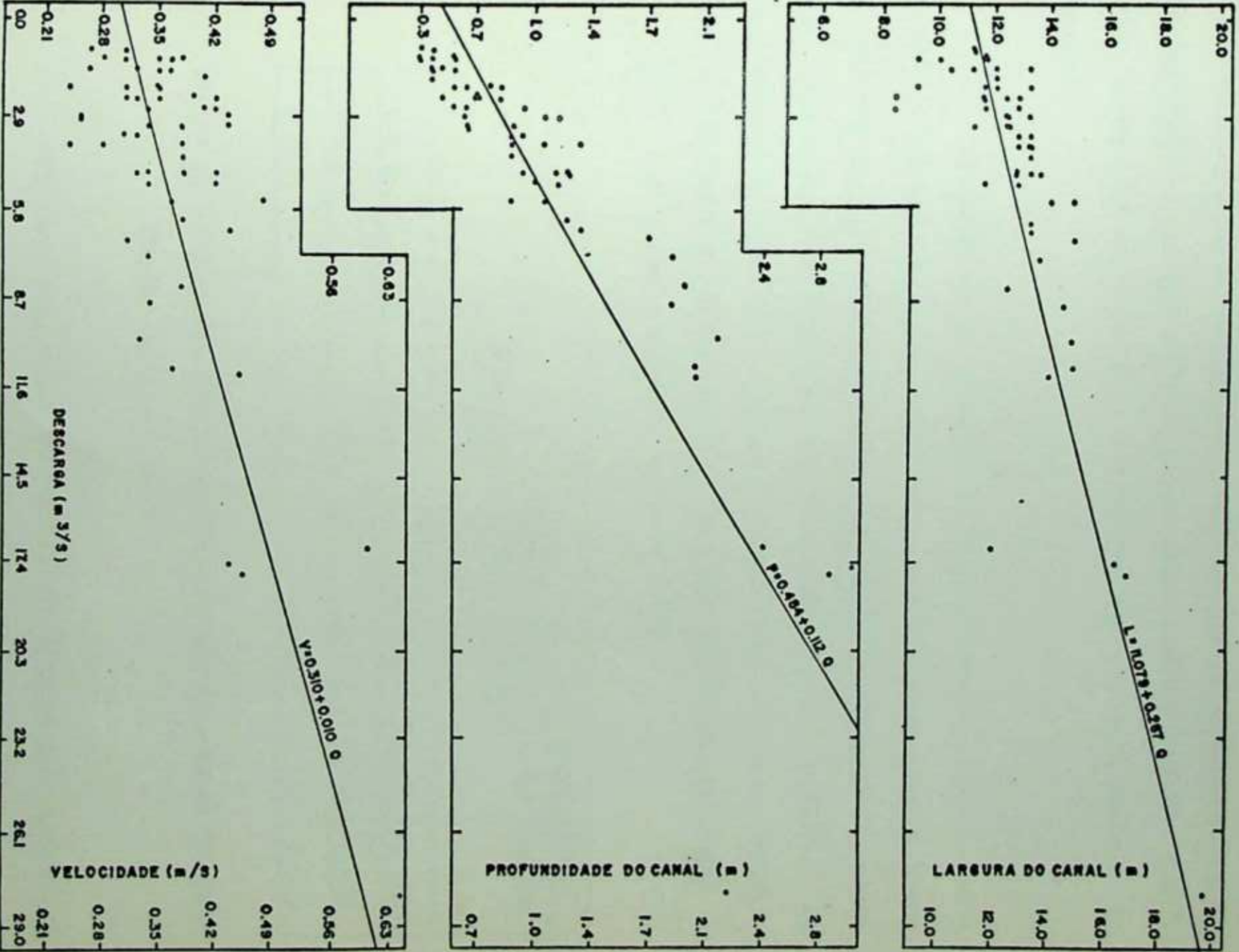


FIGURA 30 - VARIACÃO DE LARGURA, PROFUNDIDADE DO CANAL E VELOCIDADE DA CORRENTE EM FUNÇÃO DA VARIACÃO DA DESCARGA.

lores sejam aumentados ou diminuídos também conforme os resultados expressos nos gráficos de regressão. Nos estudos realizados por Leopold (1953, 1964), essas três variáveis foram consideradas como efeito da variação da descarga.

Os diagramas de dispersão da figura 30 mostram os pontos relativamente próximos da reta de melhor ajuste, verificando-se pequena dispersão dos pontos, e refletindo as altas correlações. Os resultados dessas três correlações foram superiores a 0.66, situando-se acima do nível de significância de 0.01 (99%). A tabela 15 mostra esses valores de correlação; os resultados do coeficiente de determinação obtido pela expressão : $CD = 100r^2$; e os valores dos coeficientes "a" e "b".

	r VALOR DA CORRELAÇÃO	r^2 VALOR DO COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO	coeficientes	
			linear a	angular b
L x Q	0.76	57.61%	11.079	0.287
P x Q	0.87	75.97%	0.484	0.112
V x Q	0.67	44.45%	0.310	0.010

TABELA 15 - Resultados das correlações, dos coeficientes de determinação, linear e angular

Embora os resultados dos coeficientes de correlação tenham sido elevados expressando relações diretas (tabela 15), o efeito da descarga não é o mesmo sobre cada uma das variáveis dependentes. O cálculo da reta de regressão visou mostrar esta tendência geral da distribuição de pontos para cada uma das variáveis dependentes.

As equações das retas calculadas para os três gráficos de dispersão tiveram os seguintes valores:

$$L = 11.079 + 0.287 Q$$

$$P = 0.484 + 0.112 Q$$

$$V = 0.310 + 0.010 Q$$

A primeira equação da reta refere-se à relação entre a largura total do canal e a vazão média. Seu coeficiente linear "a", indicativo do ponto de interseção da reta com o eixo de y, tem valor de 11.079 m. Possivelmente a variação da largura do canal, abaixo desse valor deve estar vinculada a outros fatores como a variação da forma do canal. O coeficiente de determinação indicou que a vazão é responsável por 57.61% da variação da largura do canal.

O coeficiente angular "b", indicativo da sensibilidade entre as variáveis, indicou uma taxa de variação de 0.287 entre as duas variáveis. Para a variação de 1m^3 de descarga a largura total do canal varia de 28.7 cm. Isto evidencia a relativa sensibilidade da largura total do canal com relação à variação da vazão.

A segunda equação da reta expressa a relação entre a profundidade média do canal com a vazão média. Seu coeficiente linear "a" tem valor igual a 0.484 m, indicando a variação da profundidade devido aos valores de descarga. Somente profundidades abaixo de 48.4 cm seriam explicadas por outros fatores, como a morfologia do canal. Por sua vez o coeficiente de determinação mostrou que a variação da descarga explica 75.97% da variação da profundidade.

O coeficiente angular "b", para a segunda equação, indicou que para uma variação de 1 m^3 de descarga média a profundidade média do canal varia de 11.2 cm. Desta forma, evidencia-se que a variação da profundidade média das águas do canal é pouco sensível à variação de vazão.

A última equação da reta está vinculada à regressão da velocidade média das águas com a vazão média. O coeficiente linear, com valor igual a 0.310 m/s, mostra que parte da variação da velocidade decorre da variação da vazão. Esta relação apresenta o mais baixo coeficiente de determinação, sendo a descarga responsável por apenas 44.45% da variação da velocidade das águas.

A homogeneidade verificada nos dados de velocidade da correnteza é confirmada pelo coeficiente angular "b", indicando uma taxa de variação igual a 0.010. Isto evidencia que para cada variação de 1 m^3 de vazão, a velocidade da correnteza varia de apenas 1.00 cm/s. A presença de um extenso nível de base local é o fator que melhor explica a pequena variação da velocidade das águas. Rhue (1975) e outros descreveram a velocidade como um fator dominante na hidráulica do canal e na energia do rio. O trabalho realizado pelo rio em erodir, transportar e depositar, está frequentemente relacionado a ela. Os valores aparentemente homogêneos de velocidade média da correnteza, no alto rio Grande, leva-nos a deduzir que este rio tem pouco poder erosivo e de transporte. Entretanto, o aumento da intensidade desses processos vai ocorrer em seus tributários de hierarquia inferior.

5.2.2 - Relações que envolvem área da seção transversal do canal (seção molhada)

A área da seção transversal de um canal varia com o maior ou menor volume de água que escoar pelo canal, no momento de sua medição. Por outro lado, esta área é resultante do produto da profundidade média pela largura total. Como estes dois elementos variam em função da vazão e da morfologia do canal, conseqüentemente, vão eles afetar os resultados da área da seção transversal.

O segundo passo na análise da geometria hidráulica do canal foi o estudo dos efeitos dos valores de descarga média, profundidade média e largura total do canal sobre a área da seção transversal.

Os diagramas de dispersão da figura 31 mostram, graficamente, esses resultados.

	r VALOR DA CORRELAÇÃO	r ² VALOR DO COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO	coeficientes	
			linear a	angular b
A x Q	0.94	87.53%	4.04	1.84
A x P	0.97	94.13%	- 2.22	14.81
A x L	0.77	59.78%	-37.09	4.03

TABELA 16 - Valores das correlações, dos coeficientes de determinação, linear e angular. A = área da seção transversal; L = largura total do canal; P = profundidade média do canal; Q = vazão

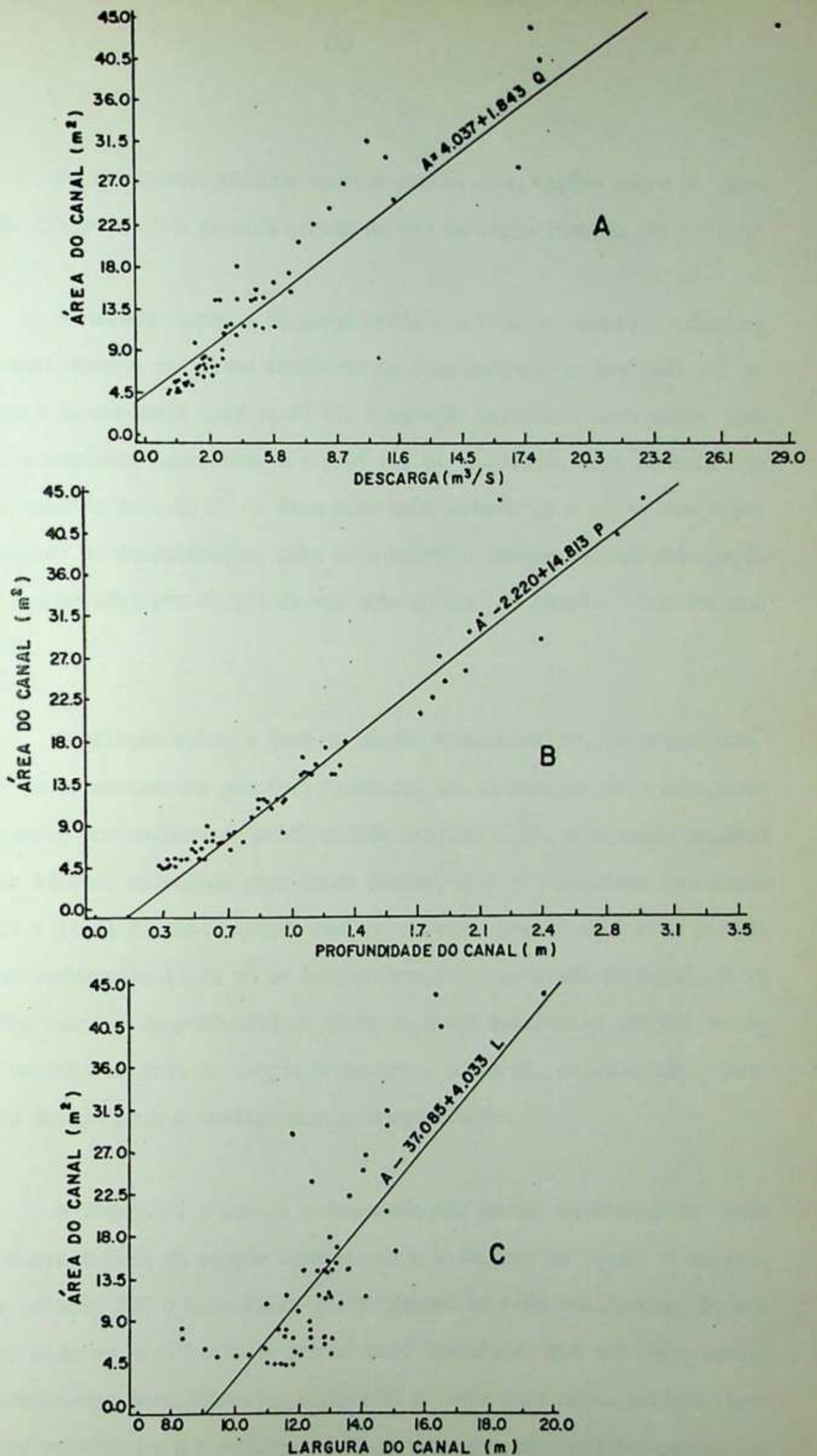


FIGURA 31 - VARIAÇÃO DOS VALORES DE ÁREA DA SECÇÃO TRANVERSAL EM RELAÇÃO AOS VALORES DE DESCARGA (A), PROFUNDIDADE (B) E LARGURA DO CANAL (C).

Os resultados obtidos revelam fortes associações entre a área da seção transversal e as três causas de sua variação (tabela 16).

A relação entre a descarga média e a área da seção transversal do canal mostra uma clara tendência da área aumentar em relação ao crescimento da descarga (figura 31 A). A equação calculada para esses pontos teve a seguinte expressão: $A = 4.04 + 1.84 Q$. Através dela podemos indicar um aumento de 1.84 m^2 de área para cada aumento de 1 m^3 de descarga. O coeficiente de determinação, para esta relação, demonstrou que a descarga média é responsável por 87.53% da variação da área da seção transversal do canal.

A relação entre a área da seção transversal e a profundidade média do canal mostra uma sensível tendência dos valores de área acompanharem o aumento dos valores de profundidade (figura 31 B). A equação da reta de melhor ajuste, calculada para estes pontos, obteve o seguinte resultado: $A = -2.22 + 14.81 P$. Esta equação indicou para um aumento de 1 m de profundidade um aumento de 14.81 m^2 de área da seção transversal do canal. A variação dos valores de profundidade média do canal explica 94.13% da variação dos valores de área da seção transversal do canal, evidenciado pelo resultado obtido para o coeficiente de determinação.

A figura 31 C mostra a dispersão dos pontos estabelecida pela relação entre a área da seção transversal e a largura do canal. O resultado desta relação foi o mais baixo (0.77) dentre as três realizadas. Em seu diagrama, pode-se visualizar os pontos mais dispersos, que nas duas relações apresentadas anteriormente. A equação da reta para estes pontos teve o seguinte resultado: $A = -37.09 + 4.03 L$. Esta equação mostrou que um au

mento de 1 m de largura ocasiona o aumento de 4.03 m^2 de área da secção transversal do canal. O coeficiente de determinação explica 59.78% dessa relação.

5.2.3 - Relação que envolve profundidade média e largura total do canal

O resultado da correlação entre a largura do canal e a profundidade média acusou um valor igual a 0.66. Como não há relações de causa e efeito entre estas variáveis, deixamos de traçar a reta de ajuste dos pontos.

Na figura 32, nota-se uma certa horizontalidade com relação aos valores de largura. Sua variação ocorre dentro de uma pequena faixa e 7.4% dos dados envolvem larguras entre 11 e 13 m. Quanto aos valores de profundidade média, observa-se que eles apresentam uma amplitude maior de variação. Através destas observações podemos deduzir que a provável calha do rio, no posto de medição, tenha a forma em U aberto (figura 41). O coeficiente de explicação da correlação é igual a 47.14%.

5.3 - Resultados granulométricos do material de fundo

O processo de desgaste ou corrasão fluvial pode ser observado ao longo da corrente. Os detritos resultantes da meteorização, assim como as substâncias dissolvidas, são arrastados pelas precipitações para os riachos e rios e por eles transportados rio abaixo, seguindo o maior declive. Os cascalhos mais grosseiros escorregam ou rolam pelo fundo dos cursos de água, os médios avançam aos saltos e os finos são levados na corrente. Ao

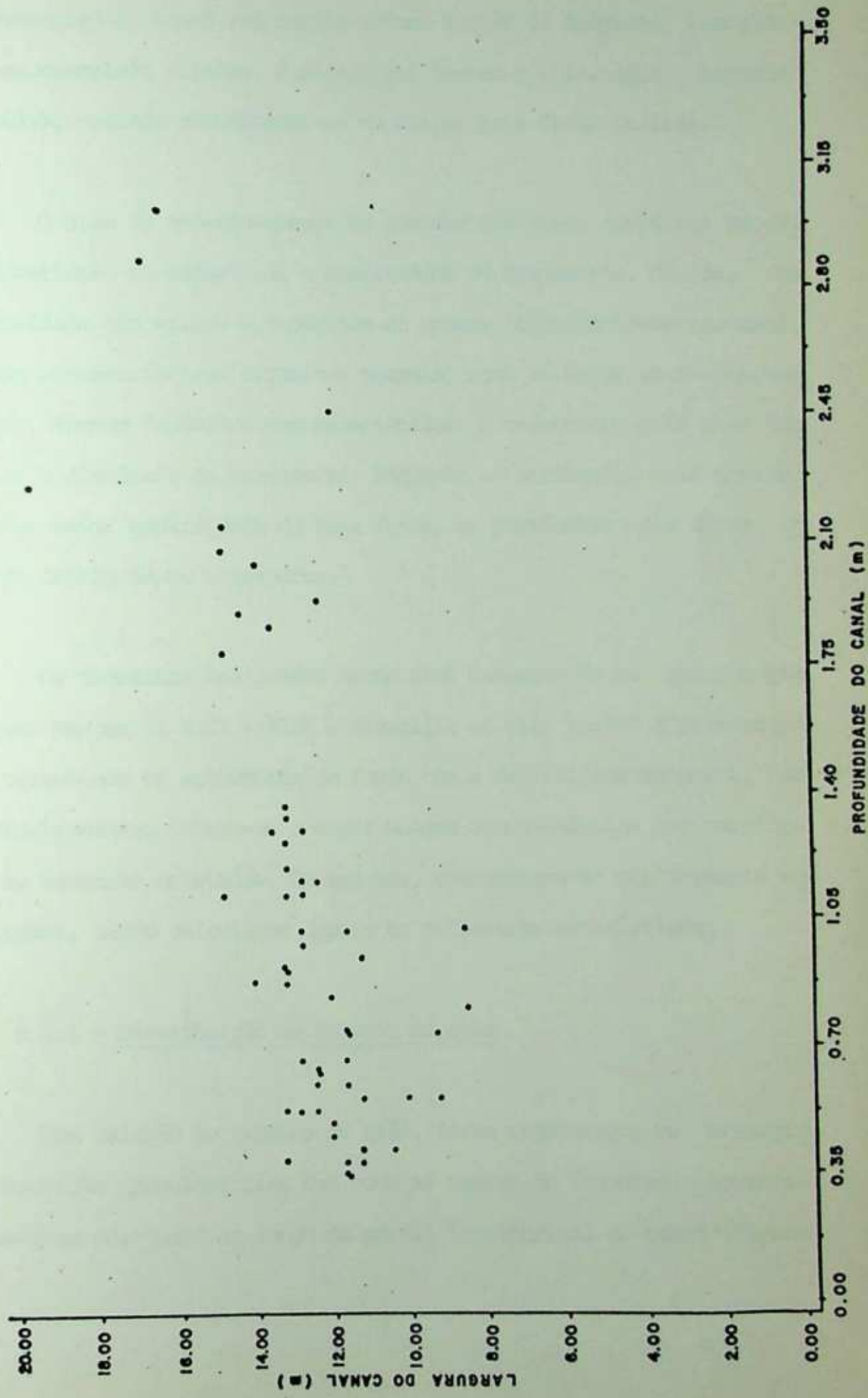


FIGURA 32 - CORRELAÇÃO ENTRE PROFUNDIDADE MÉDIA E LARGURA DO CANAL

serem transportados, esses sedimentos sofrem a ação de desgaste, transformando-se em materiais rolados. À medida que descem o vale, seus tamanhos são reduzidos, podendo transformar-se em areias mais finas (silte).

O grau de selecionamento do tamanho dos grãos constitui um critério de avaliação da capacidade e efetividade de transporte. Fluidos de alta intensidade dão origem a depósitos de grande irregularidade textural. Fluidos com características dinâmicas normais, como as águas correntes, ventos e ondas, formam depósitos bem selecionados. O tamanho do grão pode tambem indicar a distância do transporte. Enquanto as partículas mais grosseiras refletem maior proximidade da área fonte, as partículas mais finas indicam maior distância no transporte.

