

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRO-REITORIA PARA ASSUNTOS DO INTERIOR
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

ESTÁGIO SUPERVISIONADO

DETERMINAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE BACIAS
HIDROGRÁFICAS DA PARAÍBA,
COM VISTA A SUA UTILIZAÇÃO EM MODELOS MATEMÁTICOS

- RELATÓRIO -

POR

PAULO DA COSTA MEDEIROS

MAT.: 89.1-1236/8

ORIENTADOR E SUPERVISOR

Prof. RAIMUNDO SÉRGIO SANTOS GÓIS

Campina Grande, Janeiro/1995



Biblioteca Setorial do CDSA. Maio de 2021.

Sumé - PB

Aos meus Pais

ÍNDICE

1.0 - Apresentação	1
2.0 - Introdução	2
3.0 - A área do estudo	3
4.0 - Metodologia	5
4.1 - Delimitação	5
4.2 - Área da bacia	6
4.3 - Perímetro da bacia	6
4.4 - Forma da bacia	6
4.2.1 - Coeficiente de Compacidade	7
4.2.2 - Fator de Forma	7
4.5 - Sistemas de Drenagem	8
4.5.1 - Ordem dos Cursos D'Água	8
4.5.2 - Densidade de Drenagem	9
4.6 - Rio Principal	9
5.0 - Resultados Obtidos	12
6.0 - Análise dos Resultados	16
7.0 - Bibliografia	18
8.0 - Agradecimentos	19

1.0 - Apresentação

O presente relatório, refere-se as atividades de Estágio Supervisionado realizadas para a " DETERMINAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DA PARAÍBA, COM VISTA EM MODELOS MATEMÁTICOS ", fazendo parte de um projeto de pesquisa que tem como objetivo a utilização de características fisiográficas e hidrometeorológicas na determinação de parâmetros de modelos, e sua regionalização em bacias hidrográficas do Estado da Paraíba. Para este trabalho foram estudadas as Bacias Emas e São José de Piranhas.

Este trabalho teve início em setembro de 1994 no âmbito do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica do CNPq sob orientação do professor Raimundo Sérgio Santos Góis, da Área de Recursos Hídricos - Departamento de Engenharia Civil do Centro de Ciência e Tecnologia da UFPB - Campus II.

