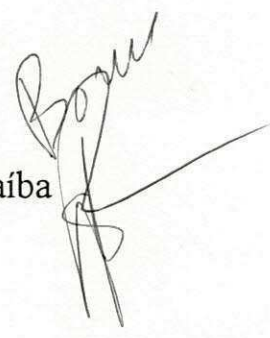


Relatório do Estágio Supervisionado

Análise dos Açudes Monitorados no Estado da Paraíba



Instituição:

Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento

Remoto do Estado da Paraíba - LMRS-PB

Rua Aprígio Veloso 882, Bodogongó.

Campina Grande - PB, telefone (083) 333-2355

Estagiário: Valter Raglan Gonçalves Medeiros

Curso: Engenharia Civil

Matrícula: 901.1258-9

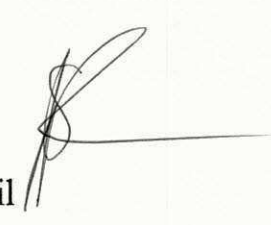
Orientador: Ricardo Pereira da Silva

Engenheiro Hidrólogo - LMRS-PB

Supervisor: Sérgio Góis

Prof. do Departamento de Engenharia Civil

Universidade Federal da Paraíba



Campina Grande

Junho 1995



Biblioteca Setorial do CDSA. Agosto de 2021.

Sumé - PB

# Índice

## Agradecimentos

1- Introdução

2- Objetivos

3- Metodologia

3.1-Monitoramento de Açude

3.1.1- Divisão do Estado em Bacias Hidrográfica

3.1.2- Identificação dos Açudes Monitorados

3.1.3- Alocação dos Açudes dentro de cada Estágio de Monitoramento

3.1.4- Instalação de Réguas Linimétricas

3.1.5- Formação do Banco de Dados

3.1.6- Previsão do Volume Armazenado nos Açudes

3.2- Precipitação Média nas Bacias Hidrográficas

3.2.1- Preenchimento de Falhas

3.2.2- Identificação dos Postos Pluviométricos

3.2.3- Determinação das Áreas de Influência

3.2.4- Cálculo da Precipitação Média Mensal nas Bacias Hidrográficas

3.3- Divulgação dos Resultados

4- Resultados Obtidos

5- Conclusão

6- Bibliografia

Anexos

## AGRADECIMENTOS

A toda equipe de funcionários do LMRS-PB que em todos os momentos colaborou no que estava ao seu alcance, em especial a Iana Daya C. F. Passos, no desenvolvimento dos programas de monitoramento dos açudes e a Guttemberg da Silva Silvino, nas viagens de campo.

Ao meu coordenador de estágio Ricardo Pereira da Silva que se empenhou no desenvolvimento do programa de estágio como também sempre esteve a disposição para me orientar nos momentos de dúvida.

Ao professor Sérgio Góis que se dispôs a ser o supervisor do mesmo.

## 1- Introdução

O aumento das demandas de água nos últimos anos, seja para uso doméstico das populações urbanas, usos industriais, de irrigação, ou diluição de poluentes, não tem sido acompanhado do aumento da oferta de água pelo aproveitamento de novos mananciais ou ampliação dos já existentes. Este fato, associado muitas vezes a problemas de natureza climática, como irregularidades de chuvas, tem gerado escassez e provocado medidas emergenciais de redução na distribuição aos consumidores. Este desequilíbrio entre oferta e demanda na área dos recursos hídricos, tem imposto a necessidade de soluções cada vez mais elaboradas ( Braga,1987).

Com relação ao Semi - Árido Brasileiro, o potencial hídrico desta região por ser bastante deficitário em virtude da má distribuição das chuvas associado a elevados índices de evaporação e temperatura, merece atenção especial no que diz respeito ao melhor aproveitamento possível dos mananciais disponíveis afim de que se possa evitar ao máximo problemas de ordem sociais e econômicas.

O Estado da Paraíba conta com diversos açudes que propiciam o armazenamento da água na estação chuvosa de forma a suprir as demandas ao longo do ano. Neste estado, cuja distribuição de chuvas é muito concentrada em alguns meses do ano, com alta variabilidade tanto espacial quanto de um ano para o outro, o manejo apropriado dos açudes assume importância fundamental para o abastecimento humano e animal e também para a agropecuária (Silva,1994).