Os trabalhos realizados neste item basearam-se na metodologia descrita por Mendes et alii (1972) e Bigarella et alii (1978) e tiveram por objetivo relacionar os sedimentos de fundo com a declividade do perfil do canal. Primeiramente, obteve-se a distribuição granulométrica das partículas para as amostras coletadas. Em seguida, representou-se graficamente esses resultados, sendo calculados depois os parâmetros estatísticos.

5.3.1 - Distribuição do tamanho do grão

Com relação ao tamanho do grão, foram organizados os histogramas de composição granulométrica bem como as curvas de frequência acumulada das amostras coletadas ao longo do perfil longitudinal do canal (figura 33 A).

5.3.1.1 - Histogramas de composição granulométrica

A figura 33 B ilustra os histogramas de distribuição granulométrica para as nove amostras estudadas. Esses histogramas fornecem também o número de classes texturais e a posição da classe modal. A abscissa apresenta os diâmetros texturais em escala ϕ . A correspondência para a escala milimétrica encontra-se relacionada na tabela 6. A primeira vista, nota-se pouco selecionamento na composição granulométrica do material de fundo do alto rio Grande com predomínio das classes texturais das areias (0.062 a 2 mm).

Os histogramas relativos às amostras 9, 8 e 7, coletadas mais à montante do canal, em um afluente de 3a. ordem, apresentaram percentagem elevada na fração areia muito grosseira, entre 2 e 1 mm ($\phi - 1$ a 0).

O histograma relativo à amostra 6, coletada aproximadamente a 5 km, à jusante da amostra 7, apresenta a classe modal na fração areia média entre 0.50 e 0.250 mm ($\phi 1$ a 2).

Os histogramas relativos às amostras 5, 4 e 2, coletadas mais à jusante que as amostras anteriores, apresentaram percentagem elevada na fração areia fina, entre 0.250 a 0.125 mm ($\phi 2$ a 3).

Os histogramas das amostras 3 e 1 indicaram predominância de areias grosseiras entre 1.00 e 0.50 mm ($\phi 0$ a 1). Apesar dessas amostras terem sido coletadas na parte mais à jusante do canal, sua classe modal pertence às areias grosseiras. Isto decorre do fato de o canal principal receber, nos locais onde foram retiradas essas duas amostras, contribui

ções de material mais grosseiro proveniente de afluentes de menor hierarquia e de maior competência de transporte (figura 34).

Apesar de tratar-se de estudo preliminar, com reduzida amostragem, devido a fatores limitantes apresentados na metodologia, percebe-se que há predominância do material mais grosseiro, entre 1 e 2 mm, à montante do canal. Inversamente os finos, nesta área, são em pouca percentagem, tendendo a aumentar em direção à jusante (figura 33 C).

Classes texturais são todos os intervalos de classe de Wentworth com mais de 1% de frequência. A capacidade do meio de transporte em selecionar o tamanho do grão é indicada pelo número de classes texturais. Quanto maior o número de classes texturais, menor a capacidade de seletividade dos grãos pelo agente. Entre outros, os sedimentos fluviais caracterizam-se por apresentar elevado número de classes texturais (Bigarella e outros, 1978).

No material de fundo do alto rio Grande, verificou-se que 67% (seis amostras) possuem de 6 a 7 classes texturais. Duas amostras apresentaram oito classes texturais (22.2%) e apenas uma possui quatro classes texturais (11.1%). Esta última foi a que apresentou maior grau de seletividade dos grãos. Esta amostra também destaca-se das demais por apresentar o mais alto teor de silte grosseiro, entre 0.062 e 0.0312 mm (ϕ 4 a 5). O número de classes texturais e sua frequência encontram-se indicados na tabela 17.

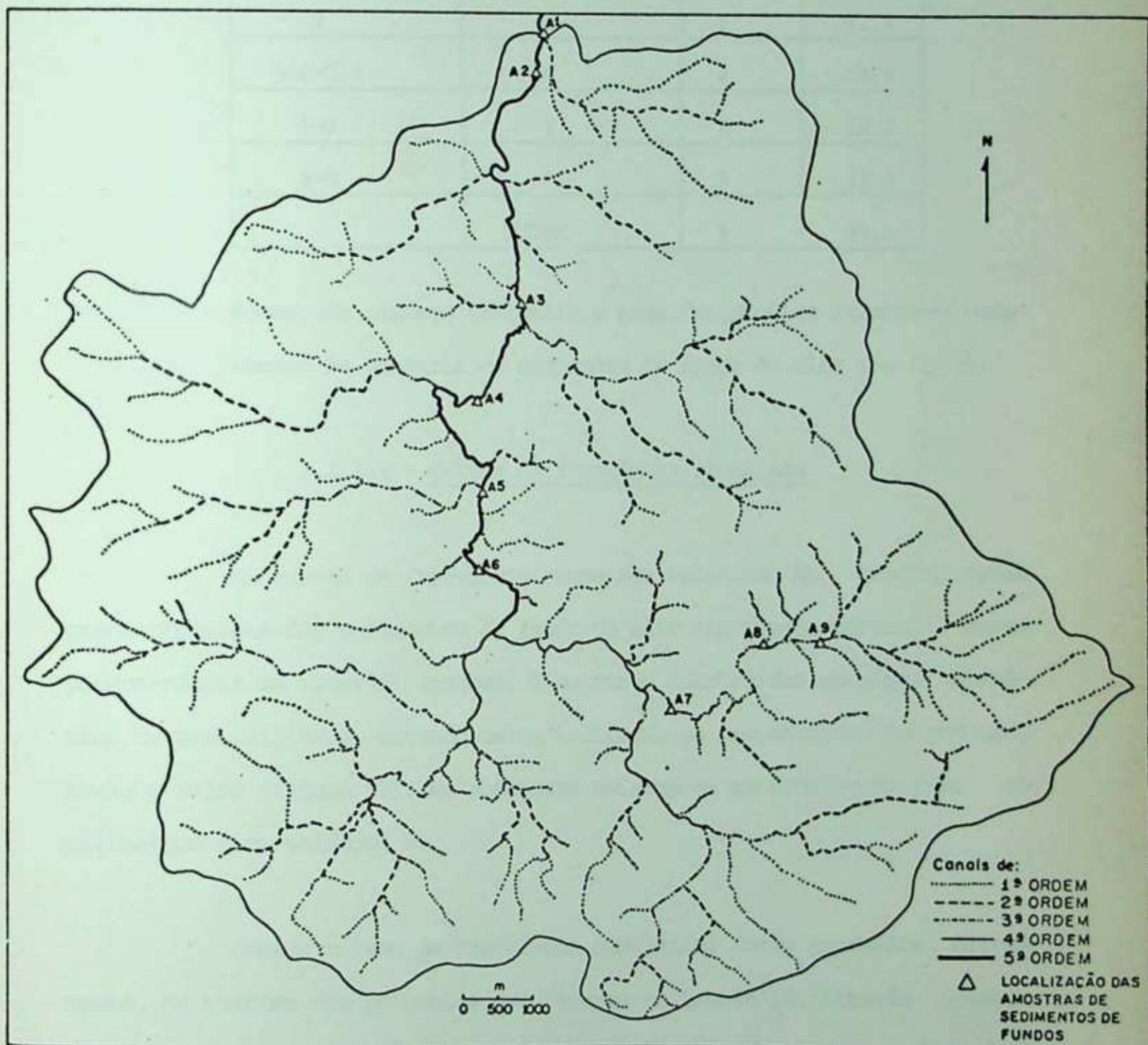


FIGURA 34 - BACIA DE DRENAGEM DO ALTO RIO GRANDE MOSTRANDO A LOCALIZAÇÃO DAS 9 AMOSTRAS DE SEDIMENTOS DE FUNDO ESTUDADAS

nº da amostra	nº de classes texturais	Frequência	
		nº de casos	%
2	4	1	11.1
3-6-7-8	6	4	44.4
1-9	7	2	22.2
4-5	8	2	22.2
	TOTAL	9	99.9

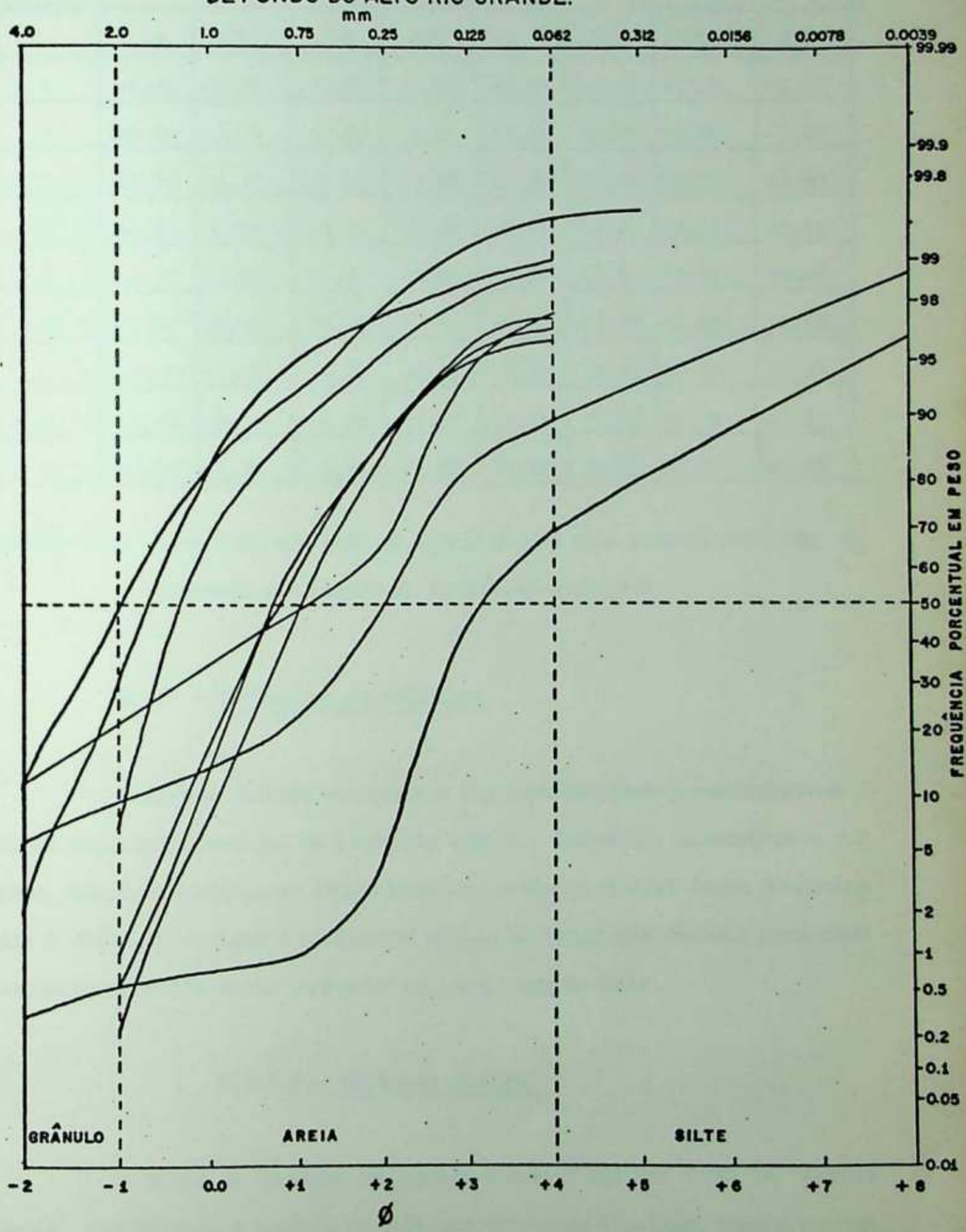
TABELA 17 - Número de classes texturais e suas frequências relativas referentes às amostras de sedimento de fundo do alto rio Grande

5.3.1.2 - Curvas de frequência acumulada

As curvas de frequência acumulada relativas às distribuições granulométricas dos sedimentos de fundo do alto rio Grande mostram certa predominância de material arenoso. Elas foram construídas em papel aritmético de probabilidade, estando nelas indicadas as porcentagens de grânulo, areia e silte (figura 35). As abscissas referem-se ao tamanho do grão em milímetros e em unidades ϕ .

Dessas curvas de frequência cumulativa foram extraídos, diretamente, os valores dos percentis que figuram na tabela 18. Através desses percentis tornou-se possível calcular os parâmetros texturais, indicando os aspectos característicos das distribuições granulométricas.

FIGURA 35 - CURVAS DE FREQUÊNCIA ACUMULADA RELATIVAS ÀS DISTRIBUIÇÕES GRANULOMÉTRICAS DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DO ALTO RIO GRANDE.



amostra	Percentis							
	1%	5%	16%	25%	50%	75%	84%	95%
1	-1.00	-0.50	-0.05	+0.20	+0.80	+1.40	+1.80	+3.00
2	+0.50	+2.05	+2.40	+2.60	+3.10	+4.50	+5.55	+7.50
3	-0.75	-0.30	+0.10	+0.30	+0.75	+1.45	+1.95	+3.00
4	-2.45	-2.55	-1.16	-0.80	+0.95	+2.25	+2.50	+3.10
5	-2.31	-2.01	+0.20	+1.10	+2.00	+2.70	+3.00	+5.60
6	-0.65	-0.15	+0.35	+0.60	+1.10	+1.70	+2.00	+2.95
7	-1.35	-1.05	-0.80	-0.65	-0.30	+0.30	+0.80	+2.05
8	-2.45	-2.55	-1.80	-1.50	-0.85	-0.20	+0.30	+1.50
9	-2.15	-1.70	-1.25	-1.00	-0.55	-0.05	+0.30	+1.25

TABELA 18 - Valor dos percentis em escala ϕ para cada amostra retirado di
retamente das curvas de frequência acumulada

5.3.2 - Parâmetros estatísticos

Para a análise estatística das distribuições granulométricas , foram calculadas medidas de tendência central, dispersão, assimetria e cur
tose. Entre os parâmetros indicadores da tendência central foram determina
dos o diâmetro mediano e o diâmetro médio. Os resultados obtidos para cada
um dos parâmetros estão indicados na tabela que se segue.

5.3.2.1 - Tendência central

Todas as amostras apresentam diâmetro mediano ($Md\phi$) na fração
areia, assinalando a energia da ação das correntes fluviais. Para o conjun

amostras	Intervalo de classe (mm)								Valores paramétricos em unidades ϕ				
	4	2	1	0.5	0.25	0.125	0.062	<0.062	Diâmetro		Desvio Padrão	Assimetria	Curtose
									Md ϕ	M _z	l	Sk ₁	K _g
1		1.06	17.07	41.94	27.16	7.86	1.20	3.70	0.80	0.85	0.99	+0.17	1.20
2	0.40	0.23	0.23	0.30	3.41	43.82	21.50	30.10	3.10	3.68	1.61	+0.59	1.18
3		0.45	14.04	47.72	23.43	9.41	1.08	3.88	0.75	0.93	0.96	+0.33	1.18
4	12.34	11.11	13.21	15.00	14.03	29.30	2.46	2.54	0.95	0.76	1.77	-0.20	0.76
5	6.30	4.19	3.88	8.55	27.68	33.70	5.05	10.66	2.00	1.73	1.85	-0.17	1.95
6		0.25	7.00	37.29	40.01	11.15	1.19	3.10	1.10	1.15	1.06	+0.14	1.15
7		5.98	62.05	19.49	7.33	3.28	0.52	1.37	-0.30	-1.10	0.87	+0.45	1.34
8	11.13	32.34	36.90	10.66	6.14	1.91	0.31	0.06	-0.85	-0.78	1.14	+0.13	1.28
9	2.08	23.45	51.80	17.01	2.51	1.44	0.40	1.32	-0.55	-0.50	1.14	+0.16	1.27

TABELA 19 - Distribuição granulométrica e valores paramétricos referentes às amostras de fundo do alto rio Grande

to das amostras, o diâmetro mediano (Md ϕ) variou de 1.70 a 0.129 mm (ϕ -0.85 a 3.10), com maior frequência no intervalo de 2.00 a 1.00 mm (ϕ -1 a 0) e de 1.00 a 0.50 mm (ϕ 0 a +1).

As amostras 7, 8 e 9, coletadas no canal de 3a. ordem de hierarquia, apresentam diâmetro mediano mais grosseiro (entre 0.60 e 1.70 mm) evidenciando, para esses canais, maior velocidade de suas águas e competência no transporte.

O diâmetro médio aritmético (Mz), para as nove amostras apresenta amplitude de variação entre 1.56 e 0.082 mm (ϕ -0.78 e 3.68). A maior

concentração ocorre nos intervalos de 2.00 a 1.00 mm ($\phi - 1$ e 0) e de 1.00 a 0.50 mm ($\phi 0$ a + 1). O diâmetro médio aritmético (M_z) para as três últimas amostras (7, 8 e 9) apresentou, também, valores situados nas frações mais grosseiras, entre 1.50 e 1.10 mm ($\phi - 0.50$ e 0.10).

Da análise realizada, parecem predominar, no rio Grande, sedimentos grosseiros no tributário formador e sedimentos de textura média a fina na parte do canal de pouca declividade.

Na parte do canal pertencente à 3a. ordem de hierarquia, a mediana apresentou valores médios iguais a 0.715 mm ($\phi 0.57$). Os diâmetros médios, para esta mesma área, têm em média 1.46 mm ($\phi - 0.46$). Na parte mais à jusante do canal até o outlet, pertencente à 5a. ordem de hierarquia, o valor médio da mediana diminui para 0.389 mm ($\phi 1.45$), enquanto os diâmetros passam a ter em média 0.370 mm ($\phi 1.52$). Estes resultados evidenciam, para a parte mais à jusante do canal, a predominância de partículas mais finas.

5.3.2.2 - Dispersão

De modo geral, as amostras analisadas apresentam valores de desvio padrão (σ_1) entre 0.87 e 1.85, situando-se na classificação de Folk e Ward (1957) entre moderadamente selecionado a pobremente selecionado. As amostras indicaram um selecionamento muito semelhante ao longo ao canal.

A dispersão média σ_1 variou entre 1.05, para o alto vale, e 1.37 para a área de nítido nível de base. Estes valores são indicativos de sedimentos pobremente selecionados.

5.3.2.3 - Assimetria

As amostras caracterizam-se por apresentar assimetria positiva a muito positiva, segundo nomenclatura de Folk e Ward (1957), possuindo a distribuição granulométrica uma cauda de material mais fino. Isto evidencia o baixo grau de energia do rio em remover as partículas de maior tamanho. Dentre as amostras, duas apresentaram assimetria negativa, estando a cauda ao lado dos materiais grosseiros.

Para a área do alto curso, a assimetria média é positiva com valor igual a 0.25, enquanto no vale mais à jusante essa assimetria média passa a muito positiva com valor igual a 0.72.

5.3.2.4 - Curtose

As amostras analisadas revelaram valores elevados da curtose (Kg), entre 0.76 e 1.95. A predominância das amostras apresentou valores de curtose entre 1.11 e 1.50, situando-se, na classificação de Folk e Ward, como leptocúrticas ou excessivamente agudas. Estes valores indicam dominar, nas amostras, sedimentos relativamente bem selecionados na parte central da distribuição do que nas caudas.

A curtose média para as duas áreas do canal apresentou pouca variação, com valores de 1.30 para o alto curso e 1.24 para a área mais à jusante.

5.4 - Conclusões

A solução de uma grande variedade de problemas de planejamento de bacias de drenagem e de obras de engenharia tais como escolha de fontes de abastecimento de água para uso doméstico ou industrial, recreação e preservação do meio ambiente, preservação e desenvolvimento da vida aquática, projetos de barragens, projetos de dimensionamento hidráulico de obras como pontes e bueiros, apoia-se na determinação do regime do curso de água, nas modificações dos canais naturais e transporte de sedimentos pelas correntes de água.

Abrangendo um período de 29 anos, a análise realizada neste capítulo levou-nos a algumas considerações quanto à história do comportamento da corrente e quanto à relação entre os elementos que compõem a geometria hidráulica. O estudo preliminar do relacionamento entre os sedimentos existentes no fundo do canal com a declividade do perfil do rio foi também considerado.

- a) A estatística descritiva mostrou que os elementos hidráulicos de maior variação foram a descarga e a profundidade média do canal. Esta variação nos meses do ano tendeu acompanhar as estações climáticas.
- b) A largura do canal e a velocidade média das águas, na estação de medição Fazenda Mendes, parecem não estar associadas às estações climáticas anuais, uma vez que seus comportamentos são relativamente uniformes durante todo o ano e as pequenas variações ocorrem dentro de estreita faixa de amplitude.