2.0 - Introdução

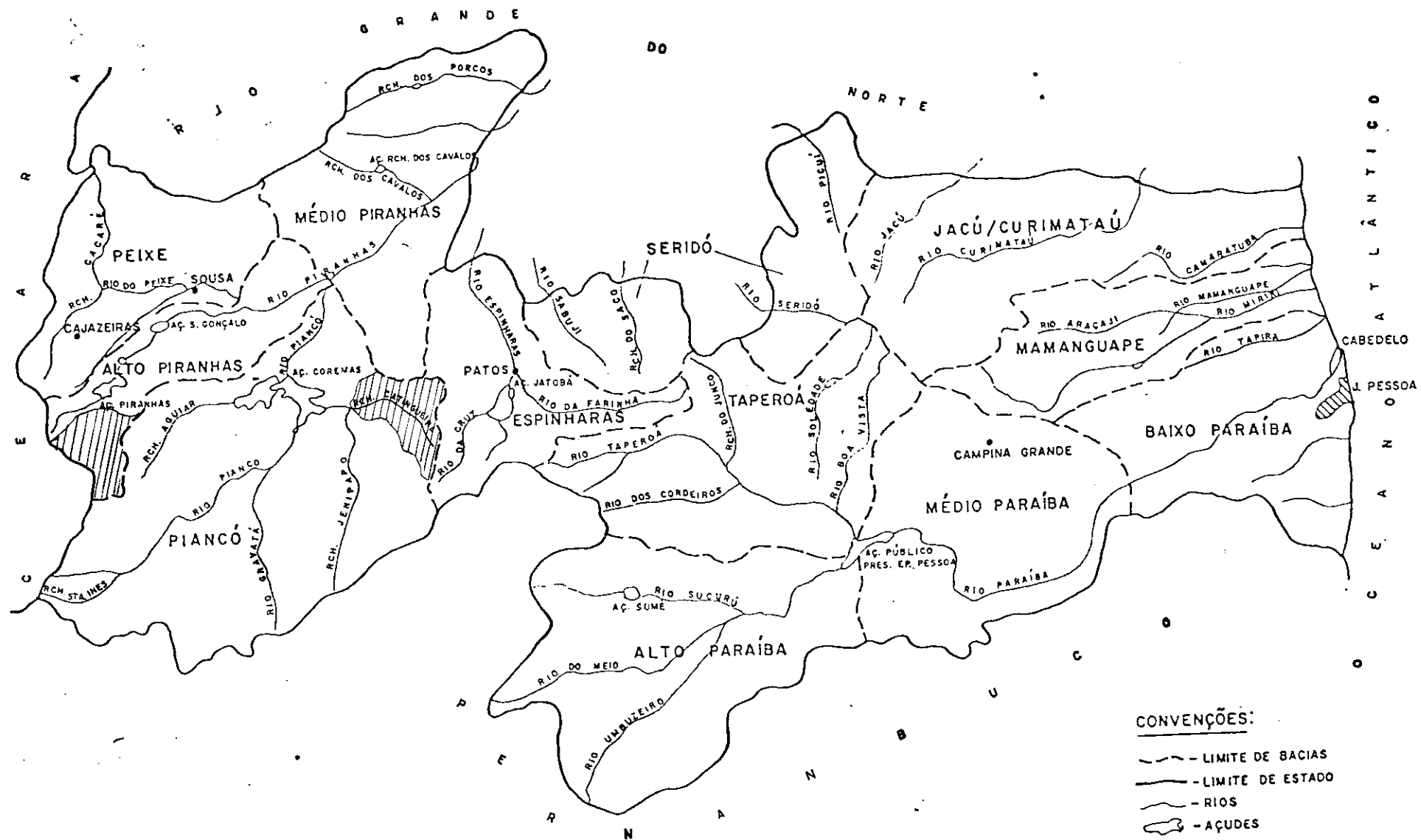
O ciclo hidrológico descreve o movimento completo da água entre a atmosfera, a superfície e as massas d'água do globo. Temos então a importância da ciência hidrológica como o estudo que trata da água na terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas, e suas reações com o meio ambiente, incluindo suas relações com a vida.

As características físicas de uma bacia hidrográficas, são elementos de grande importância em seu comportamento hidrológico, sendo de expressiva utilidade prática o conhecimento destes elementos, pois ao estabelecer relações e comparações entre eles e os dados conhecidos, pode-se determinar indiretamente os valores hidrológicos em secções ou locais de interesse, nos quais faltem dados ou em regiões onde, por fatores de ordem física ou econômica, não seja possível a instalação de estações hidrométricas. Pode-se dizer que estes elementos físicos constituem a mais conveniente possibilidade de se conhecer a variação no espaço dos elementos do regime hidrológicos.

Com um minucioso estudo de uma determinada região, observando os fenômenos hidrológicos peculiares, e a partir dos dados observados pode-se caracterizar e prever seu comportamento e é possível uma análise que nos traga soluções bastante significativas no planejamento de uma melhor utilização da água para o abastecimento das cidades, irrigação, etc.

3.0 - A área de estudo

As duas bacias hidrográficas estudadas localizam-se no sertão paraibano, sendo Emas situada entre as latitudes $07^{\circ}09'$ - $07^{\circ}16'$ e as longitudes $37^{\circ}28'$ - $37^{\circ}46'$, e São José de Piranhas entre $07^{\circ}09'$ - $07^{\circ}21'$ de latitude, e $38^{\circ}23'$ - $38^{\circ}41'$ de longitude (ver mapa).