Em virtude da necessidade do manejo mais racional das águas armazenadas nos reservatórios, o LMRS-PB (Laboratório de Meteorologia Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto do Estado da Paraíba) assumiu o compromisso de realizar o monitoramento dos açudes do Estado, participando diretamente do Sistema de Informações Gerenciais em Tempo Clima e Recursos Hídricos-SIGTEC.

O SIGTEC começou a ser implantado em 1992 com a criação de núcleos de meteorologia e recursos hídricos em 8 estados do Nordeste do Brasil através de convênios com o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia) e governos estaduais.

Dentro das ações previstas pelo SIGTEC está a criação de um banco de dados hidro-meteorológico. Assim, o LMRS-PB firmou um convênio com a SUDENE, na qual esta instituição repassou a rede pluviométrica para o laboratório que tem função de mantê-lo operando, realizar manutenção periódica, além de processar e armazenar dados. Com relação ao monitoramento dos açudes não houve apoio financeiro por parte do MCT; então, coube a cada núcleo providenciar os recursos para o monitoramento dos açudes. Na Paraíba, o Governo do Estado bancou inteiramente os custos da rede de monitoramento de açudes, onde a partir daí começou-se a por em prática o programa de monitoramento dos açudes.

## 2- Objetivos

### 2.1- Objetivo Geral

Participar da análise da situação dos açudes monitorados pelo LMRS-PB.

### 2.2- Objetivos Específicos

- Monitoramento dos Recursos Hídricos no Estado, verificando a disponibilidade hídrica de cada açude para que o mesmo possa ter um manejo adequado, ou seja, se o açude pode ser usado tanto para a irrigação quanto para o abastecimento humano.

- Simulação de operação dos principais açudes para ter-se uma idéia de como ele irá comportar-se ao longo do ano, principalmente na estação seca.

- Divulgação das informações dos açudes através de boletins mensais às autoridades do Estado o que os auxiliará na tomada de decisões.

### 3- Metodologia

Afim de realizar o monitoramento dos açudes do estado empregou-se a seguinte metodologia:

- 1- dividir o estado em bacias hidrográficas para facilitar o trabalho de monitoramento dos açudes. Isto foi feito tomando-se como base o rio principal e as condições topográficas da região.
- 2- determinar os postos pluviométricos representativos de cada bacia hidrográfica, onde procurou-se aproveitar àqueles anteriormente implantados pela SUDENE.
- 3- implantar o programa de monitoramento de acordo com os recursos oferecidos pelo estado.

#### 3.1-Monitoramento dos Açudes

Para implementar o monitoramento dos açudes foi preciso várias informações sobre os reservatórios da Paraíba como: capacidade, volume morto, curva cota-área-volume e séries históricas de vazões afluentes ao reservatório; o que foram obtidas por intermédio principalmente da CAGEPA, DNOCS e do PBRH/94. De posse destas informações, o Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto da Paraíba - LMRS-PB ficou encarregado deste monitoramento com o intuito de fornecer informações aos tomadores de decisão no nível do Governo Estadual sobre a disponibilidade atual dos reservatórios e um prognóstico sobre a situação futura do volume armazenado destes.

Atualmente, são monitorados 52 açudes nas principais bacias do Estado da Paraíba que são: Piranhas, Paraíba, Jacu, Curimatau e Mamanguape.

### 3.1.1- Divisão do Estado em Bacias Hidrográficas

A importância da utilização da bacia hidrográfica como unidade de estudo dos recursos hídricos se ressalta nos seguintes aspectos: as alterações de qualidade e quantidade da água do rio que define a bacia estão diretamente ligadas às atividades desenvolvidas na mesma, sejam elas agropecuárias, industriais ou abastecimento humano e o monitoramento para prevenir ou solucionar problemas de poluição, salinização ou de conflitos de uso de água só é possível se realizado considerando a bacia do rio em questão.