- c) Quanto ao estudo da geometria hidráulica, a profundidade é o elemento que sofre maior influência direta da variação da vazão, pois a largura do canal e a velocidade média da corrente mantiveram-se quase constantes.
- d) Como a profundidade apresenta maior variação de valores do que a largura, constatamos ser a morfologia da calha fluvial em U aberto, sendo o leito maior do rio raramente atingido.
- e) As características sedimentométricas permitiram distinguir dois ambientes de material de fundo: o das cabeceiras e o da área do nível de base. No primeiro, predominam as areias muito grosseiras, dominando os materiais mais finos no segundo. Ambos os ambientes de fundo do canal constituem-se de sedimentos pobremente selecionados.

6 - CARACTERÍSTICAS HIDROMETEREOLÓGICAS DA BACIA

O estudo das características hidrometeorológicas do alto rio Grande foi realizado em duas partes. Na primeira, foram examinados os resultados da fluviometria, com o objetivo de verificar a variação do nível das águas no outlet durante o período de 1945/1973, bem como caracterizar o regime do rio. Na segunda parte foram analisados os resultados dos balanços hídricos, calculados para a área do outlet e do divisor sul da bacia de drenagem, no período de janeiro de 1967 a dezembro de 1977. Este item trata de um estudo introdutório de disponibilidade de água na região a ser utilizada pelo homem.

6.1 - Resultados da fluviometria

A inspeção da figura 36 permite-nos enquadrar o alto rio Grande na categoria dos rios de regime tropical, apresentando um período de águas altas no verão e outro de águas baixas no inverno. As maiores cotas médias de água concentram-se entre os meses de dezembro e março.

O ano hidrológico observado, para a bacia de drenagem, tem início em setembro, época em que ocorrem os mais baixos volumes de água. A seguir, os valores médios da descarga vão aumentando até atingir um máximo em janeiro. Esses valores diminuem lentamente nos meses subsequentes atingindo de novo, em setembro, uma descarga mínima.

A figura 37 mostra a tendência da variação anual das águas do rio para o período de 1945/1973. Neste gráfico, estão representadas as leituras máxima, mínima e média de régua para cada ano de observação.

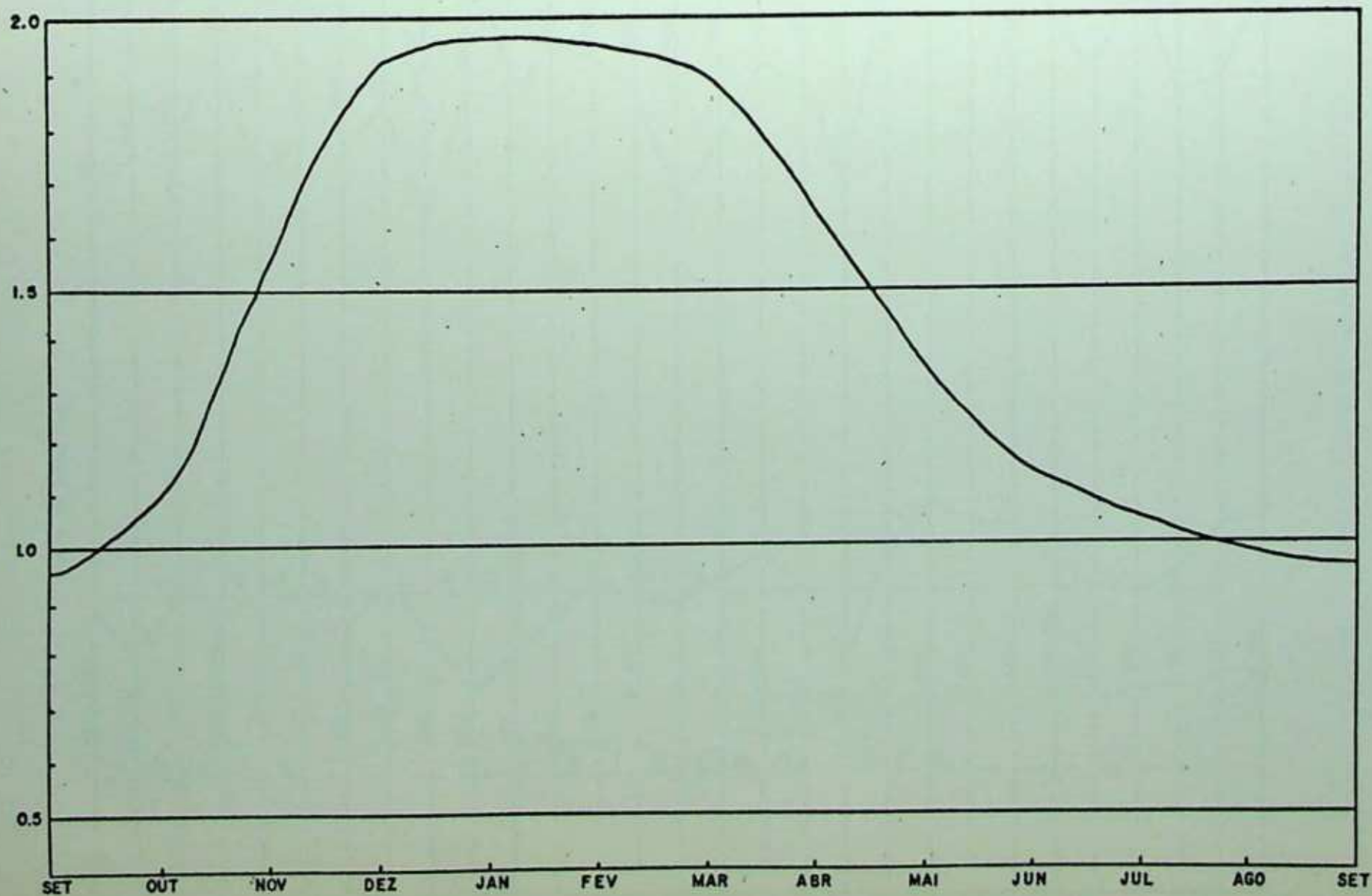


FIGURA 36 - VARIAÇÃO DA ALTURA MÉDIA MENSAL DAS ÁGUAS NO PERÍODO DE 1945-1973. ALTO RIO GRANDE.

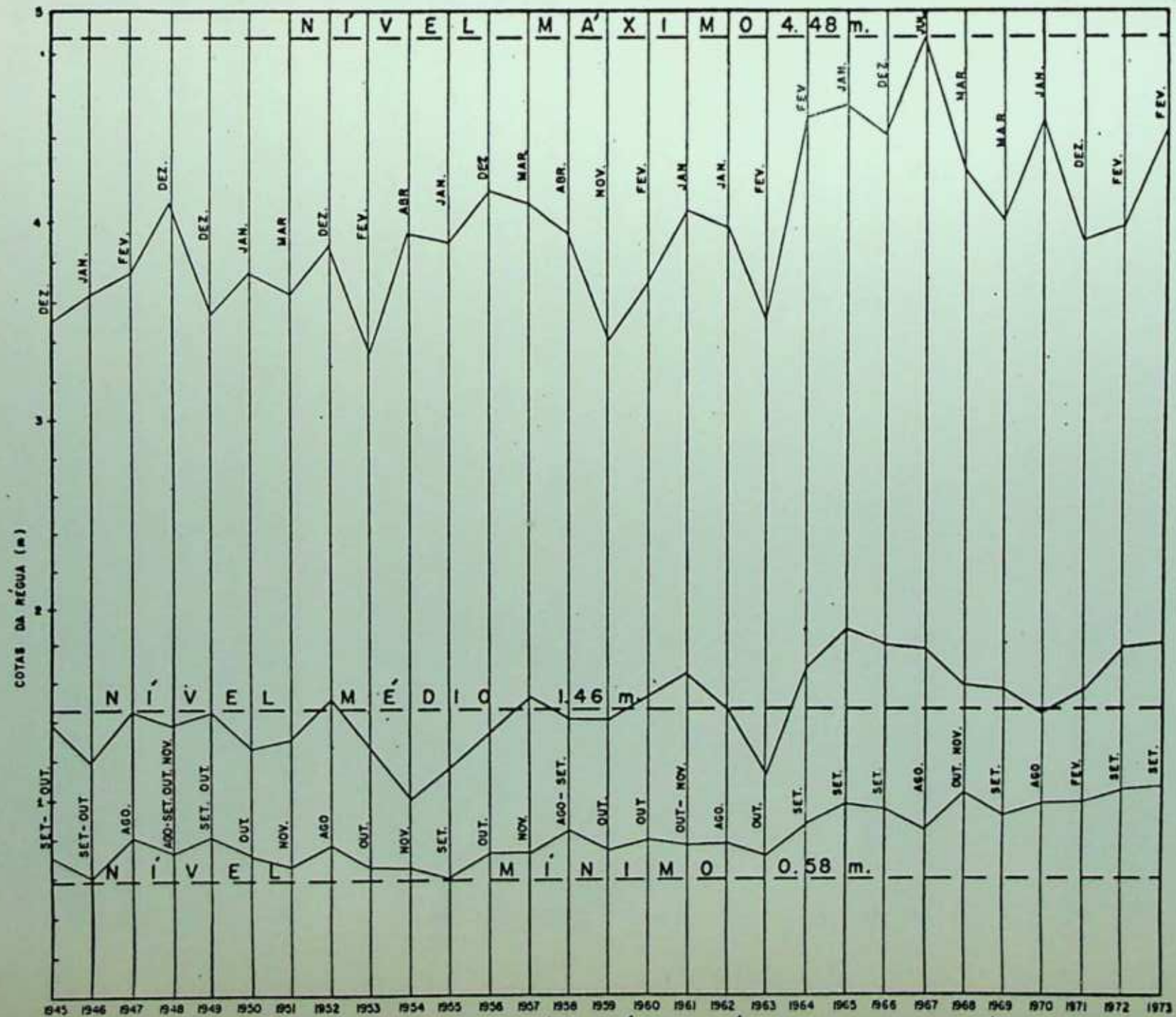


FIGURA 37 - VARIACÃO DAS ALTURAS MÁXIMAS, MÉDIAS E MÍNIMAS DA RÉGUA PARA CADA ANO DO PERÍODO ANAI 17 ANOS (1945/73)

A altura máxima da régua, registrada durante o período, foi de 4.88 m, enquanto a altura mínima alcançou 0.58 m. A diferença entre esses dois valores leva-nos a evidenciar que as águas oscilam numa amplitude de 4.30 m, isto é, as águas, nesse espaço de tempo, chegaram a subir 4.30 m, em relação ao nível mais baixo das águas. As leituras máxima e mínima mensais registradas encontram-se na tabela 20.

Examinando-se a figura 37, vemos que as alturas máximas anuais das águas ocorreram entre 3.35 m (julho de 1967) e 4.88 m (fevereiro de 1953). As alturas mínimas anuais variaram entre 0.58 m (1955) e 1.03 m (1973).

No que se refere à ocorrência mensal dos valores das cotas, ilustrada na mesma figura, verificou-se que as alturas máximas das águas ocorrem, com maior frequência, em dezembro, janeiro, fevereiro e março. Entretanto, o ano característico de cheia (1967) registrou a máxima altura das águas em julho. A tabela 21 mostra a frequência de ocorrência das alturas máximas e mínimas das águas do rio nos meses do período estudado.

Em 18 anos, dos 29 anos observados, as alturas máximas das águas ocorreram nos três primeiros meses do ano. O crescimento das águas, nesta época, relaciona-se com as chuvas de alta intensidade no verão. Com relação à ocorrência mensal dos valores das cotas mínimas, a tabela 21 mostra que elas ocorrem, com maior frequência, de agosto a novembro. Em alguns anos de observação, tem-se o valor da altura mínima das águas repetido em mais de um mês (figura 37). No ano de 1948, por exemplo, o valor mínimo da altura das águas foi de 0.72 m para os quatro meses referidos acima.

	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
JAN { M	310	365	310	210	330	375	298	340	243	205	390	352	280	280	282	362	405	400	315	395	455	420	362	340	362	450	224	310	343
JAN { m	120	145	105	105	140	122	95	122	105	89	98	111	142	100	128	124	148	120	105	125	205	175	190	130	115	160	100	150	134
FEV { M	290	220	375	325	335	290	330	350	335	270	200	220	295	352	325	370	335	332	350	450	390	265	380	400	295	200	372	396	438
FEV { m	125	110	105	98	160	132	122	175	112	90	92	95	132	111	109	161	179	155	130	152	255	140	212	120	130	140	95	152	195
MAR { M	310	315	330	365	335	290	365	290	224	215	220	290	410	310	315	368	400	252	250	310	325	355	320	425	400	255	365	340	312
MAR { m	120	100	165	160	142	118	152	140	111	80	78	98	122	108	138	212	182	122	110	138	180	148	201	172	140	130	119	178	174
ABR { M	310	210	315	340	210	300	285	210	332	395	334	325	400	395	192	265	308	233	218	330	382	355	380	312	368	220	330	340	338
ABR { m	120	95	130	125	112	110	140	125	112	82	90	95	165	110	120	136	165	110	100	140	102	158	163	150	140	120	124	156	148
MAI { M	245	120	195	180	215	200	152	295	270	180	220	260	177	320	170	225	260	260	185	242	367	365	215	250	148	170	330	290	288
MAI { m	108	90	100	108	98	100	110	108	102	92	89	105	121	120	100	117	138	104	78	100	140	140	130	128	110	112	117	140	135
JUN { M	300	180	185	135	315	120	168	122	125	128	180	192	180	335	210	182	155	162	105	145	150	182	160	160	128	150	187	140	174
JUN { m	100	80	95	90	97	92	98	85	92	79	78	100	100	108	95	101	119	101	75	95	120	120	105	120	112	110	111	120	120
JUL { M	185	90	185	112	235	100	180	200	105	210	85	130	155	205	140	142	142	175	90	215	150	195	488	150	172	152	119	240	220
JUL { m	85	75	90	80	92	80	85	80	79	70	67	82	87	98	82	92	98	86	72	98	102	105	85	116	100	110	104	118	119
AGO { M	120	75	210	295	230	90	95	245	145	280	80	270	100	105	282	180	108	150	102	150	195	215	118	132	240	230	192	210	170
AGO { m	75	70	80	72	85	75	78	75	75	69	60	82	72	82	80	88	91	75	73	92	98	98	82	112	95	95	100	110	108
SET { M	130	120	265	165	265	105	78	285	160	111	165	105	275	248	105	148	100	185	90	210	150	240	180	200	130	200	270	162	218
SET { m	70	60	85	72	80	71	70	78	68	68	58	73	72	82	75	80	80	78	71	85	95	92	98	105	89	107	104	102	103
OUT { M	165	205	240	280	295	180	108	208	128	104	110	180	180	310	200	222	142	275	132	202	380	250	182	175	179	270	250	328	335
OUT { m	70	60	85	72	80	70	70	80	64	65	59	71	72	85	72	77	74	82	69	93	100	110	95	100	95	115	112	112	111
NOV { M	345	348	340	305	310	230	158	378	315	145	380	400	310	370	340	260	190	295	202	398	365	360	280	254	380	265	356	267	380
NOV { m	80	70	93	72	90	75	65	90	70	63	70	90	71	95	100	78	74	100	78	120	130	120	110	100	148	128	130	146	151
DEZ { M	350	310	350	410	355	332	298	390	318	330	370	415	340	392	270	315	295	325	202	435	370	442	382	380	398	220	390	322	325
DEZ { m	110	95	110	118	102	85	80	112	92	65	82	116	96	122	125	100	91	115	71	162	152	140	140	115	160	115	195	162	160

TABELA 20 - COTAS ABSOLUTAS MÁXIMAS E MÍNIMAS MENSALIS PARA O PERÍODO DE 1945 A 1973 NO ALTO RIO GRANDE EM FAZENDA MENDES

COTAS	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DOS MESES											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximas	7	7	4	2	0	0	1	0	0	0	1	7
Mínimas	0	1	0	0	0	0	0	7	12	12	6	0

TABELA 21 - Frequência de ocorrência, dos meses do ano, no registro das alturas máximas e mínimas das águas do rio

É interessante notar, na tabela 21, que os meses de maior ocorrência de alturas mínimas das águas (setembro e outubro) não correspondem ao período de menor pluviosidade, que se estende de junho a agosto (figura 4). Nesta época do ano, o rio deveria atingir as menores alturas de água, entretanto ele é alimentado pelo lençol, permanecendo suas águas em um nível superior ao mínimo anual registrado. Em setembro e outubro, o nível do lençol encontra-se baixo, devido à pouca chuva registrada nos meses anteriores, contribuindo pouco para o escoamento do canal. As chuvas que se iniciam, nesses dois meses, são absorvidas pela infiltração, não atingindo o nível do lençol pela pouca intensidade. É nesta época que as águas alcançam, com maior frequência, seus valores mínimos. Isto foi demonstrado pelos estudos realizados por Grabois (1963), na bacia do alto e médio rio Negro, e a inspeção dos dados de chuva e cotas de régua analisados neste trabalho.

Com relação às alturas médias anuais das águas, verificou-se que os valores, para cada ano, diferem entre si. A figura 37 mostra a posição da altura média das águas (1.46 m) e o afastamento médio de cada ano, em relação a esse valor médio geral.

O ano que mais se aproximou da média geral foi 1962, com valor de altura média de suas águas igual a 1.45 m. No período estudado (1945/1973), os anos de 1947 a 1949, 1952, 1957 a 1960, 1969 a 1971 apresentaram, também, médias das alturas da régua próximas da média geral do período.

Os anos cujas alturas médias das águas mais se afastaram da média geral do período foram 1954 e 1965. Neste último, a média das alturas das águas atingiu 1.87 m, afastando-se 0.41 m da média geral, enquanto em 1954 a média das alturas das águas foi igual a 0.99 m, estando 0.47 m abaixo da média geral.

Pode-se notar, na figura 37, que, em todos os anos, os valores médios muito se aproximam dos valores mínimos absolutos. Isto nos leva a constatar que predominam baixos valores no conjunto dos dados. Os registros de máximas alturas das águas são em número reduzido e correspondem a alturas picos que refletem resposta rápida da bacia em relação às chuvas de alta intensidade nos meses de verão.

Examinando-se a figura 37, nota-se suave aumento dos valores máximos, mínimos e médios para o lado direito do gráfico. Esta observação permite-nos constatar um crescimento desses valores para os anos mais recentes. A redução da área de floresta em detrimento da área ocupada pelas culturas temporárias poderá ser uma das causas principais do crescente aumento do volume das águas nos últimos anos no alto rio Grande pois sabe-se que a porcentagem de cobertura vegetal de uma bacia influencia diretamente no seu escoamento. Uma vegetação densa dificulta o escoamento superficial, diminuindo-lhe a velocidade e o poder de erosão. Entretanto, aumentando de muito as perdas por evapotranspiração, a cobertura vegetal atua como mode-

radora dos picos de cheias. Quanto mais deflorestada for a bacia, tanto mais devastadoras serão essas enchentes. Estudos de controle vêm sendo feito por Williams (1964) sobre este tema. No entanto a falta de cobertura aerofotográfica recente impede-nos de verificar as mudanças ambientais que vêm ocorrendo na região.

6.1.1 - Descrição dos anos característicos dos níveis de água

De acordo com os critérios descritos na metodologia, foram escolhidos os anos de 1955, 1962 e 1967 para o estudo detalhado da variação das alturas das águas do rio Grande. Eles representam as características mínimas, médias e máximas das águas para o período. A tabela 22 mostra esses valores, sintetizando os resultados mais representativos do posto de medição.

POSTO DE MEDIÇÃO FAZENDA MENDES		
máxima (m)	mínima (m)	média (m)
4.88 (1967)	0.58 (1955)	1.45 (1962)

TABELA 22 - Anos de valores extremos máximo e mínimo e ano com valor mais próximo da média do período de 1945 a 1973

Os fluviogramas da figura 38 indicam a altura das águas do rio, com relação à régua, para os anos característicos de mínima, média e máxima. Esses valores diários, para os três anos, apresentam certa variação, mostrando tendências de acordo com as estações climáticas. Os valores mais elevados ocorreram no verão, enquanto os menores registraram-se no inverno.