4.0 - Metodologia

4.1 - Delimitação

A delimitação das bacias hidrográficas teve como ponto inicial a secção da estação fluviométrica. A área delimitada corresponde àquela através da qual parte das águas precipitadas sobre a bacia contribui para aquela secção. Esta delimitação teve como base parte das águas precipitadas sobre a bacia para o exutório e as curvas de nível, através das quais se identifica os divisores de água do terreno que cobre a área da bacia de contribuição.

A partir de um ponto conhecido que possui uma estação de medição, no caso fluviométricas do DNAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica - órgão que gerencia a rede hidrométrica de dados do Brasil), determinamos as secções de controle para cada bacia em estudo.

Com a obtenção dos dados das bacias acima, verificamos as cartografias existentes sobre a região através do mapa ÍNDICE, onde cada mapa é numerado segundo uma convenção.

4.2 - Área da bacia

A área da bacia hidrográfica é aquela definida pelos divisores de águas, que fluem para o exutório. A sua magnitude foi obtida utilizando-se o planímetro, aparelho que é apropriado para medir áreas. A Área é uma grandeza muito importante, pois o volume de água produzido é diretamente proporcional ao tamanho da área, isto é quanto maior a área maior o volume produzido. As áreas foram expressas em Km².

4.3 - Perímetro da bacia

Sendo o comprimento que descreve a delimitação da bacia, o perímetro é de grande importância, pois obtem-se vários índices físicos utilizando-se esta grandeza. Para a sua determinação utilizamos o curvímetro, aparelho que mede comprimento. O perímetro foi expresso em Km.

4.4 - Forma da Bacia

A importância da forma superficial de uma bacia está relacionada ao tempo de concentração, que é o tempo que leva a água dos limites da bacia para chegar ao seu exutório. Existem vários índices para determinar a forma das bacias, procurando relacioná-las com formas geométricas conhecidas, no nosso trabalho utilizamos dois índices, um se relaciona com o círculo (coeficiente de

compacidade) e o outro com o retângulo (fator de forma).

4.4.1 - Coeficiente de compacidade (Kc)

Também conhecido por índice de Gravelius, é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à bacia.

$$A = \pi * r^2$$

$$r = (A * 3,1416)^{1/2}$$

substituindo-se têm-se:

$$Kc = 0,28 * P / \sqrt{A}$$

onde P e A são respectivamente o perímetro e a área da bacia.

Têm-se que, quanto mais irregular for a bacia, tanto maior será o seu coeficiente de compacidade, a tendência para enchentes é tanto mais acentuada quanto mais próximo da unidade for o valor desse coeficiente.

4.4.2 - Fator de Forma (Kf)

O fator de forma é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia. Mede-se o comprimento da bacia (L)

quando se segue o curso d'água mais longo desde a desembocadura até a cabeceira mais distãnte da bacia. A largura média (L_{med}) é obtida quando se divide a área pelo comprimento da bacia.

$$Kf = L_{med}/L$$

$$\text{Mas, } L_{med} = A/L, \text{ logo}$$

$$Kf = A/L^2$$

O fator de forma constitui outro índice indicativo de maior ou menor tendência para enchentes de uma bacia. Uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes.

4.5 - Sistemas de Drenagem

O sistema de drenagem de uma bacia é constituído pelo rio principal e seus afluentes. O estudo das ramificações do sistema é importante, pois ele indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica.

4.5.1 - Ordem dos Cursos D'Água

A ordem dos rios reflete o grau de ramificação ou bifurcação dentro de uma bacia. Utilizando-se um mapa que contenha todos os canais, quer sejam perenes, intermitentes ou efêmeros e

segundo o critério introduzido por Horton, modificado por Strahler segue-se a classificação da seguinte forma:

Considera-se na primeira ordem as correntes formadoras, quando dois canais de primeira ordem se unem formam um de segunda, e seguindo sucessivamente teremos que: dois rios de ordem n dão lugar a um rio de ordem $n+1$.