RIO GRANDE NO POSTO DE MEDIÇÃO FAZENDA MENDES

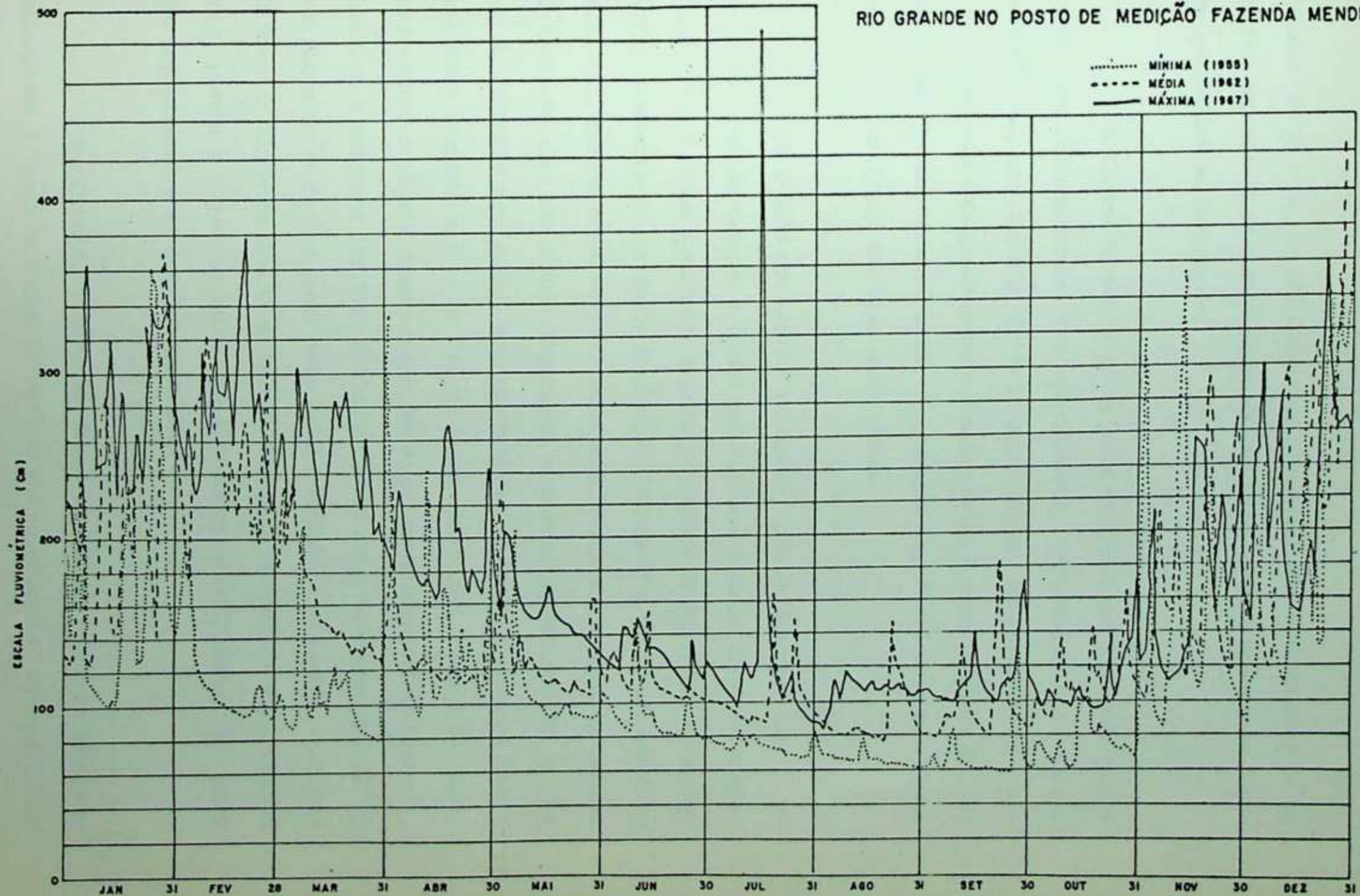


FIGURA 38 - ALTURA DIÁRIA DA RÉGUA PARA OS TRÊS ANOS CARACTERÍSTICOS.

Villela (1975) cita, em seu livro, que a aleatoriedade na ocorrência de variações depende de um grande número de variáveis, sendo a chuva e os fatores geológicos as principais.

A figura 38 revela que os picos de altura das águas são agudos e por vezes bem acentuados. Este comportamento é característico de bacias impermeáveis, com resposta rápida às chuvas caídas. Inversamente, as bacias permeáveis apresentam picos achatados devido à maior infiltração no início das chuvas. Nessas bacias, o escoamento superficial somente se dará depois da acumulação das águas subterrâneas.

De acordo com estudos anteriores, deve ser lembrado que, no local do posto de medição e alguns quilômetros à montante dele, a topografia do vale é pouco inclinada, enquanto nos canais de 3a. ordem, essa topografia apresenta-se com forte inclinação (figuras 15 e 16). O escoamento superficial, nestas áreas bastante inclinadas, é rápido e o canal principal da bacia do alto rio Grande comporta-se como um tanque armazenador. A bacia de drenagem tem, então, como controle de suas águas, o nível de base e numerosos meandros que aí se formam, amortizando a onda de cheia do canal. Entretanto, o rápido armazenamento das águas, neste reservatório natural, facilita a resposta imediata do rio às chuvas, com a subida das águas. Esses picos de enchentes podem estar ainda associados a sucessivas reduções da área de floresta devido ao desenvolvimento da agricultura nos últimos anos, porque a vegetação influencia diretamente na infiltração, na retenção superficial e na evapotranspiração.

Finalmente, os picos de cheias, observados na figura 38, não se relacionam à forma da bacia. No capítulo que se refere às características

físicas, observou-se que, apesar de a forma da bacia tender à circularidade, ela não está sujeita a enchentes em relação aos índices de forma.

A tabela 23 mostra os valores máximos, mínimos e médios anuais das cotas de água para os três anos característicos. A tabela 24 apresenta esses valores distribuídos mensalmente, podendo-se perceber certa relação do nível das águas com as estações climáticas.

VALORES	A N O S		
	1955	1962	1967
máximo	3.90	4.00	4.88
mínimo	0.58	0.75	0.82
médio	1.13	1.45	1.76

TABELA 23 - Valores máximos, mínimos e médios anuais das cotas de águas, em metros, para os três anos característicos

VALORES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
máximos de 1967	3.62	3.80	3.20	2.80	2.15	1.60	4.88	1.18	1.80	1.82	2.80	3.82
médios de 1962	2.08	2.45	1.60	1.27	1.26	1.12	1.01	0.90	0.96	1.10	1.48	2.13
mínimos de 1955	0.98	0.92	0.78	0.90	0.89	0.78	0.67	0.60	0.58	0.59	0.70	0.82

TABELA 24 - Variação mensal dos níveis de água para os três anos característicos

Utilizando-se as cotas diárias, foram traçadas as curvas de duração dos níveis d'água, para os anos característicos. Elas representam a porcentagem de tempo em que qualquer cota foi repetida ou não, fornecendo

uma impressão nítida da natureza do fluxo d'água (figura 39).

A curva que representa o ano de 1967 está levemente achatada, com suave inclinação para a direita, identificando um período de grandes descargas. A curva que se refere ao ano mais seco (1962) apresenta uma escarpa à esquerda, seguindo para a direita com leve horizontalidade. Esta forma de curva indica um período em que o curso d'água esteve inconstante e sujeito a fluxos muito baixos.

Na figura 39 aparece marcada, com traços largos, a média geral do período estudado, visualizando-se a variação das cotas, para cada ano característico, em relação a ela. O ano de 1955, por exemplo, teve 82.4 % de suas cotas diárias abaixo de 1.46 m, enquanto 1967 teve 53.7% de suas cotas diárias acima desse valor médio geral.

Para cada ano característico, foi elaborada uma estatística de frequência de cotas de mesmo valor. Na coluna 1, da tabela 25, está indicado o número de cotas e na 2, a sua frequência. Por exemplo: em 1955 ocorreram 53 cotas diferentes apenas uma vez; no mesmo ano um mesmo valor de cota ocorreu 13 vezes.

1955		1962		1967	
coluna 1	coluna 2	coluna 1	coluna 2	coluna 1	coluna 2
nº de cotas	nº de ocorrências	nº de cotas	nº de ocorrências	nº de cotas	nº de ocorrências
53	1	63	1	87	1
21	2	31	2	39	2
11	3	13	3	14	3
9	4	17	4	15	4
9	5	8	5	4	5
7	6	9	6	3	6
5	7	2	7	4	7
2	8	2	8	1	8
2	9	1	9	1	9
1	10			1	15
2	11				
1	13				

TABELA 25 - Frequência de cotas de mesmo valor

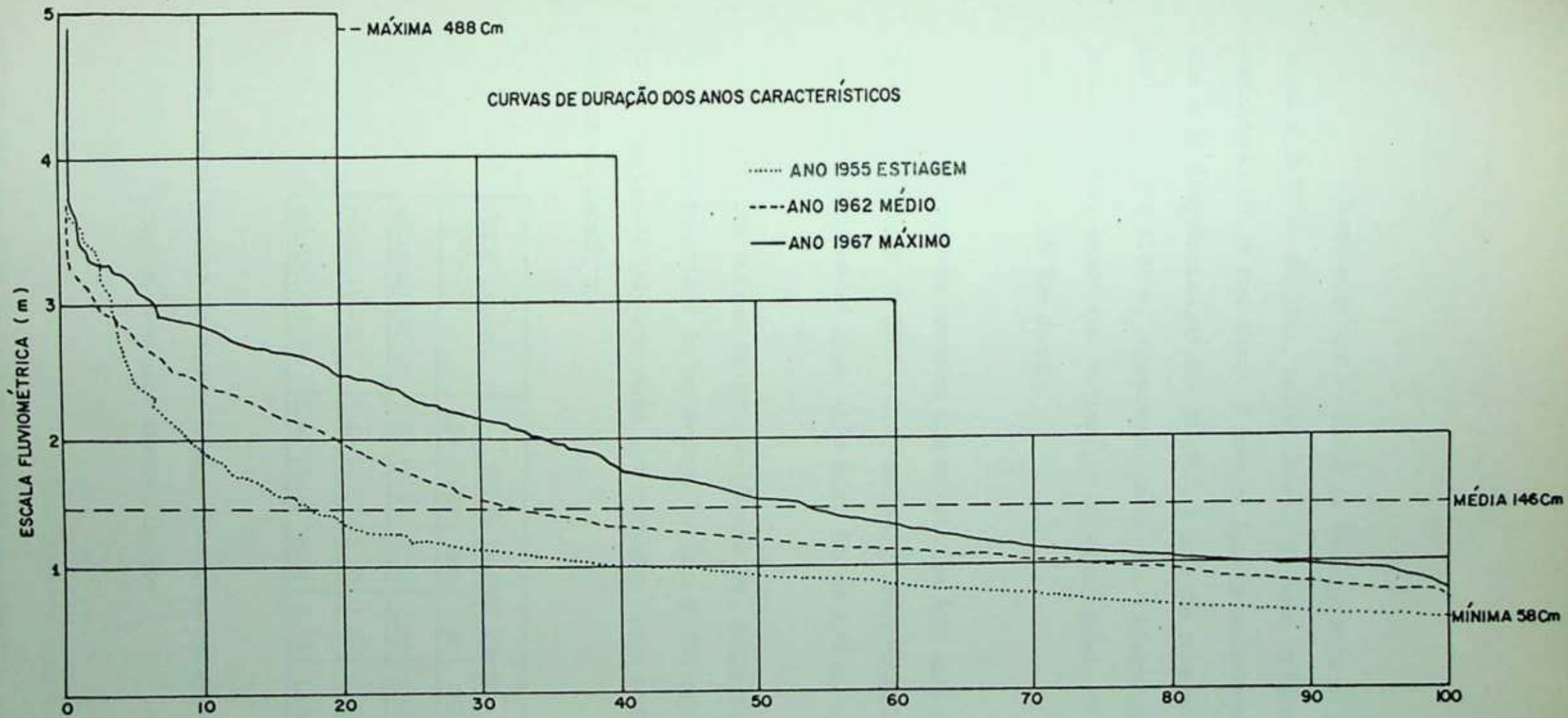


FIGURA 39 - PORCENTAGEM DE DIAS DO ANO EM QUE AS COTAS SÃO IGUALADAS OU EXCEDIDAS.

Para este ano, o nível de água que mais se repetiu teve valor igual a 0.60 m. Em 1962, registraram-se 63 cotas diferentes apenas uma vez, englobando 17.3% dos dados. A cota de água de maior repetição foi 1.05 m com nove frequências. No ano de 1967, a cota que mais se repetiu foi a de valor igual a 1.05 m, entretanto, neste ano, registraram-se muitas cotas heterogêneas, sendo que do total de 365 observações, 87 repetiram-se uma única vez (23.8% dos dados).

Pode-se perceber que as cotas de água mais repetidas para os três anos (0.60 m em 1955 e 1.05 em 1962 e 1967) estão abaixo da média geral do período dos 29 anos, cujo valor foi de 1.46 m.

Das curvas de duração (figura 39), foram retirados alguns valores característicos da porcentagem de dias do ano cujos níveis, em metros, são iguais ou superiores aos indicados. Esses resultados aparecem resumidos na tabela 26.

Anos característicos	POSTO FAZENDA MENDES				
	10%	25%	50%	75%	95%
máxima(1967)	2.83	2.31	1.53	1.10	0.98
média(1962)	2.40	1.73	1.23	1.02	0.81
mínima(1955)	1.91	1.21	0.94	0.73	0.60

TABELA 26 - Valores de altura da água do rio em relação à % de dias do ano para os três anos característicos

Examinando-se essa tabela, verifica-se que em 50% dos dias de cada ano, no período citado, o rio teve suas águas

com altura igual ou superior a 0.94 m (1955); 1.23 m (1962) e 1.53 m em 1967. Durante o ano de 1967, em 347 dias (95%), o nível das águas esteve igual ou superior a 0.98 m. No ano característico de mínimas, para este mesmo número de dias, as águas estiveram a 0.60 m ou mais.

Em 10% do ano, que correspondem a 37 dias, o rio apresentou um nível de água igual ou superior a 1.91 m (1955); 2.40 m (1962) e 2.83 m em 1967.

6.1.2 - Curva chave

A curva chave é uma relação entre as vazões já conhecidas e as cotas d'água correspondentes. Através dela teve-se uma idéia das vazões estimadas para o rio Grande.

As figuras 40 e 41 representam as curvas chave no local do posto de medição. Para a elaboração da primeira, empregou-se dados de cotas d'água e vazão medidos, de 1945 a 1973, pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. A segunda foi realizada pela Companhia Hidroservise com dados coletados em 1971/72. Com a primeira curva e os níveis diários de água, para os 29 anos, definiram-se os valores médio, mínimo e máximo das descargas atingidos durante este período.

Para obter-se o valor máximo de descarga e também aquelas superiores a 3.29 m de altura de régua, a curva chave foi prolongada, usando-se o artifício do papel bi-logaritmo.. Neste caso a curva tende para uma reta, podendo-se extrapolar sem muito erro (DNAEE, 1975).

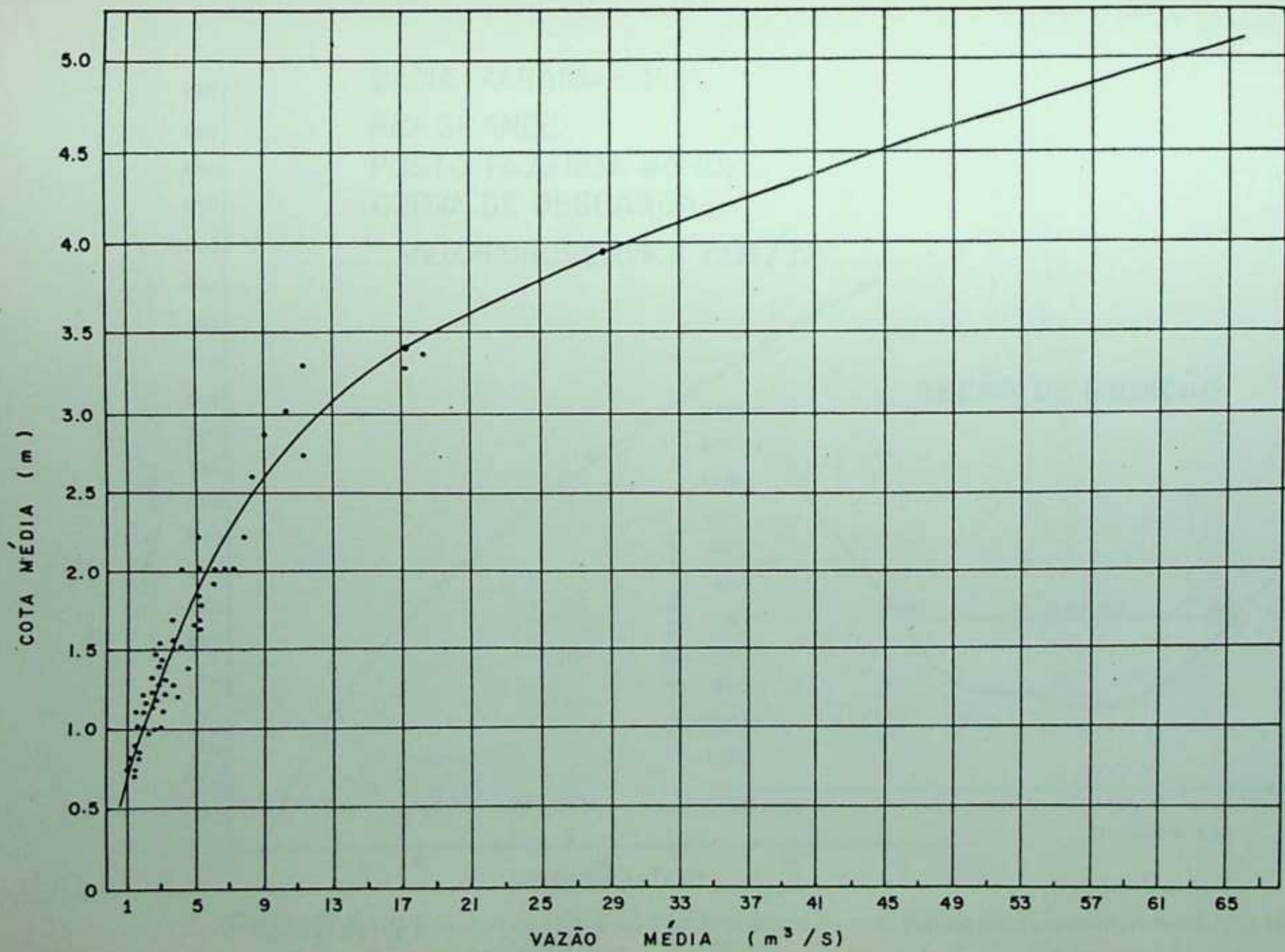


FIGURA 40 — CURVA CHAVE PARA O ALTO RIO GRANDE, NO POSTO DE MEDIÇÃO FAZENDA MENDES.

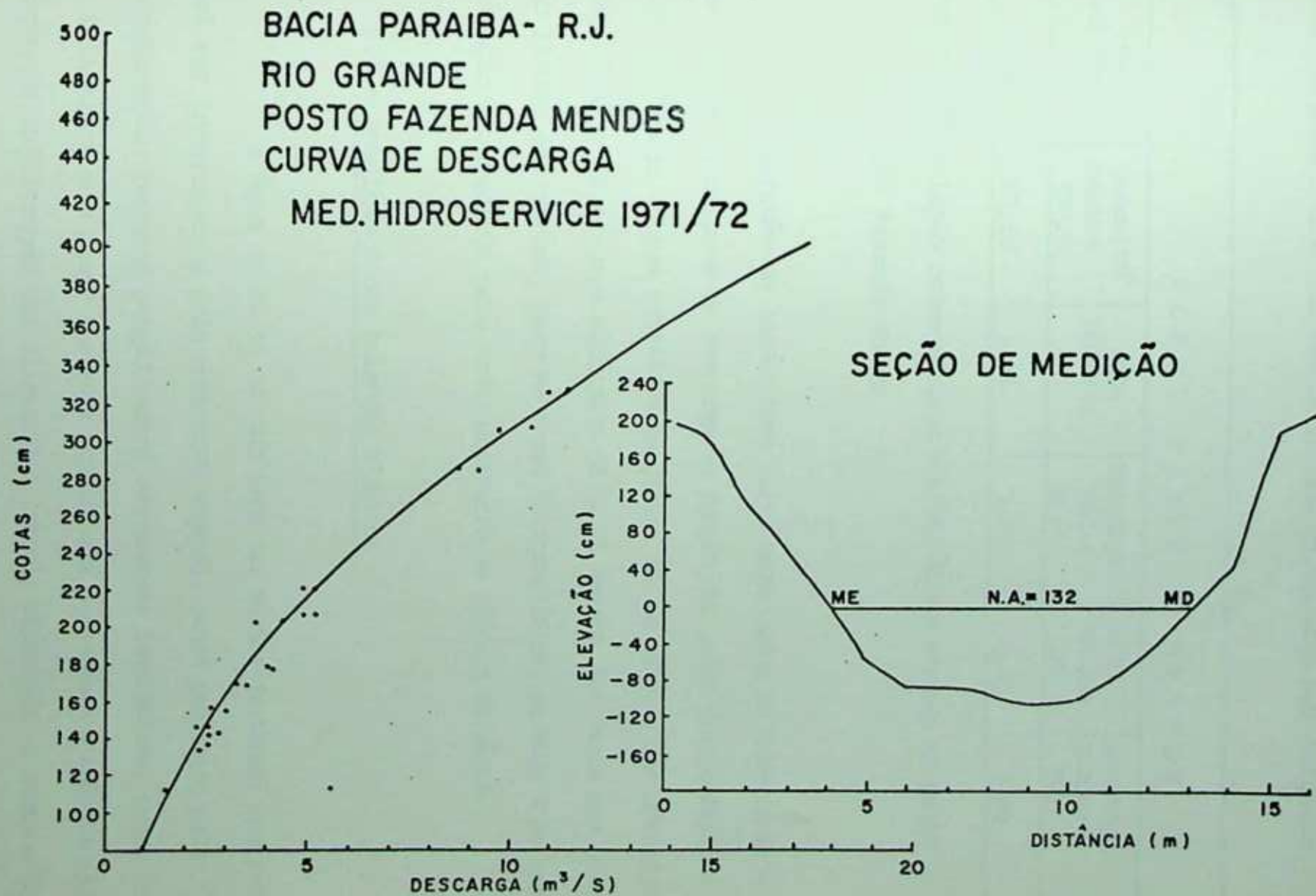


FIGURA 41 - CURVA CHAVE NO POSTO DE MEDIÇÃO FAZENDA MENDES, AJUSTADA PARA OS DADOS DE 1971/1972.

Esses resultados encontram-se resumidos na tabela 27, verificando-se para o alto rio Grande valores de descarga bem reduzidos.

P O S T O F A Z E N D A M E N D E S					
cota máxima (m)	descarga máxima (m ³ /s)	cota média (m)	descarga média (m ³ /s)	cota mínima (m)	descarga mínima (m ³ /s)
4.88	58.50	1.45	3.50	0.58	0.80

TABELA 27 - Relação cota-descarga máxima, média e mínima, no posto de medição Fazenda Mendes

Através da curva chave foram organizadas as tabelas 28 e 29 que contêm os valores de descarga em função das cotas fluviométricas do período estudado. Foram extraídos da figura 40 os valores das descargas correspondentes às alturas múltiplas de 10. A seguir, foi feita uma distribuição linear das vazões, para as cotas intermediárias, de modo a se obter uma variação de descarga para cada centímetro de leitura de régua.

6.2 - Resultados dos balanços hídricos

A água da chuva ao cair pode ter vários destinos: uma parte poderá ser interceptada pela cobertura vegetal, sendo devolvida pela evapotranspiração; pequena porção poderá evaporar-se imediatamente, outra parcela se infiltrará e a parte restante constituirá o escoamento superficial. Uma fração da infiltração vai alimentar o lençol, atingindo o curso d'água nos períodos de estiagem, a outra retornará ao nível do solo e será perdida por evapotranspiração. O escoamento superficial representa o saldo positivo do balanço hídrico.

Descarga em função da cota fluviométrica

Rio Grande em Fazenda Mendes

Cota m	m ³ /s	Cota m	m ³ /s	Cota m	m ³ /s	Cota m	m ³ /s	Cota m	m ³ /s	Cota m	m ³ /s
0.50	0.70	0.60	0.90	0.70	1.00	0.80	1.20	0.90	1.60	1.00	1.90
1	0.72	1	0.91	1	1.02	1	1.24	1	1.63	1	1.94
2	0.74	2	0.92	2	1.04	2	1.28	2	1.66	2	1.98
3	0.76	3	0.93	3	1.06	3	1.32	3	1.69	3	2.02
4	0.78	4	0.94	4	1.08	4	1.36	4	1.72	4	2.06
5	0.80	5	0.95	5	1.10	5	1.40	5	1.75	5	2.10
6	0.82	6	0.96	6	1.12	6	1.44	6	1.78	6	2.14
7	0.84	7	0.97	7	1.14	7	1.48	7	1.81	7	2.18
8	0.86	8	0.98	8	1.16	8	1.52	8	1.84	8	2.22
9	0.88	9	0.99	9	1.80	9	1.56	9	1.87	9	2.26
1.10	2.30	1.20	2.70	1.30	3.00	1.40	3.30	1.50	3.70	1.60	4.10
1	2.34	1	2.73	1	3.03	1	3.34	1	3.74	1	4.13
2	2.38	2	2.76	2	3.06	2	3.38	2	3.78	2	4.16
3	2.42	3	2.79	3	3.09	3	3.42	3	3.82	3	4.19
4	2.42	4	2.82	4	3.12	4	3.46	4	3.86	4	4.22
5	2.50	5	2.85	5	3.15	5	3.50	5	3.90	5	4.25
6	2.54	6	2.88	6	3.18	6	3.54	6	3.94	6	4.28
7	2.58	7	2.91	7	3.21	7	3.58	7	3.98	7	4.31
8	2.62	8	2.94	8	3.24	8	3.62	8	4.02	8	4.34
9	2.66	9	2.97	9	2.27	9	3.66	9	4.06	9	4.37
1.70	4.50	1.80	4.80	1.90	5.20	2.00	5.70	2.10	6.00	2.20	6.60
1	4.53	1	4.84	1	5.25	1	5.73	1	6.06	1	6.65
2	4.56	2	4.88	2	5.30	2	5.76	2	6.12	2	6.70
3	4.59	3	4.92	3	5.35	3	5.79	3	6.18	3	6.75
4	4.62	4	4.96	4	5.40	4	5.82	4	6.24	4	6.80
5	4.65	5	5.00	5	5.45	5	5.85	5	6.30	5	6.85
6	4.68	6	5.04	6	5.50	6	5.88	6	6.36	6	6.90
7	4.71	7	5.08	7	5.55	7	5.91	7	6.42	7	6.95
8	4.74	8	5.12	8	5.60	8	5.94	8	6.48	8	7.00
9	4.77	9	5.16	9	5.65	9	5.97	9	6.54	9	7.05
2.30	7.10	2.40	7.70	2.50	8.30	2.60	9.00	2.70	9.70	2.80	10.50
1	7.16	1	7.76	1	8.37	1	9.07	1	9.78	1	10.59
2	7.22	2	7.82	2	8.44	2	9.14	2	9.86	2	10.68
3	7.28	3	7.88	3	8.51	3	9.21	3	9.94	3	10.77
4	7.34	4	7.94	4	8.58	4	9.28	4	10.02	4	10.86
5	7.40	5	8.00	5	8.65	5	9.35	5	10.10	5	11.95
6	7.46	6	8.06	6	8.72	6	9.42	6	10.18	6	11.04
7	7.52	7	8.12	7	8.79	7	9.49	7	10.26	7	11.13
8	7.58	8	8.18	8	8.86	8	9.56	8	10.34	8	11.22
9	7.64	9	8.24	9	8.93	9	9.63	9	10.42	9	11.31

TABELA 28

Cota m	m ³ / _s	Cota m	m ³ / _s	Cota m	m ³ / _s	Cota m	m ³ / _s	Cota m	m ³ / _s	Cota m	m ³ / _s
2.90	11.40	3.00	12.30	3.10	13.30	3.20	14.50	3.30	15.90	3.40	17.50
1	11.49	1	12.40	1	13.42	1	14.64	1	16.06	1	17.66
2	11.58	2	12.50	2	13.54	2	14.78	2	16.22	2	17.82
3	11.67	3	12.60	3	13.66	3	14.92	3	16.38	3	17.98
4	11.76	4	12.70	4	13.78	4	15.06	4	16.54	4	18.14
5	11.85	5	12.80	5	13.90	5	15.20	5	16.70	5	18.30
6	11.94	6	12.90	6	14.02	6	15.34	6	16.86	6	18.46
7	12.03	7	13.00	7	14.14	7	15.48	7	17.02	7	18.62
8	12.12	8	13.10	8	14.26	8	15.62	8	17.18	8	18.78
9	12.21	9	13.20	9	14.38	9	15.76	9	17.34	9	18.94
3.50	19.50	3.60	21.00	3.70	23.50	3.80	25.90	3.90	28.00	4.00	30.50
1	19.55	1	21.25	1	23.74	1	26.11	1	28.25	1	30.83
2	19.60	2	21.50	2	23.98	2	26.32	2	28.50	2	31.16
3	19.65	3	21.75	3	24.22	3	26.53	3	28.75	3	31.49
4	19.70	4	22.00	4	24.46	4	26.74	4	29.00	4	31.82
5	19.75	5	22.25	5	24.70	5	26.95	5	29.25	5	32.15
6	19.80	6	22.50	6	24.94	6	27.16	6	29.50	6	32.48
7	19.85	7	22.75	7	25.18	7	27.37	7	29.75	7	32.81
8	19.90	8	23.00	8	25.42	8	27.58	8	30.00	8	33.14
9	19.95	9	23.25	9	25.66	9	27.79	9	30.25	9	33.47
4.10	33.80	4.20	37.00	4.30	40.30	4.40	43.50	4.50	46.50	4.60	50.50
1	34.12	1	37.33	1	40.62	1	43.80	1	46.90	1	50.90
2	34.44	2	37.66	2	40.94	2	44.10	2	47.30	2	51.30
3	34.76	3	37.99	3	41.26	3	44.40	3	47.70	3	51.70
4	35.08	4	38.32	4	41.58	4	44.70	4	48.10	4	52.10
5	35.40	5	38.65	5	41.90	5	45.00	5	48.50	5	52.50
6	35.72	6	38.98	6	42.22	6	45.30	6	48.90	6	52.90
7	36.04	7	39.31	7	42.54	7	45.60	7	49.30	7	53.30
8	36.36	8	39.64	8	42.86	8	45.90	8	49.70	8	53.70
9	36.68	9	39.97	9	43.18	9	46.20	9	50.10	9	54.10
4.70	54.50	4.80	58.50	4.90	62.50						
1	54.90	1	58.90								
2	55.30	2	59.30								
3	55.70	3	59.70								
4	56.10	4	60.10								
5	56.50	5	60.50								
6	56.90	6	60.90								
7	57.30	7	61.30								
8	57.70	8	61.70								
9	58.10	9	62.10								

TABELA 29 - continuação.

O estudo do balanço hídrico de nossa bacia de drenagem tem como finalidade fornecer a disponibilidade de água no solo. Com base nesse estudo, poderão ser realizadas pesquisas de viabilidade de adaptação de determinadas culturas, pois o balanço hídrico permite quantificar as disponibilidades de umidade do solo, fornecendo os volumes e épocas das deficiências e dos excedentes hídricos.

Apoia-se este estudo no método proposto por Thornwaite e Mather (1955) e trabalhos realizados por Camargo (1960) e Tarifa (1970). Na aplicação deste método foram utilizados dados de temperatura e precipitação, e a latitude do local.

Em nossa área, o solo funciona como um reservatório de água até a capacidade de 125 mm, e a precipitação como entrada ou fator de fornecimento de água para o solo. A evapotranspiração, que se refere à evaporação pela superfície do solo e da transpiração vegetal, é a saída ou perda de água do solo.

Como vimos, a precipitação equivale à transferência da água da atmosfera para o solo, enquanto a evapotranspiração constitui a fase oposta. A evapotranspiração é um índice climático de tanta importância como a precipitação e o total de água no solo dependerá do balanço entre esses dois processos.

Para Thornwaite a evapotranspiração potencial corresponde à quela que ocorre em um terreno vegetado, livremente exposto à atmosfera e nunca falta umidade no solo para uso das plantas, pois o solo está constantemente em sua capacidade de campo.

Ela indica a necessidade de água por unidade de área do terreno ou a chuva teoricamente necessária para manter o vegetal verde. Confrontando-se a evapotranspiração potencial com a chuva real, pode-se estimar as disponibilidades hídricas mensais e anuais, as deficiências, os excessos, a retirada e a reposição de água no solo, em uma região agrícola.

A evapotranspiração real refere-se à quantidade de água evaporada em condições atuais, ocorrentes no campo. Ela depende do clima, mas está também relacionada a fatores como o tipo e estágio do desenvolvimento da vegetação, método de cultivo, tipo de solo e umidade do solo. Quando o solo não está com seu teor de umidade próximo à capacidade de campo, isto é, quando a evapotranspiração é restringida pela deficiência de umidade, tem-se a chamada evapotranspiração real e não mais a potencial.

As tabelas de 30 a 39 apresentam os resultados dos balanços hídricos realizados para as duas áreas da bacia de drenagem, de 1967 a 1977. As cinco primeiras referem-se aos balanços hídricos anuais da área do alto curso, a uma altitude de 1610 m. As cinco últimas relacionam-se aos balanços hídricos anuais da área próxima ao outlet da bacia, a 1019 m de altitude.

A observação dessas tabelas e da figura 42 levam-nos a algumas considerações.

Na área do outlet a temperatura média anual do período estudado esteve entre 15.6 e 18.2°C e a precipitação variou entre os valores de 1046 mm (1970) e 1846 mm (1976).

TABELA 30

BALANÇO HÍDRICO MENSAL

latitude: 22°23'

PERÍODO: 1967

longitude: 42°33'

ESTAÇÃO: TEODORO DE OLIVEIRA

altitude: 1610 m

CAPACIDADE DE CAMPO: 125 m

meses	2 TEMP.	3 EP NÃO CORRIG.	4 CORR.	5 EP	6 P	7 P-EP	8 NEG. ACUM.	9 APM	10 ALT	11 ER	12 DEF	13 EXC
JAN	15.2	2.2	34.5	76	524	+448	0	125	0	76	0	448
FEV	16.4	2.5	30.0	75	302	+227	0	125	0	75	0	227
MAR	15.8	2.4	31.5	76	301	+225	0	125	0	76	0	225
ABR	13.8	2.0	29.1	58	264	+206	0	125	0	58	0	206
MAI	11.6	1.5	28.5	43	65	+ 22	0	125	0	43	0	22
JUN	11.1	1.4	27.0	38	90	+ 52	0	125	0	38	0	52
JUL	9.5	1.2	28.2	34	156	+122	0	125	0	34	0	122
AGO	11.4	1.5	29.4	44	32	- 12	-12	113	-12	44	0	0
SET	12.0	1.6	30.0	48	167	+119	0	125	12	48	0	107
OUT	14.8	2.2	32.7	72	118	+ 46	0	125	0	72	0	46
NOV	13.8	2.0	33.0	66	485	+419	0	125	0	66	0	419
DEZ	13.9	2.0	34.8	70	381	+311	0	125	0	70	0	311
ANO	13.2	-	-	700	2885	2185	-	-	0	700	0	2185

PERÍODO: 1968

meses	2 TEMP.	3 EP NÃO CORRIG.	4 CORR.	5 EP	6 P	7 P-EP	8 NEG. ACUM.	9 APM	10 ALT	11 ER	12 DEF	13 EXC
JAN	15.8	2.4	34.5	83	239	+156	0	125	0	83	0	156
FEV	14.8	2.2	30.0	66	437	+371	0	125	0	66	0	371
MAR	15.3	2.3	31.5	73	476	+403	0	125	0	73	0	403
ABR	12.5	1.7	29.1	50	255	+205	0	125	0	50	0	205
MAI	9.1	1.1	28.5	31	107	+ 76	0	125	0	31	0	76
JUN	8.4	1.0	27.0	27	96	+ 69	0	125	0	27	0	69
JUL	8.4	1.0	28.2	28	230	+202	0	125	0	28	0	202
AGO	9.1	1.1	29.4	32	133	+101	0	125	0	32	0	101
SET	11.1	1.4	30.0	42	186	+144	0	125	0	42	0	144
OUT	12.4	1.7	32.7	56	174	+118	0	125	0	56	0	118
NOV	14.8	2.2	33.0	73	188	+115	0	125	0	73	0	115
DEZ	15.9	2.4	34.8	84	331	+247	0	125	0	84	0	247
ANO	12.3	-	-	645	2853	2207	-	-	0	645	0	2207

TABELA 31

BALANÇO HÍDRICO MENSAL

latitude: 22°23'
 longitude: 42°33'
 altitude: 1610 m

PERÍODO: 1969

ESTAÇÃO: TEODORO DE OLIVEIRA
 CAPACIDADE DE CAMPO: 125 mm

meses	2 TEMP.	3 EP NÃO CORRIG.	4 CORR.	5 EP	6 P	7 P-EP	8 NEG. ACUM.	9 APM	10 ALT	11 ER	12 DEF	13 EXC
JAN	16.5	2.5	34.5	86	459	+373	0	125	0	86	0	373
FEV	17.3	2.7	30.0	81	213	+132	0	125	0	81	0	132
MAR	16.1	2.4	31.5	76	351	+275	0	125	0	76	0	275
ABR	13.3	1.9	29.1	55	227	+172	0	125	0	55	0	172
MAI	11.5	1.5	28.5	43	99	+ 56	0	125	0	43	0	56
JUN	10.3	1.4	27.0	38	130	+ 92	0	125	0	38	0	92
JUL	10.3	1.4	28.2	40	149	+109	0	125	0	40	0	109
AGO	11.3	1.5	29.4	44	184	+140	0	125	0	44	0	140
SET	12.7	1.7	30.0	51	79	+ 28	0	125	0	51	0	28
OUT	13.0	1.8	32.7	59	251	+192	0	125	0	59	0	192
NOV	15.8	2.4	33.0	79	285	+206	0	125	0	79	0	206
DEZ	14.4	2.1	34.8	73	465	+392	0	125	0	73	0	392
ANO	13.5	-	-	725	2892	2167	-	-	0	725	0	2167

PERÍODO: 1970

meses	2 TEMP.	3 EP NÃO CORRIG.	4 CORR.	5 EP	6 P	7 P-EP	8 NEG. ACUM.	9 APM	10 ALT	11 ER	12 DEF	13 EXC
JAN	16.8	2.6	34.5	90	289	+199	0	125	0	90	0	199
FEV	16.9	2.6	30.0	78	71	- 7	-7	118	-7	78	0	0
MAR	16.2	2.4	31.5	76	273	+197	0	125	7	76	0	190
ABR	13.9	2.0	29.1	58	196	+138	0	125	0	58	0	138
MAI	12.3	1.7	28.5	49	114	+ 65	0	125	0	49	0	65
JUN	10.9	1.4	27.0	38	188	+150	0	125	0	38	0	150
JUL	9.2	1.1	28.2	31	186	+155	0	125	0	31	0	155
AGO	10.5	1.4	29.4	41	154	+113	0	125	0	41	0	113
SET	11.9	1.6	30.0	48	259	+211	0	125	0	48	0	211
OUT	13.5	1.9	32.7	62	318	+256	0	125	0	62	0	256
NOV	13.6	1.9	33.0	63	423	+360	0	125	0	63	0	360
DEZ	17.8	2.8	34.8	97	301	+204	0	125	0	97	0	204
ANO	13.6	-	-	731	2772	2041	-	-	0	731	0	2041

TABELA 32

BALANÇO HÍDRICO MENSAL

latitude: 22°23'

longitude: 42°33'

altitude: 1610 m

PERÍODO: 1972

ESTAÇÃO: TEODORO DE OLIVEIRA

CAPACIDADE DE CAMPO: 125 mm

meses	2 TEMP.	3 EP NÃO CORRIG.	4 CORR.	5 EP	6 P	7 P-EP	8 NEG. ACUM.	9 ARM	10 ALT	11 ER	12 DEF	13 EXC
JAN	18.3	2.9	34.5	100	252	+152	0	125	0	100	0	152
FEV	17.6	2.7	30.0	81	447	+366	0	125	0	81	0	366
MAR	17.3	2.7	31.5	85	366	+281	0	125	0	85	0	281
ABR	13.6	1.9	29.1	55	619	+564	0	125	0	55	0	564
MAI	14.6	2.1	28.5	60	233	+173	0	125	0	60	0	173
JUN	11.4	1.5	27.0	41	87	+ 46	0	125	0	41	0	46
JUL	10.5	1.4	28.2	40	197	+157	0	125	0	40	0	157
AGO	11.4	1.5	29.4	44	256	+212	0	125	0	44	0	212
SET	12.8	1.8	30.0	54	237	+183	0	125	0	54	0	183
OUT	14.5	2.1	32.7	69	563	+494	0	125	0	69	0	494
NOV	16.1	2.4	33.0	79	312	+233	0	125	0	79	0	233
DEZ	16.9	2.6	34.8	91	616	+525	0	125	0	91	0	525
ANO	14.6	-	-	799	4185	3386	-	-	0	799	0	3386

PERÍODO: 1973

meses	2 TEMP.	3 EP NÃO CORRIG.	4 CORR.	5 EP	6 P	7 P-EP	8 NEG. ACUM.	9 ARM	10 ALT	11 ER	12 DEF	13 EXC
JAN	19.6	3.1	34.5	107	293	+186	0	125	0	107	0	186
FEV	20.9	3.4	30.0	102	405	+303	0	125	0	102	0	303
MAR	16.4	2.5	31.5	79	347	+268	0	125	0	79	0	268
ABR	17.2	2.6	29.1	76	91	+ 15	0	125	0	76	0	15
MAI	10.4	1.4	28.5	40	335	+295	0	125	0	40	0	295
JUN	12.5	1.7	27.0	46	43	- 3	-3	122	-3	46	0	0
JUL	11.9	1.6	28.2	45	244	+199	0	125	3	45	0	196
AGO	10.9	1.4	29.4	41	202	+161	0	125	0	41	0	161
SET	11.2	1.4	30.0	42	280	+238	0	125	0	42	0	238
OUT	13.6	1.9	32.7	62	384	+322	0	125	0	62	0	322
NOV	14.7	2.1	33.0	69	504	+435	0	125	0	69	0	435
DEZ	16.1	2.4	34.8	84	325	+241	0	125	0	84	0	241
ANO	14.6	-	-	793	3153	2660	-	-	0	793	0	2660