4.5.2 - Densidade de Drenagem (Dd)

Este índice indica o grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem, é expresso pela relação entre o comprimento total dos cursos d'água de uma bacia e sua área total.

$$Dd = L_{tot}/A$$

A densidade de drenagem varia inversamente com a extensão do escoamento superficial e, portanto, fornece a eficiência de drenagem de uma bacia.

4.6 - Rio principal

A velocidade de escoamento de um rio depende da declividade dos canais fluviais, quanto maior for a declividade, maior será a velocidade de escoamento.

Definimos a declividade S1, como sendo, a razão entre a diferença total de elevação do leito pela sua respectiva extensão horizontal, ou seja, a declividade entre a foz e a nascente.

Com a declividade S2 teremos um valor mais representativo e racional, definida como sendo a área compreendida entre ela e a abscissa igual a área abaixo da curva do perfil.

Com um retângulo de área equivalente a S2, teremos na base superior do retângulo a altitude média do rio principal, e com o ponto correspondente a 50% dos valores da distância, teremos na ordenada da curva a altitude mediana. Denominamos então a declividade S2 de declividade média.

Outro índice representativo para a declividade do rio principal recebe o nome de declividade equivalente constante, S3, dando uma idéia sobre o tempo de percurso da água ao longo da extensão do perfil longitudinal. Este índice é definido como sendo a média harmônica ponderada da raiz quadrada das declividades dos diversos trechos retilíneos, tomando-se como peso a extensão de cada trecho.

$$\sqrt{S3} = \frac{\sum Li}{\sum (Li/Si)}$$

$$\text{onde: } Si = \sqrt{Di}$$

Di = declividade de cada trecho, logo

$$S3 = \left[\frac{\sum Li}{\sum (Li/\sqrt{Di})} \right]^2$$

Os cálculos foram apresentados na tabelas 1 e 2 para as bacias Emas e São José de Piranhas, respectivamente.

Q (m³/s)	h (m)	Q (m³/s)	h (m)	Q (m³/s)	h (m)
1000	1.000	1000	1.000	1000	1.000
2000	1.400	2000	1.400	2000	1.400
3000	1.700	3000	1.700	3000	1.700
4000	1.900	4000	1.900	4000	1.900
5000	2.100	5000	2.100	5000	2.100
6000	2.250	6000	2.250	6000	2.250
7000	2.400	7000	2.400	7000	2.400
8000	2.550	8000	2.550	8000	2.550
9000	2.700	9000	2.700	9000	2.700
10000	2.850	10000	2.850	10000	2.850

5.0 - Resultados Obtidos

Escala 1:100.000

Bacia do Posto Fluviométrico Emas:

Área	581,30 Km ²
Perímetro	134,50 Km
Comprimento do rio principal (Riacho da Goiabeira) ...	36,00 Km
Comprimento total dos cursos d'água	707,50 Km
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,56
Fator de forma (Kf)	0,45
Densidade de drenagem (Dd)	1,22
Ordem dos cursos d'água	sexta

Rio principal (ver figura 1)

Altitude (m)	Distância (Km)
350	36,0
300	25,0
285	15,5
270	00,0

Altitude mínima	270 m
Altitude mediana	289 m
Altitude média	296 m
Altitude máxima	350 m

Declividades

S1 (entre a foz e a nascente)	0,22 %
S2 (mediana)	0,15 %
S3 (equivalente constante)	0,16 %

Bacia do Posto Fluviométrico Sao Jose de Piranhas:

Área	495,10 Km ²
Perímetro	109,00 Km
Comprimento do rio principal (Rio Piranhas)	42,00 Km
Comprimento total dos cursos d'água	634,00 Km
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,37
Fator de forma (Kf)	0,28
Densidade de drenagem (Dd)	1,28
Ordem dos cursos d'água	quinta