TABELA 33

BALANÇO HÍDRICO MENSAL

latitude: 22°23'

longitude: 42°33'

altitude: 1610 m

PERÍODO: 1974

ESTAÇÃO: TEODORO DE OLIVEIRA

CAPACIDADE DE CAMPO: 125 mm

meses	2 TEMP.	3 EP NÃO CORRIG.	4 CORR.	5 EP	6 P	7 P-EP	8 NEG. ACUM.	9 APM	10 ALT	11 ER	12 DEF	13 EXC
JAN	17.6	2.7	34.5	93	305	+212	0	125	0	93	0	212
FEV	17.6	2.7	30.0	81	147	+ 66	0	125	0	81	0	66
MAR	17.7	2.7	31.5	85	345	+260	0	125	0	85	0	260
ABR	14.5	2.1	29.1	61	494	+433	0	125	0	61	0	433
MAI	12.8	1.8	28.5	51	62	+ 11	0	125	0	51	0	11
JUN	10.6	1.4	27.0	38	243	+205	0	125	0	38	0	205
JUL	10.1	1.3	28.2	37	39	+ 2	0	125	0	37	0	2
AGO	11.6	1.5	29.4	44	52	+ 8	0	125	0	44	0	8
SET	12.3	1.7	30.0	51	93	+ 42	0	125	0	51	0	42
OUT	14.4	2.1	32.7	69	186	+117	0	125	0	69	0	117
NOV	15.2	2.2	33.0	73	209	+136	0	125	0	73	0	136
DEZ	16.1	2.4	34.8	84	300	+216	0	125	0	84	0	216
ANO	14.2	-	-	767	2475	1708	-	-	0	767	0	1708

PERÍODO: 1975

meses	2 TEMP.	3 EP NÃO CORRIG.	4 CORR.	5 EP	6 P	7 P-EP	8 NEG. ACUM.	9 APM	10 ALT	11 ER	12 DEF	13 EXC
JAN	16.5	2.5	34.5	86	445	+359	0	125	0	86	0	359
FEV	17.3	2.7	30.0	81	191	+110	0	125	0	81	0	110
MAR	16.7	2.5	31.5	79	182	+103	0	125	0	79	0	103
ABR	13.4	1.9	29.1	55	143	+ 88	0	125	0	55	0	88
MAI	12.0	1.6	28.5	46	164	+118	0	125	0	46	0	118
JUN	10.6	1.4	27.0	38	284	+246	0	125	0	38	0	246
JUL	9.3	1.2	29.2	35	166	+131	0	125	0	35	0	131
AGO	12.4	1.7	29.4	50	30	- 20	-20	106	-19	49	1	0
SET	12.8	1.8	30.0	54	243	+189	0	125	19	54	0	170
OUT	15.2	2.2	32.7	72	472	+400	0	125	0	72	0	400
NOV	15.0	2.2	33.0	73	560	+487	0	125	0	73	0	487
DEZ	17.6	2.7	34.8	94	343	+249	0	125	0	94	0	249
ANO	14.1	-	-	763	3223	2460	-	-	0	762	1	2461

TABELA 34

BALANÇO HÍDRICO MENSAL

latitude: 22°23'

longitude: 42°33'

altitude: 1610 m

PERÍODO: 1976

ESTAÇÃO: TEODORO DE OLIVEIRA

CAPACIDADE DE CAMPO: 125 mm

meses	2 TEMP.	3 EP NÃO CORRIG.	4 CORR.	5 EP	6 P	7 P-EP	8 NEG. ACUM.	9 ARRM	10 ALT	11 ER	12 DEF	13 EXC
JAN	19.0	3.0	34.5	104	513	+409	0	125	0	104	0	409
FEV	16.9	2.6	30.0	78	386	+308	0	125	0	78	0	308
MAR	16.3	2.5	31.5	79	578	+499	0	125	0	79	0	499
ABR	15.3	2.3	29.1	67	195	+128	0	125	0	67	0	128
MAI	12.9	1.8	28.5	51	272	+221	0	125	0	51	0	221
JUN	10.9	1.4	27.0	38	168	+130	0	125	0	38	0	130
JUL	10.4	1.4	28.2	40	118	+ 78	0	125	0	40	0	78
AGO	11.8	1.6	29.4	47	282	+235	0	125	0	47	0	235
SET	12.2	1.6	30.0	48	431	+383	0	125	0	48	0	383
OUT	13.5	1.9	32.7	62	645	+583	0	125	0	62	0	583
NOV	14.9	2.2	33.0	63	318	+245	0	125	0	73	0	245
DEZ	16.9	2.6	34.8	91	796	+705	0	125	0	91	0	705
ANO	14.4	-	-	778	4702	3924	-	-	0	778	0	3924

PERÍODO: 1977

meses	2 TEMP.	3 EP NÃO CORRIG.	4 CORR.	5 EP	6 P	7 P-EP	8 NEG. ACUM.	9 ARRM	10 ALT	11 ER	12 DEF	13 EXC
JAN	18.4	2.9	34.5	100	359	+259	0	125	0	100	0	259
FEV	18.9	3.0	30.0	90	19	- 71	-71	70	-55	74	16	0
MAR	17.3	2.7	31.5	85	413	+328	0	125	55	85	0	273
ABR	15.0	2.2	29.1	64	439	+375	0	125	0	64	0	375
MAI	12.0	1.6	28.5	46	262	+216	0	125	0	46	0	216
JUN	10.8	1.4	27.0	38	37	- 1	- 1	124	- 1	38	0	0
JUL	10.0	1.3	28.2	37	83	+ 46	0	125	+ 1	37	0	45
AGO	15.2	2.2	29.4	65	137	+ 72	0	125	0	65	0	72
SET	14.2	2.0	30.0	60	227	+167	0	125	0	60	0	167
OUT	15.7	2.3	32.7	75	223	+148	0	125	0	75	0	148
NOV	15.8	2.4	33.0	79	530	+451	0	125	0	79	0	451
DEZ	15.6	2.3	34.8	80	417	+337	0	125	0	80	0	337
ANO	14.9	-	-	819	3146	2327	-	-	0	803	16	2343

TABELA 35

BALANÇO HÍDRICO MENSAL

latitude: 22°17'

longitude: 42°39'

altitude: 1019 m

PERÍODO: 1967

ESTAÇÃO: FAZENDA MENDES

CAPACIDADE DE CAMPO: 125 mm

meses	2 TEMP.	3 EP NÃO CORRIG.	4 CORR.	5 EP	6 P	7 P-EP	8 NEG. ACUM.	9 APM	10 ALT	11 ER	12 DEF	13 EXC
JAN	18.5	2.5	34.5	86	366	+280	0	125	0	86	0	280
FEV	19.7	2.8	30.0	84	237	+153	0	125	0	84	0	153
MAR	19.1	2.6	31.5	82	237	+155	0	125	0	82	0	155
ABR	17.1	2.1	29.1	61	76	+ 15	0	125	0	61	0	15
MAI	14.1	1.6	28.5	46	22	- 24	- 24	102	-23	45	1	0
JUN	14.4	1.7	27.0	46	48	+ 2	- 22	104	2	46	0	0
JUL	12.8	1.5	28.2	42	32	- 10	- 32	96	- 8	40	2	0
AGO	14.7	1.7	29.4	50	4	- 46	- 78	66	-30	34	16	0
SET	15.3	1.9	30.0	57	29	- 28	-106	53	-13	42	15	0
OUT	18.1	2.4	32.7	78	85	+ 7	76	60	7	78	0	0
NOV	17.1	2.1	33.0	69	192	+123	0	125	65	69	0	58
DEZ	17.2	2.1	34.8	73	221	+148	0	125	0	73	0	148
ANO	16.5	-	-	774	1549	+775	-	-	0	740	34	809

PERÍODO: 1968

meses	2 TEMP.	3 EP NÃO CORRIG.	4 CORR.	5 EP	6 P	7 P-EP	8 NEG. ACUM.	9 APM	10 ALT	11 ER	12 DEF	13 EXC
JAN	19.1	2.6	34.5	90	152	+ 62	0	125	0	90	0	62
FEV	18.1	2.4	30.0	72	186	+114	0	125	0	72	0	114
MAR	18.6	2.6	31.5	82	185	+103	0	125	0	82	0	103
ABR	15.8	2.0	29.1	58	48	- 10	- 10	115	- 10	58	0	0
MAI	12.4	1.3	28.5	37	17	- 20	- 30	98	- 17	34	3	0
JUN	11.7	1.3	27.0	35	11	- 24	- 54	80	- 18	29	6	0
JUL	11.7	1.3	28.2	37	38	+ 1	- 53	81	1	37	0	0
AGO	12.4	1.3	29.4	38	85	+ 47	0	125	44	38	0	3
SET	14.4	1.6	30.0	48	74	+ 26	0	125	0	48	0	26
OUT	15.7	2.0	32.7	65	155	+ 90	0	125	0	65	0	90
NOV	18.1	2.4	33.0	79	51	- 28	- 28	99	- 26	77	2	0
DEZ	19.2	2.6	34.8	91	249	+158	0	125	26	91	0	132
ANO	15.6	-	-	732	1251	519	-	-	0	721	11	530

TABELA 36

BALANÇO HÍDRICO MENSAL

latitude: 22°17'

longitude: 42°39'

altitude: 1019 m

PERÍODO: 1969

ESTAÇÃO: FAZENDA MENDES

CAPACIDADE DE CAMPO: 125 mm

meses	2 TEMP.	3 EP NÃO CORRIG.	4 CORR.	5 EP	6 P	7 P-EP	8 NEG. ACUM.	9 ARM	10 ALT	11 ER	12 DEF	13 EXC
JAN	19.8	2.8	34.5	97	443	+346	0	125	0	97	0	346
FEV	20.6	3.1	30.0	93	149	+ 56	0	125	0	93	0	56
MAR	19.4	2.6	31.5	82	216	+134	0	125	0	82	0	134
ABR	16.6	2.2	29.1	64	77	+ 13	0	125	0	64	0	13
MAI	14.8	1.8	28.5	51	5	- 46	- 46	85	- 40	45	6	0
JUN	13.6	1.6	27.0	43	11	- 32	- 78	66	- 19	30	13	0
JUL	13.6	1.6	28.2	45	92	+ 47	- 12	113	47	45	0	0
AGO	14.6	1.8	29.4	53	54	+ 1	- 11	114	1	53	0	0
SET	16.0	2.0	30.0	60	35	- 25	- 25	102	- 12	47	13	0
OUT	16.3	2.0	32.7	65	108	+ 43	0	125	23	65	0	20
NOV	19.1	2.6	33.0	86	232	+146	0	125	0	86	0	146
DEZ	17.7	2.4	34.8	84	155	+ 71	0	125	0	84	0	71
ANO	16.8	-	-	823	1577	754	-	-	0	791	32	786

PERÍODO: 1970

meses	2 TEMP.	3 EP NÃO CORRIG.	4 CORR.	5 EP	6 P	7 P-EP	8 NEG. ACUM.	9 APM	10 ALT	11 ER	12 DEF	13 EXC
JAN	20.1	2.8	34.5	97	232	+135	0	125	26	97	0	109
FEV	20.2	2.8	30.0	84	91	+ 7	0	125	0	84	0	7
MAR	19.5	2.7	31.5	85	76	- 9	- 9	116	- 9	85	0	0
ABR	17.2	2.2	29.1	64	101	+ 37	0	125	9	64	0	28
MAI	15.6	2.0	28.5	57	8	- 49	- 49	83	- 42	50	7	0
JUN	14.2	1.6	27.0	43	26	- 17	- 66	73	- 10	36	7	0
JUL	12.5	1.4	28.2	40	46	+ 6	- 72	69	- 4	50	- 10	0
AGO	13.8	1.6	29.4	47	124	+ 77	0	125	56	47	0	21
SET	15.2	1.8	30.0	54	82	+ 28	0	125	0	54	0	28
OUT	16.8	2.2	32.7	72	96	+ 24	0	125	0	72	0	24
NOV	16.9	2.2	33.0	73	85	+ 12	0	125	0	73	0	12
DEZ	21.1	3.1	34.8	108	79	- 29	- 29	99	- 26	105	3	0
ANO	16.9	-	-	824	1046	222	-	-	0	817	7	229

TABELA 37

BALANÇO HÍDRICO MENSAL

latitude: 22°17'

longitude: 42°39'

altitude: 1019 m

PERÍODO: 1971

ESTAÇÃO: FAZENDA MENDES

CAPACIDADE DE CAMPO: 125 mm

meses	2 TEMP.	3 EP NÃO CORRIG.	4 CORR.	5 EP	6 P	7 P-EP	8 NEG. ACUM.	9 APM	10 ALT	11 ER	12 DEF	13 EXC
JAN	21.5	3.2	34.5	110	117	+ 7	0	125	0	110	0	7
FEV	21.9	3.3	30.0	99	76	- 23	- 23	103	- 22	98	1	0
MAR	20.5	3.0	31.5	95	125	+ 30	0	125	22	95	0	8
ABR	18.9	2.6	29.1	76	151	+ 75	0	125	0	76	0	75
MAI	15.6	2.0	28.5	57	26	- 31	- 31	97	- 28	54	3	0
JUN	14.5	1.7	27.0	46	85	+ 39	0	125	28	46	0	11
JUL	13.8	1.6	28.2	45	7	- 38	- 38	91	- 34	41	4	0
AGO	14.4	1.6	29.4	47	74	+ 27	- 7	118	27	47	0	0
SET	15.4	1.8	30.0	54	109	+ 55	0	125	7	54	0	48
OUT	16.2	2.0	32.7	65	121	+ 56	0	125	0	65	0	56
NOV	17.5	2.3	33.0	76	299	+223	0	125	0	76	0	223
DEZ	19.4	2.6	34.8	91	274	+183	0	125	0	91	0	183
ANO	17.5	-	-	861	1464	603	-	-	0	853	8	611

PERÍODO: 172

meses	2 TEMP.	3 EP NÃO CORRIG.	4 CORR.	5 EP	6 P	7 P-EP	8 NEG. ACUM.	9 APM	10 ALT	11 ER	12 DEF	13 EXC
JAN	21.6	3.3	34.5	114	219	+105	0	125	0	114	0	105
FEV	20.9	3.1	30.0	93	328	+235	0	125	0	93	0	235
MAR	21.2	3.1	31.5	98	154	+ 56	0	125	0	98	0	56
ABR	16.9	2.2	29.1	64	69	+ 5	0	125	0	64	0	5
MAI	17.9	2.4	28.5	68	40	- 28	- 28	99	- 26	66	2	0
JUN	14.7	1.8	27.0	49	4	- 45	- 73	69	- 30	34	15	0
JUL	13.8	1.6	28.2	45	70	+ 25	- 35	94	25	45	0	0
AGO	14.7	1.8	29.4	53	33	- 20	- 55	80	- 14	47	6	0
SET	16.1	2.0	30.0	60	52	- 8	- 63	74	- 6	58	2	0
OUT	17.8	2.4	32.7	79	207	+128	0	125	51	79	0	77
NOV	19.4	2.6	33.0	86	258	+172	0	125	0	86	0	172
DEZ	20.2	2.8	34.8	98	208	+110	0	125	0	98	0	110
ANO	17.9	-	-	907	1642	735	-	-	0	882	25	760

TABELA 38

BALANÇO HÍDRICO MENSAL

latitude: 22°17'
 longitude: 42°39'
 altitude: 1019 m

PERÍODO: 1973

ESTAÇÃO: FAZENDA MENDES

CAPACIDADE DE CAMPO: 125 mm

meses	2 TEMP.	3 EP NÃO CORRIG.	4 CORR.	5 EP	6 P	7 P-EP	8 NEG. ACUM.	9 ARM	10 ALT	11 ER	12 DEF	13 EXC
JAN	22.9	3.6	34.5	124	304	+180	0	125	0	124	0	180
FEV	24.2	3.9	30.0	117	245	+128	0	125	0	117	0	128
MAR	19.7	2.8	31.5	88	82	- 6	- 6	119	- 6	88	0	0
ABR	20.5	3.0	29.1	87	74	- 13	- 19	106	- 13	87	0	0
MAI	13.7	1.6	28.5	46	64	+ 18	- 1	124	18	46	0	0
JUN	15.8	2.0	27.0	54	21	- 33	- 34	94	- 30	51	3	0
JUL	15.2	1.8	28.2	51	33	- 18	- 52	82	- 12	45	6	0
AGO	14.2	1.6	29.4	47	17	- 30	- 82	64	- 18	35	12	0
SET	14.5	1.7	30.0	51	41	- 10	- 92	59	- 5	46	5	0
OUT	16.9	2.2	32.7	72	159	+ 87	0	125	66	72	0	21
NOV	18.0	2.4	33.0	79	238	+159	0	125	0	79	0	159
DEZ	19.4	2.6	34.8	91	170	+ 79	0	125	0	91	0	79
ANO	17.9	-	-	907	1448	541	-	-	0	881	26	567

PERÍODO: 1974

meses	2 TEMP.	3 EP NÃO CORRIG.	4 CORR.	5 EP	6 P	7 P-EP	8 NEG. ACUM.	9 ARM	10 ALT	11 ER	12 DEF	13 EXC
JAN	20.9	3.1	34.5	107	200	+ 93	0	125	0	107	0	93
FEV	20.9	3.1	30.0	93	75	- 18	- 18	107	- 18	93	0	0
MAR	21.0	3.1	31.5	98	183	+ 85	0	125	18	98	0	67
ABR	17.8	2.4	29.1	70	107	+ 37	0	125	0	70	0	37
MAI	16.1	2.0	28.5	57	30	- 27	- 27	100	- 25	55	2	0
JUN	13.9	1.6	27.0	43	80	+ 37	0	125	25	43	0	12
JUL	13.4	1.5	28.2	42	6	- 36	- 36	93	- 32	38	4	0
AGO	14.9	1.8	29.4	53	6	- 47	- 83	63	- 30	36	17	0
SET	15.6	2.0	30.0	60	0	- 60	-143	39	- 24	24	36	0
OUT	17.7	2.4	32.7	79	91	+ 12	-111	51	12	79	0	0
NOV	18.5	2.5	33.0	83	100	+ 17	- 75	68	17	83	0	0
DEZ	19.4	2.6	34.8	91	360	+269	0	125	57	91	0	212
ANO	17.5	-	-	876	1238	362	-	-	0	817	59	421

TABELA 39

BALANÇO HÍDRICO MENSAL

latitude: 22° 17'
 longitude: 42° 39'
 altitude: 1019 m

PERÍODO: 1976

ESTAÇÃO: FAZENDA MENDES

CAPACIDADE DE CAMPO: 125 mm

meses	2 TEMP.	3 EP NÃO CORRIG.	4 CORR.	5 EP	6 P	7 P-EP	8 NEG. ACUM.	9 APM	10 ALT	11 ER	12 DEF	13 EXC
JAN	22.3	3.3	34.5	114	311	+197	0	125	0	114	0	197
FEV	20.2	2.8	30.0	84	224	+140	0	125	0	84	0	140
MAR	19.6	2.8	31.5	88	173	+ 85	0	125	0	88	0	85
ABR	18.6	2.6	29.1	76	13	- 63	- 63	74	- 51	64	12	0
MAI	16.2	2.0	28.5	57	81	+ 24	- 30	98	24	57	0	0
JUN	14.2	1.6	27.0	43	61	+ 18	- 9	116	18	43	0	0
JUL	13.7	1.6	28.2	45	71	+ 26	0	125	9	45	0	17
AGO	15.1	1.8	29.4	53	65	+ 12	0	125	0	53	0	12
SET	15.5	1.9	30.0	57	229	+172	0	125	0	57	0	172
OUT	16.8	2.2	32.7	72	171	+ 99	0	125	0	72	0	99
NOV	18.2	2.4	33.0	79	169	+ 90	0	125	0	79	0	90
DEZ	20.3	2.8	34.8	97	280	+183	0	125	0	97	0	183
ANO	17.7	-	-	865	1848	983	-	-	0	853	12	995

PERÍODO: 1977

meses	2 TEMP.	3 EP NÃO CORRIG.	4 CORR.	5 EP	6 P	7 P-EP	8 NEG. ACUM.	9 APM	10 ALT	11 ER	12 DEF	13 EXC
JAN	21.7	3.3	34.5	114	375	+261	0	125	0	114	0	261
FEV	22.2	3.3	30.0	99	13	- 86	- 86	62	- 63	76	23	0
MAR	20.6	3.1	31.5	98	91	- 7	- 93	58	- 4	95	3	0
ABR	18.3	2.4	29.1	70	43	- 27	-120	47	- 11	54	16	0
MAI	15.3	1.8	28.5	51	40	- 11	-131	43	- 4	44	7	0
JUN	14.1	1.6	27.0	43	39	- 4	-135	41	- 2	41	2	0
JUL	13.3	1.5	28.2	42	44	+ 2	-131	43	2	42	0	0
AGO	18.5	2.5	29.4	74	3	- 71	-202	24	- 19	22	52	0
SET	17.3	2.2	30.0	66	111	+ 45	- 73	69	45	66	0	0
OUT	19.0	2.6	32.7	85	42	- 43	-116	49	- 20	62	23	0
NOV	19.1	2.6	33.0	86	241	+155	0	125	76	86	0	79
DEZ	18.9	2.6	34.8	91	274	+183	0	125	0	91	0	183
ANO	18.2	-	-	919	1316	397	-	-	0	793	126	523

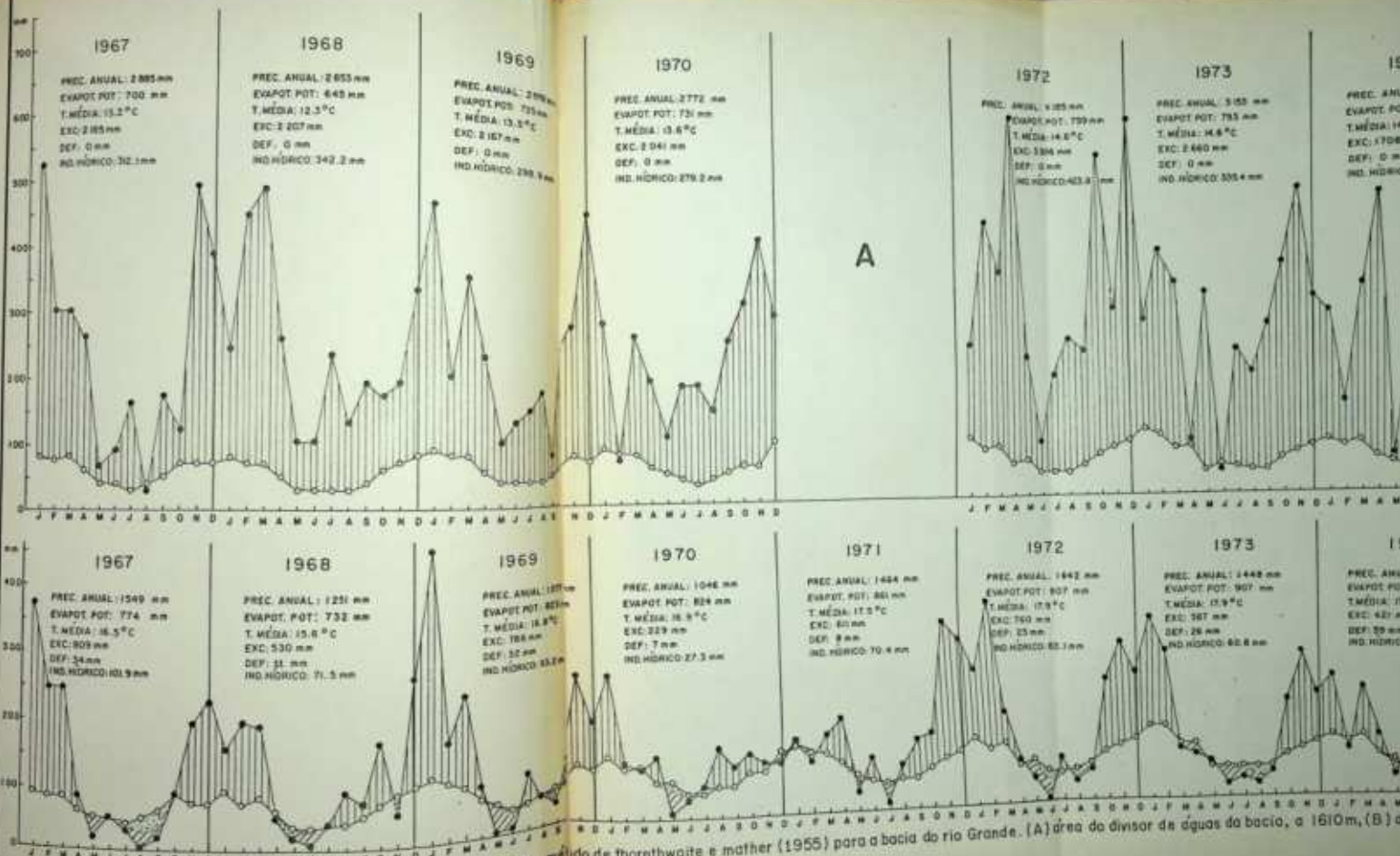
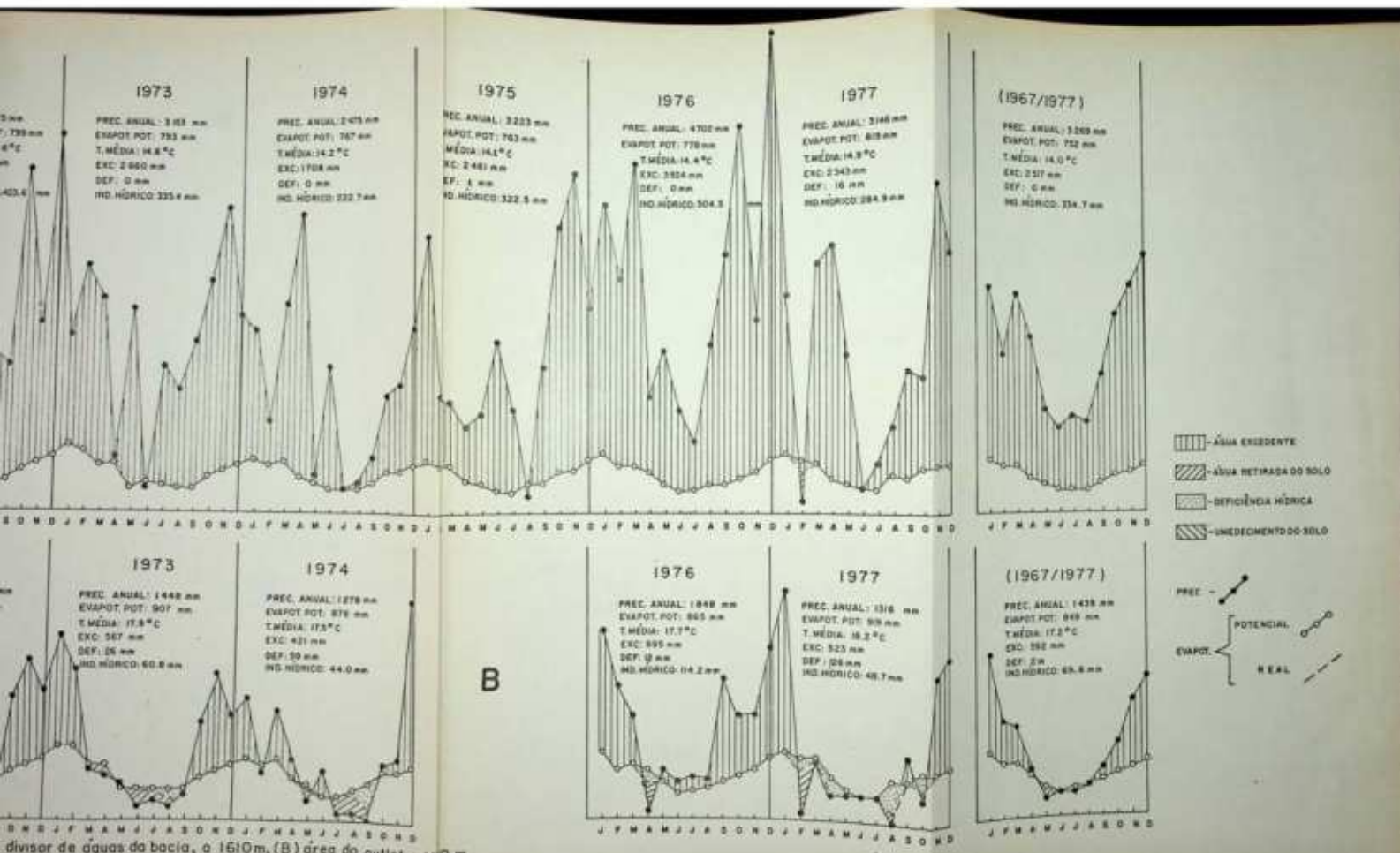


FIGURA 42 - Representação gráfica do balanço hídrico segundo o método de Thornthwaite e Mather (1955) para a bacia do rio Grande. (A) área do divisor de águas da bacia, a 1610m, (B) área do outlet a 109m.



divisor de águas da bacia, a 1610m, (B) área do outlet a 109m.

Nesta área, os valores de evapotranspiração real mensal muitas vezes superam os valores de precipitação, principalmente no período de maio a setembro. Esses elevados valores de evapotranspiração real geram deficiência de água para esta estação.

Nas proximidades dos divisores da bacia a temperatura média anual do período teve valores mais baixos, entre 12.3 e 14.9°C, enquanto os valores de precipitação total anual passaram para uma faixa entre 2475 mm (1974) e 4702 mm (1976).

Os valores de evapotranspiração real mensal é, com frequência, nesta área, igual aos de evapotranspiração potencial e menor que a quantidade de água precipitada. Ela tem valores mais elevados no verão, decrecendo no inverno. A figura 42 A mostra que os valores de evapotranspiração real seguem um comportamento regular.

Nas duas áreas, a evapotranspiração real anual é sempre inferior à precipitação, estando seus valores entre 645 mm (1968) e 803 mm (1977) nas proximidades dos divisores e entre 721 mm (1968) e 882 mm (1972) na área do outlet.

Nas proximidades do outlet o solo apresentou valores de armazenamento mensal de água entre 24 a 125 mm, correspondendo este valor à capacidade de campo do solo da região. Nesta área, os baixos valores de armazenamento mensal correspondem aos meses em que a evapotranspiração real, embora com valores reduzidos, supera os valores de precipitação (aproximadamente de maio a setembro). São nesses meses que se verificam as deficiências de água (entre 1 a 52 mm).

O ano de 1977 sobressai entre os demais, apresentando em quase todos os meses deficiência de água no solo. Este ano (1977) apresentou o mais elevado valor de deficiência de água no solo (126 mm), enquanto os outros anos tiveram deficiência total anual entre 7 e 59 mm de água.

Os excedentes mensais de água do solo, nesta área, são inferiores aos da área dos divisores da bacia, não ultrapassando 346 mm. Entre os meses de maio e setembro, registram-se excedentes bem reduzidos, uma vez que nesta época ocorrem as maiores deficiências de água.

Os valores anuais de excedentes de água estão entre 229 mm (1970) e 995 mm (1976).

Nas proximidades dos divisores, o armazenamento mensal do solo é, com muita frequência, igual a 125 mm, que é o valor máximo (capacidade de campo). De todo o período analisado, apenas seis meses registraram valores de armazenamento do solo inferiores a essa capacidade de campo. São os meses de agosto de 1967 (113 mm), fevereiro de 1970 (118 mm), junho de 1973 (122 mm), agosto de 1975 (106 mm), fevereiro de 1977 (70 mm) e junho de 1977 (124 mm).

Nesta área, não se registram deficiências mensais e anuais de água. Para os 11 anos analisados apenas agosto de 1975 apresentou uma deficiência de 1 mm e fevereiro de 1977 um déficit de 16 mm de água no solo.

Os excedentes de água do solo são muito elevados nesta região.

Com exceção de agosto de 1967, fevereiro de 1970, junho de 1973, agosto de 1975, fevereiro e junho de 1977, quando a evapotranspiração real mensal superou os valores de precipitação mensal, todos os outros meses apresenta - ram elevados excedentes de água do solo, atingindo até 705 mm. Esses altos valores tornam-se mais acentuados nos meses de verão (figura 42 A).

Os totais anuais de excedente de água vão de 1708 mm (1974) a 3924 mm (1976).

O cálculo do balanço hídrico emprega dados de temperatura e precipitação que estão relacionados à altitude local. A amplitude altimétrica entre as duas áreas analisadas é acentuada (591 m) sendo a altitude um fator de diferenciação entre os resultados para os balanços hídricos. Ela exerce profunda influência sobre as perdas de água (todas resultantes de evaporação) como também constitui fator importante na determinação da produção do suprimento de água disponível e de umidade do solo.

Os resultados dos balanços hídricos para o período estudado (1967/1977) encontram-se na tabela 40 A,B. Nela sobressai o grande exceden - te de água do solo nas proximidades dos divisores da bacia (tabela 40 A, coluna 13) se comparado com os valores das proximidades do outlet (tabela 40 B, coluna 13). Essas diferenças de excedentes de água entre as duas áreas decorrem, principalmente, do fato de o total de precipitação ser mais elevado no alto curso (3269 mm, no período, contra 1439 mm no outlet). Por outro lado, a temperatura, bem como a evapotranspiração potencial e real, não apresentam acentuadas diferenciações nas duas áreas (coluna 2, 5 e 11 da tabela 40 A,B).

TABELA 40

BALANÇO HÍDRICO MENSAL (A)

latitude: 22°23'

longitude: 42°33'

Período: 1967/1977

ESTAÇÃO: TEODORO DE OLIVEIRA

altitude: 1610 m

CAPACIDADE DE CAMPO: 125 mm

meses	2 TEMP.	3 EP NÃO CORRIG.	4 CORR.	5 EP	6 P	7 P-EP	8 NEG. ACUM.	9 AEM	10 ALT	11 ER	12 DEF	13 EXC
JAN	17.4	2.7	34.5	93	368	275	0	125	0	93	0	275
FEV	17.5	2.7	30.0	81	262	181	0	125	0	81	0	181
MAR	16.5	2.5	31.5	79	363	284	0	125	0	79	0	284
ABR	14.3	2.1	29.1	61	293	232	0	125	0	61	0	232
MAI	11.9	1.6	28.5	46	171	125	0	125	0	46	0	125
JUN	10.8	1.4	27.0	38	137	99	0	125	0	38	0	99
JUL	10.0	1.3	28.2	37	157	120	0	125	0	37	0	120
AGO	11.6	1.5	29.4	44	146	102	0	125	0	44	0	102
SET	12.3	1.7	30.0	51	230	179	0	125	0	51	0	179
OUT	14.1	2.0	32.7	65	333	268	0	125	0	65	0	268
NOV	15.0	2.2	33.0	73	381	308	0	125	0	73	0	308
DEZ	16.1	2.4	34.8	84	428	344	0	125	0	84	0	344
ANO	14.0	-	-	752	3269	2517	-	-	0	752	0	2517

BALANÇO HÍDRICO MENSAL (B)

latitude: 22°17'

longitude: 42°39'

Período: 1967/1977

ESTAÇÃO: FAZENDA MENDES

altitude: 1019 m

CAPACIDADE DE CAMPO: 125 mm

meses	2 TEMP.	3 EP NÃO CORRIG.	4 CORR.	5 EP	6 P	7 P-EP	8 NEG. ACUM.	9 AEM	10 ALT	11 ER	12 DEF	13 EXC
JAN	20.8	3.1	34.5	107	272	165	0	125	0	107	0	165
FEV	20.9	3.1	30.0	93	162	69	0	125	0	93	0	69
MAR	19.9	2.8	31.5	88	152	64	0	125	0	88	0	64
ABR	17.8	2.4	29.1	70	76	6	0	125	0	70	0	6
MAI	15.2	1.8	28.5	51	33	-18	-18	107	-18	51	0	0
JUN	14.1	1.6	27.0	43	39	-4	-22	104	-3	42	1	0
JUL	13.4	1.6	28.2	45	44	-1	-23	103	-1	45	0	0
AGO	14.7	1.7	29.4	50	47	-3	-26	101	-2	49	1	0
SET	15.5	1.9	30.0	57	76	19	-5	120	19	57	0	0
OUT	17.1	2.2	32.7	72	124	52	0	125	5	72	0	47
NOV	18.2	2.4	33.0	79	187	108	0	125	0	79	0	108
DEZ	19.3	2.7	34.8	94	227	133	0	125	0	94	0	133
ANO	17.2	-	-	849	1439	590	-	-	0	847	2	592

Em ambas as áreas analisadas, não se registra deficiência de água (coluna 12).

A tabela 41 apresenta as disponibilidades de água do solo nas duas áreas da bacia, para os anos selecionados. Nela tem-se uma idéia das condições de umidade e deficiência de água no solo em cada mês.

Na área dos divisores da bacia (tabela 41 A), observa-se que predominam elevados valores de excedentes de água mensal (até 564 mm). Na área do outlet da bacia (tabela 41 B), registra-se um maior número de meses com deficiência de água. Destaca-se o ano de 1977 com deficiência de água durante sete meses.

A última coluna desta tabela (A e B) apresenta os resultados anuais médios para as duas regiões da bacia. Através dela podemos reconhecer enormes diferenças nas condições de umidade e deficiência de água para essas regiões (figura 43).

6.2.1 - Índices hídricos e classificação climática

O índice hídrico relaciona os valores anuais de excedente e deficiência de água, assim como a evapotranspiração potencial anual, fornecendo o grau de umidade existente em cada região.

Os resultados para esse índice, ao longo dos 11 anos (1967/1977), encontram-se na tabela a seguir.

A

meses \ anos	anos											1967/77
	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	
JANEIRO	+448	+156	+373	+199		+152	+186	+212	+359	+409	259	+275
FEVEREIRO	+227	+371	+132	118		+366	+303	+ 66	+110	+308	- 16	+181
MARÇO	+225	+403	+275	+190		+281	+268	+260	+103	+499	+273	+284
ABRIL	+206	+205	+172	+138		+564	+ 15	+433	+ 88	+128	+375	+232
MAIO	+ 22	+ 76	+ 56	+ 65		+173	+295	+ 11	+118	+221	+216	+125
JUNHO	+ 52	+ 69	+ 92	+150		+ 46	122	+205	+246	+130	124	+ 99
JULHO	+122	+202	+109	+155		+157	+196	+ 2	+131	+ 78	+ 45	+120
AGOSTO	113	+101	+140	+113		+212	+161	+ 8	- 1	+235	+ 72	+102
SETEMBRO	+107	+144	+ 28	+211		+183	+238	+ 42	+170	+383	+167	+179
OUTUBRO	+ 46	+118	+192	+256		+494	+322	+117	+400	+583	+148	+268
NOVEMBRO	+419	+115	+206	+360		+233	+435	+136	+487	+245	+451	+308
DEZEMBRO	+311	+247	+392	+204		+525	+241	+216	+249	+705	+337	+344

B

meses \ anos	anos											1967/77
	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	
JANEIRO	+280	+ 62	+346	+109	+ 7	+105	+180	+ 93		+197	+261	+165
FEVEREIRO	+153	+114	+ 56	+ 7	- 1	+235	+128	107		+140	- 23	+ 69
MARÇO	+155	+103	+134	116	+ 8	+ 56	119	+ 67		+ 85	- 3	+ 64
ABRIL	+ 15	115	+ 13	+ 28	+ 75	+ 5	106	+ 37		- 12	- 16	+ 6
MAIO	- 1	- 3	- 6	- 7	- 3	- 2	124	- 2		98	- 7	107
JUNHO	104	- 6	- 13	- 7	+ 11	- 15	- 3	+ 12		116	- 2	- 1
JULHO	- 2	81	113	- 10	- 4	94	- 6	- 4		+ 17	43	103
AGOSTO	- 16	+ 3	114	+ 21	118	- 6	- 12	- 17		+ 12	- 52	- 1
SETEMBRO	- 15	+ 26	- 13	+ 28	+ 48	- 2	- 5	- 36		+172	69	120
OUTUBRO	60	+ 90	+ 20	+ 24	+ 56	+ 77	+ 21	51		+ 99	- 23	+ 47
NOVEMBRO	+ 58	- 2	+146	+ 12	+223	+172	+159	68		+ 90	+ 79	+108
DEZEMBRO	+148	+132	+ 71	- 3	+183	+110	+ 79	+212		+183	+183	+133

TABELA 41 - Disponibilidade de água no solo (mm) determinada para os 11 anos estudados (1967/1977) e para as médias do período. (A) área dos divisores de água da bacia. (B) área próxima ao outlet. Os números com sinal positivo indicam os excedentes de água no mês. Os com sinal negativo, as deficiências, e os sem sinal, a quantidade de água existente no solo em forma disponível.