Rio principal (ver figura 2)

Altitude (m)	Distância (Km)
691	42,0
650	41,5
600	39,0
550	21,0
500	14,0
450	11,0
400	10,0
350	05,0
320	00,0

Altitude mínima	320 m
Altitude mediana	550 m
Altitude média	496 m
Altitude máxima	691 m

Declividades

S1 (entre a foz e a nascente)	0,88 %
S2 (mediana)	0,83 %
S3 (equivalente constante)	0,51 %

Escala 1:500.000

Bacia do Posto Fluviométrico Emas:

Área	584,24 Km ²
Perímetro	117,50 Km
Comprimento do rio principal (Riacho da Goiabeira) ...	33,50 Km
Comprimento total dos cursos d'água	202,50 Km
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,36
Fator de forma (Kf)	0,52
Densidade de drenagem (Dd)	0,35
Ordem dos cursos d'água	terceira

Bacia do Posto Fluviométrico Sao Jose de Piranhas:

Área	473,25 Km ²
Perímetro	95,00 Km
Comprimento do rio principal (Rio Piranhas)	35,00 Km
Comprimento total dos cursos d'água	150,00 Km
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,22
Fator de forma (Kf)	0,39
Densidade de drenagem (Dd)	0,32
Ordem dos cursos d'água	terceira

6.0 - Análise dos Resultados

Comparação entre as duas escalas - (1:100.000/1:500.000)

Bacias	S. José de Pir.	Emas
Comprimento do Rio Principal	0,833	0,931
Comprimento total dos cursos d'água	0,237	0,286
Área	0,956	1,005
Perímetro	0,872	0,874
Kf	1,393	1,156
Kc	0,891	0,872
Densidade de drenagem	0,250	0,287

Tabela 3: Relação entre as características nas escalas
1:100.00 e 1:500.000.

Alguns resultados obtidos entre as duas escalas, foram semelhantes. É o caso da área, comprimento do rio principal coeficiente de compacidade, fator de forma e o perímetro cujos resultados tiveram diferenças entre os valores obtidos para as referidas escalas de aproximadamente 10%.

No caso do comprimento total dos cursos d'água, a sua diferença é tão significativa que acarretou diferenças bruscas na densidade de drenagem e na ordem dos cursos d'água. Este fato é evidente pois quanto maior a escala menor a precisão e os

resultados serão mais restritos. Verificamos então que a rede de drenagem será bastante "deficiente" na escala 1:500.000, onde apresenta apenas o rio principal e alguns de seus afluentes.

Com isto analisamos alguns índices físicos com base na escala 1:100.000, onde as informações são mais expressivas.

Para as duas bacias observando o fator de forma e o coeficiente de compacidade, temos que, ambas não são sujeitas a enchentes.

O grau de ramificação da drenagem das duas bacias também são próximos, caracterizados por haver também uma aproximação entre as duas densidades de drenagem. Podemos dizer que as duas bacias apresentam uma densidade média.

7.0 - Bibliografia

Villela, S. M. (1975), Hidrologia Aplicada, São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1975

8.0 - Agradecimentos

Infinitamente sou grato a DEUS por conceder-me força para ter bom êxito em toda minha vida, nos momentos por mais que difíceis e sofridos, ELE esteve ao meu lado, nunca me abandonou. Refletindo bem, pude perceber que toda energia, garra e vontade de vencer vinha do SEU amor.

Em especial ao Professor Raimundo Sérgio Santos Góis, orientador e supervisor do estágio, aos Professores Carlos de Oliveira Galvão e Márcia Maria Rios Ribeiro, ao colega e amigo Eduardo Jorge Diógenes de Lima e demais Professores, Funcionários e Colegas do Laboratório de Hidráulica, que contribuíram direta ou indiretamente por esta realização, onde jamais me negaram apoio e informações necessárias para que pudesse com êxito e dignidade, exercer a profissão que escolhi.