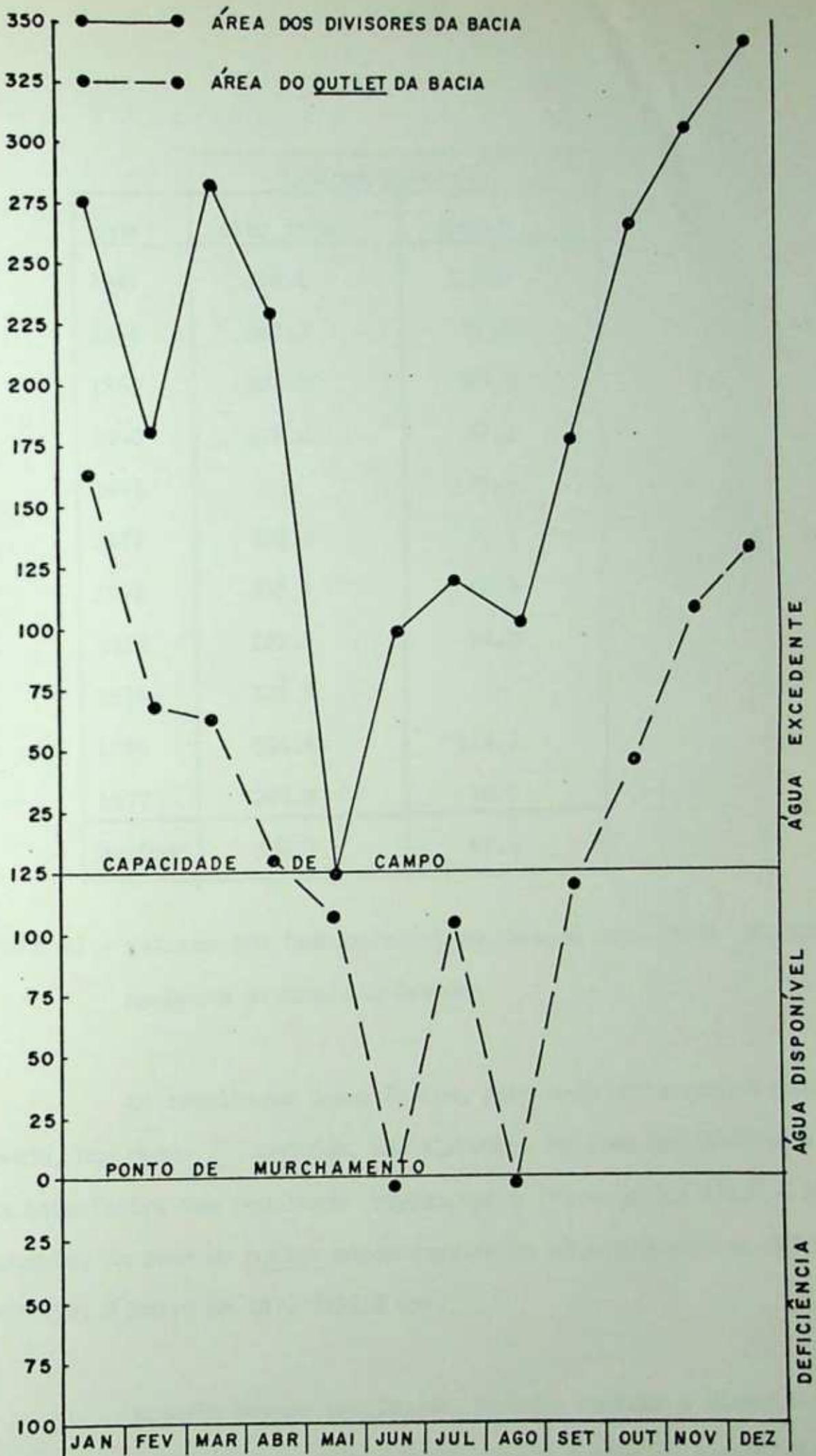


FIGURA 43 - CURSOS ANUAIS DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO SOLO, PARA AS DUAS ÁREAS DA BACIA DO ALTO RIO GRANDE.

anos	Índices hídricos	
	alto curso	outlet
1967	312.1	101.9
1968	342.2	71.5
1969	298.9	93.2
1970	279.2	27.3
1971	-	70.4
1972	423.8	82.1
1973	335.4	60.8
1974	222.7	44.0
1975	322.5	-
1976	504.4	114.2
1977	284.9	48.7
Período	334.7	69.6

TABELA 42 - Valores dos índices hídricos para as duas áreas analisadas ,
na bacia do alto rio Grande

Os resultados desse índice, para cada ano e para o período analisado, nas duas regiões, são elevados. Na área dos divisores da bacia este índice tem resultados superiores a 200 mm (entre 222.7 e 504.4 mm) enquanto, na área do outlet esses resultados só ultrapassaram 100 mm em 1967 (101.9 mm) e em 1976 (114.2 mm).

Através desses resultados, podemos indicar a classificação do clima segundo Thorthwaite. Ele é ÚMIDO para a região do outlet (índice hídrico entre 20 e 100 mm) chegando a SUPERÚMIDO na região dos divisores (índice hídrico superior a 100 mm).

A evapotranspiração potencial, sendo uma função direta da temperatura, estima também a condição térmica local (tabela 43). Através dos resultados encontrados pode-se considerar a eficiência térmica da região como MESOTÉRMICA (EP entre 570 e 1140 mm).

anos	evapotranspiração potencial	
	alto curso	<u>outlet</u>
1967	700	774
1968	645	732
1969	725	823
1970	731	824
1971	-	861
1972	799	907
1973	793	907
1974	767	876
1975	763	-
1976	777	865
1977	819	919

TABELA 43 - Evapotranspiração potencial para as duas áreas da bacia do alto rio Grande

6.3 - Conclusões

As características do escoamento de bacias hidrográficas são largamente consideradas nos projetos de planejamento e obras hidráulicas. Dentre eles destacam-se a regularização de cursos d'água e controle de inundações, controle de erosão e aproveitamento hidroelétrico.

Diferentes campos científicos (Meteorologia, Hidrologia, Geografia, Agronomia etc) interessam-se pelo conhecimento da perda d'água de uma superfície natural, objetivando suas aplicações às diversas atividades humanas. Essas perdas de água do solo são fornecidas pelo balanço hídrico e têm imediata aplicação em planejamento agrícola bem como no estudo da viabilidade e adaptabilidade das culturas.

Os resultados das características fluviométricas, bem como dos balanços hídricos calculados para o rio Grande e apresentados neste capítulo, levam-nos a enunciar as seguintes considerações:

- a) A variação da altura média mensal das águas do alto rio Grande acompanha as estações climáticas, apresentando um período de elevação das águas no verão e um período de águas baixas no inverno.
- b) Para todo o período observado a altura média anual das águas indicou predominar baixas cotas durante o ano. As alturas máximas e mínimas das águas mostraram certa tendência e aumentar seus valores nos últimos dez anos estudados.
- c) Para os anos de 1955, 1962 e 1967, os fluviogramas mostraram um comportamento das águas bastante irregular, refletindo respostas imediatas às precipitações, bem como denotando certa impermeabilidade do terreno.
- d) As descargas, obtidas em função das cotas fluviométricas, apresentam baixos valores para o rio Grande.

e) Os balanços hídricos calculados para as duas áreas da ba
cia de drenagem (divisores e outlet) indicaram serem estas
áreas bem distintas. Em ambas, não se verifica deficiência
da água no solo, podendo ser utilizado para um grande núme
ro de culturas. Entretanto, certos cuidados devem ser toma
dos pois a região dos divisores apresenta elevados índices
hídricos e altos excedentes de água no solo que podem provo
car lixiviação e erosão.

7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia do alto rio Grande possui extensa área plana, oferecendo certo interesse ao homem, pois nela há terra fértil, água abundante com possibilidades para a expansão da agricultura além de bom sítio para o crescimento de núcleo urbano. Atualmente, a área está em crescente desenvolvimento agrícola, sendo hoje uma das áreas fornecedores de produtos hortigranjeiros ao Grande Rio. Um melhor conhecimento do comportamento das águas do rio é útil no planejamento da ocupação da bacia, como também possibilita a prevenção de enchentes, evitando assim a repetição de desastres.

Maior atenção deve ser dada à tendência de as águas do rio apresentarem um ligeiro aumento anual, como foi verificado nos últimos dez anos estudados (1963/1973) bem como de o rio responder, de imediato, às precipitações. Os desmatamentos constantes, para dar lugar à agricultura, fazem com que diminua cada vez mais a água retirada pelo solo escoando diretamente para a calha fluvial. Uma alerta deve ser dado aos elevados excedentes de água no solo, verificados para as proximidades dos divisores da bacia. Se determinados cuidados não forem tomados agora, é provável repetirem-se novas enchentes como a que se verificou em janeiro de 1978.

Como o Jornal do Brasil (22/01/1978) ressaltou, esta área foi atingida por fortes aguaceiros, cujas chuvas ocasionaram a cheia do rio e graves problemas para a região.

Toma-se importante que, no estágio de ocupação e uso em que se encontra a bacia de drenagem, se dedique especial atenção ao planejamento do uso do solo, reservando as áreas íngremes para florestas permanentes,

através de uma orientação governamental pois até alguns agricultores já estão conscientes do problema. Para o agricultor Osvandil Pereira da Silva (JB, 22/1/1978) a principal causa dos problemas é que "o rio Grande, que abrange grande parte da área de plantio de Nova Friburgo, é muito sinuoso e, com qualquer chuva alaga tudo, destruindo a plantação". Os agricultores entrevistados afirmam que isto acontecerá vários anos e que "agora os estragos não são grandes porque, por prevenção, não se planta nada perto do rio, apesar de ser a melhor terra que se tem por aqui".

Foram ainda sugeridas, como causa dos problemas de enchente os desmatamentos, o longo espaço de tempo entre a abertura das estradas e a conclusão das obras bem como a pouca orientação dos agricultores principalmente na classificação e padronização dos produtos.

Medidas preventivas podem ainda ser tomadas, se houver um planejamento territorial. Tais medidas referem-se a restringir a ocupação em zonas instáveis como as confluências dos rios, manter desocupado o limite de 15 m de margem do rio, referidos no Código de Águas, proibir construções nas áreas próximas às baixas alturas do rio, pois elas não oferecem segurança contra as cheias, controlar a erosão por meio de medidas especiais de restrição do uso do solo.

Como soluções corretivas, tendo em vista as condições físicas do canal, pode-se indicar o aumento da capacidade da calha fluvial por dragagem, melhorando a declividade longitudinal.

No que se refere à utilização das águas da bacia, concluímos que para as condições de navegação ela só é permitida a pequenas embarca

ções e restringida à parte do canal de 4a. e 5a. ordem de hierarquia. Neste trecho, de 17 km de extensão, a declividade é de 1.3m/km, não apresentando saltos e cachoeiras. Melhoramentos para o desenvolvimento deste tipo de transporte não traz grandes benefícios à área que conta com boa rede de rodovias.

Sendo um rio de baixo volume de água e de pequena declividade suas águas não oferecem condições de aproveitamento hidrelétrico. A aplicação básica de suas áreas está voltada para a irrigação e para captação, visando a utilização nos centros ribeirinhos tanto para fins de abastecimento, após tratamento, como para as futuras indústrias que aí venham a se localizar.

Esperamos que, partindo deste estudo, outros possam ser desenvolvidos, empregando maior quantidade e variedade de dados principalmente no que se refere à parte de transporte de sedimentos pelo rio e processos erosivos da bacia que aqui, por motivos alheios a nossa vontade, foram omitidos.

8-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER. (1958) Morfologia da região de Nova Friburgo. Associação dos Geógrafos Brasileiros Volume V, Tomo II pp 81-102.
- BANDALISE, L.A.; RIBEIRO, J.H.; FERRARI, P.G. (1976) Relatório final nº 590 - Projeto Vale do Paraíba do Sul - DNPM-CPRM.
- BERNARDES, L.M.C. (1951) Os tipos de clima do Brasil. Boletim Geográfico ano IX, nº 105 - pp. 988-997.
- BERNANDES, N. (1949) Notas para o estudo do clima de Nova Friburgo. Boletim da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Regional do Rio de Janeiro, ano II nº 4 pp. 16-25.
- BIGARELLA, J.J. e ANDRADE, G.O. (1964) Contribution to the study of Brazilian Quaternary (inédito).
- _____ ; MOUSINHO, M.R.; SILVA, J.X. (1965) Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. Bol. Paran. Geog., Curitiba 16/17 pp. 117-151.
- _____ (1978) A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná. Curitiba. 248 pp.
- BIROT, P. (1959). Esboço morfológico da região litorânea do Estado do Rio de Janeiro: Notícia Geomorfológica nº 3, Universidade Campinas, S.P.1-9.

BLOOM, A.L. (1970) Superfície da terra - Editora Edgard Blücher Ltda, Editora da Universidade de São Paulo - São Paulo.

BONINI, E.E.; BONINI, S. E. (1972) Estatística - Teoria e exercícios. Editora "L.P.M." - São Paulo.

CAMARGO, A. PAES DE (1960) O Balanço hídrico no Estado de São Paulo - Campinas. Instituto Agronômico Boletim nº 116.

CHORLEY, R.J. (1975) Introduction to fluvial processes University Paperbacks - Methuen & Co Ltd - 218 pp.

CHRISTOFOLETTI, A. (1974) Geomorfologia - Editora Edgard Blücher Ltda, Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____ ; FILHO, A.P. (1975) Estudo comparativo entre a documentação cartográfica (1:50 000) e a aerofotográfica (1:25 000) para a análise da drenagem. Not. Geomorf., Campinas, 15(30) pp. 55-64.

COMISSÃO DE SOLOS (1958) Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio de Janeiro e Distrito Federal. Ministério da Agricultura, Boletim do Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, nº 11.

CUNHA, S.B.; MACHADO, M.B.; MEIS, M.R.M. (1975) Drainage basin morphometry on deeply weathered bedrocks. Z. f. Geomorph. N.F. 19: 125-139.

DE MARTONNE, E. (1943) Problemas morfológicos do Brasil Tropical Atlântico - 1ª art. Rev. Bras. Geog. ano V, nº 4, pp. 523-551.

- _____ (1944) Problemas morfológicos do Brasil Tropical Atlântico -
29 art. Rev. Bras. Geog. ano IV, nº 2, pp. 155-178.
- DOORNKAMP, J.C. e KING, C.A.M. (1971) Numerical analysis in geomorphology:
an introduction. Edward Arnold, Londres, Inglaterra.
- DRUMMOND, A.A. (1970) Introdução à Estatística - Momentos - Índices de
Pearson - Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Mi-
nas Gerais (circulação interna) - Minas Gerais.
- EASTERBROOK, D.J. (1969) Principles of Geomorphology. McGraw-Hill Book
Company.
- FOLK, R.L.; WARD, W.C. (1957) Brazos river bar: A study in the significan-
ce of grain size parameters. Journal of Sed. Petrol., 27: 3-27.
- FREITAS, R.O. de (1951) Ensaio sobre o relevo tectônico do Brasil. Rev. Bra-
Geog. ano XIII, nº 2, pp. 171-222, RJ.
- GANDOLFI, N. (1971) Análise morfométrica de drenagem na bacia do rio Mogi-
Guassu. Not. Geomorf. 11: 23-40.
- GHOSE, B.; PANDEY, S.; SINGH, S.; GHESA, L. (1967) Quantitative Geomorpho-
logy of the drainage basins in the central Lund basin in western Rajas-
than. Z. f. Geomorph. N.F. 11: 146-160.
- GRABOIS, J. (1963) Interpretação geográfica dos fenômenos hidrológicos na
bacia do alto e médio rio Preto - Rev. Bras. Geog. nº 1, ano XXV.

HORTON, R.E. (1945) Erosional development of streams and their drainage basin: hydrophysical approach to quantitative morphology: Geol. Soc. Amer. Bull. 56: 275-370.

HOWARD, A.D. (1967) Drainage analysis in geologic interpretation: a summation: The American Association of Petroleum Geologists Bulletin v. 51 nº 11 pp. 2246-2259.

HUECK, K. (1972) As florestas da América do Sul. Editora da Universidade de Brasília, Editora Polígono S.A. - São Paulo.

KELLER, E. (1958) A zona rural de Nova Friburgo. Anais da Associação dos Geógrafos Brasileiros - vol. V, tomo II.

LEOPOLD, L.B.; MADDOCK, T. Jr. (1953) The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications: U.S. Geol. Survey Prof. Paper 252.

_____ ; WOLMAN, M.G.; MILLER, J.P. (1964) Fluvial processes in geomorphology. W.H. Freeman and Company. San Francisco USA, 522 pp.

LINDGREN, C.E. (1973) Análise de dados em planejamento urbano e regional - COPPE/UFRJ.

MENDES, J.C.; BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R. (1972) Estratigrafia e Sedimentologia, Geologia Estrutural, Aerofotogeologia, Ministério da Educação e Cultura. Instituto Nacional do Livro.

MORISAWA, M.E. (1957) Accuracy of determination of stream lengths from topographic maps. Am. Geophys. Union Trans. 38, 86-8.

_____ (1968) Streams, their dynamics and morphology: Earth and planetary science series - McGraw-Hill Book Company 175 pp.

PINTO, N.L.S.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A. (1973) Hidrologia de superfície. Editora Edgard Blücher, Curitiba, Centro de Estudos e Pesquisas de Hidráulica e Hidrologia da Universidade Federal do Paraná.

RELATÓRIO DA CENPLAN (1974) - Turismo no Estado do Rio de Janeiro.

RELATÓRIO DNPVN - Vias navegáveis interiores do Brasil- (8) estudo geral- Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis, Diretoria de Vias Navegáveis.

RHUE, R.V. (1975) Geomorphology, geomorphic processes and surficial geology - Houghton Mifflin Company, Boston USA - 246 pp.

RIBEIRO FILHO, L. (1948) Caracteres físicos e geológicos da bacia do Paraíba. Div. Geol. Min. Bol. 127, 55 pp. Rio de Janeiro, D.F.

RIZZINI (1954) Flora omanensis. Arg. Jard. Bot. RJ. XIII.

ROSIER, G.F. (1965) Pesquisas geológicas na parte oriental do Estado do Rio de Janeiro e na parte vizinha do Estado de Minas Gerais. Div. Geol. Min. Bol. nº 222, 40 pp. Rio de Janeiro.

- RUELLAN, F. (1944) Evolução geomorfológica da Baía de Guanabara. Rev. Bras. Geogr. Ano VI, nº 4, pp. 445-509, RJ.
- SCHEIDEGGER, A.E. (1965) The algebra of stream order numbers. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 525 - B, 187-9.
- SCHUMM, A.S. (1956) Evolution of drainage systems and slopes in bedlands at Perth Amboy, New Jersey: Bulletin of the Geological Society of America v. 67, pp. 597-646.
- SHREVE, R.L. (1966) Statistical law of stream numbers: Journ. Geol. v.74, pp. 17-37.
- SILVA, J.X. (1974) Ambientes e sistemas - introdução à pesquisa - Instituto de Geociências - UFRJ.
- SMITH, K. (1950) Standards for grading texture of erosional topography. Amer. Journal of Science v. 248, pp. 655-668.
- SPIEGEL, M.R. (1971) Estatística - Editora McGraw-Hill do Brasil, Ltda -RJ.
- STRAHLER, A.N. (1957) Quantitative analysis of watershed geomorphology: Trans. Am. Geophys. Union v.38, pp. 913-920.
- TARIFA, T.R. (1970) Estudo preliminar das possibilidades agrícolas de Presidente Prudente, segundo balanço hídrico de Thornthwaite 1948-1955. Boletim Geográfico nº 217 ano 29, Rio de Janeiro - IBGE.

TEXTO EXPLICATIVO (1977) Mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro baseado em imagens MSS do Satélite Landsat-1 - Departamento de Recursos Minerais INPE.

THORNTHWAITE, C.W. e MATHER, J.T. (1951) The role of evapotranspiration in climate seabook - John Hospkins laboratory of climatology, s.d. separata de Arch. Met. Wien, (3).

VELOSO, H.P. (1945) As comunidades e as estações botânicas de Teresópolis, Estado do Rio de Janeiro. Boletim do Museu Nacional - Botânica nº 3.

VEITER, D. (1976) Introdução ao SPSS (The statistical package for the social sciences). Rio de Janeiro, Brasil, Programa de Planejamento Urbano e Regional. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro (datilografado).

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. (1975) Hidrologia aplicada. Editora McGraw-Hill do Brasil, Ltda, 245 pp.

WISLER, C.O., BRATER, E.F. (1964) Hidrologia. Ao Livro Técnico S.A. 484 p.

WILLIAMS, R.C. (1964) Sedimentation in three small forested drainage basins in the alsea river basin, Oregon. U.S.G.S. Circular, 490. 1-16.

1975 - Traçado da curva de calibragem de estações fluviométricas - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (datilografado).