A seguir tem-se um resumo das principais Bacias Hidrográficas do Estado da Paraíba.

#### Bacia do Piranhas

Maior bacia do estado, estende-se do sertão da Paraíba ao litoral do Rio Grande do Norte. Com área total de cerca de 38.996 Km<sup>2</sup> na Paraíba. Abrange cerca de 40% da área do estado e corta as micro-regiões de Catolé do Rocha, Seridó Paraibano, Sertão de Cajazeiras Depressão do Alto Piranhas e Serra do Teixeira. Os principais rios que definem as sub-bacias mais importantes são: o Seridó, o Sabugi, o Espinharas, o Piancó, o Peixe e o Riacho dos Cavalos. Os principais açudes são o Estevam Marinho (Coremas) no rio Piancó; o Mãe D'Água no rio Aguiar, o Engenheiro Ávidos e o São Gonçalo, no rio Piranhas e o Engenheiro Arcoverde (Condado) no rio Timbaúba, Saco de Nova Olinda e Lagoa do Arroz. Os principais perímetros irrigados são o Condado, o Engenheiro Avidos e o São Gonçalo. As bacias do Peixe, Piancó, Espinharas e Seridó são sub-bacias do Piranhas, pois são afluentes do rio Piranhas.

#### Sub-Bacia do Peixe

O seu curso d'água principal, rio do Peixe, é um dos afluentes do Piranhas. Nasce na Serra do Padre e aflui ao rio Piranhas no município de Sousa. A



existência de indústrias de beneficiamento de agave, de óleo de algodão e mamona, além da agropecuária, comprometem significativamente a qualidade das águas da bacia.

#### Sub-Bacia do Piancó

Esta sub-bacia tem de importante, a presença de dois grandes reservatórios de acumulação, o Mãe D'Água e o Coremas. Além de suas utilizações como fontes de produção de água para diversas cidades da região, trata-se de um rico patrimônio ecológico do estado, o que justifica a adoção de medidas visando a manutenção das boas condições sanitárias existentes.

#### Sub-Bacia do Espinharas

Esta sub-bacia tem como rio principal, o Espinharas, afluente do Piranhas. A utilização dos recursos hídricos desta bacia como mananciais de abastecimento público de diversas cidades da região e a existência de inúmeras fontes de poluição, decorrentes de culturas típicas, requerem um controle sistemático de sua qualidade sanitária.

#### Sub-Bacia do Seridó

Assim são denominados os cursos d'água que formam a cabeceira do rio Seridó dentro do território paraibano. Devido a predominância do clima semi-árido na região, o regime dos seus rios é torrencial, com enchentes na estação das chuvas, secando no estio. As chuvas muitas vezes deficitárias e inconstantes na região, provocam a seca. Os principais rios formadores desta bacia são os rios Sabugi, Picuí e Seridó.

## Bacia do Paraíba

Totalmente inserida no estado da Paraíba, onde estão localizadas as duas principais cidades do estado, João Pessoa e Campina Grande. Tem área de cerca de 21.539 Km<sup>2</sup>, drenando as micro-regiões da Serra de Teixeira, Cariris Velhos, Agreste e Borborema, Baixo Paraíba e Litoral Paraibano. É comum dividi-la em três grandes sub-bacias: o Alto, o Médio Baixo Paraíba e o Taperoá. O Alto Paraíba se estende até os limites dos municípios de São João do Cariri e Barra de São Miguel; o Médio Paraíba vai até os limites dos municípios de Natuba e Salgado de São Félix e o Baixo Paraíba situa-se deste ponto até sua desembocadura no Oceano Atlântico. Os principais afluentes são o Gurinhém, o Ingá, o São Pedro, o Soledade, o Taperoá, o Sucuru e o Monteiro. O Paraíba tem regime intermitente no alto curso, mas é regularizado a partir do meio do curso pelo açude Epitácio Pessoa (Boqueirão) e pela maior taxa de precipitação. Outros açudes de importância são o Poções, o Cordeiro e o Sumé. Apresenta como sub-bacia a Bacia do Taperoá.

### Sub-Bacia do Taperoá

O rio principal desta bacia é o Taperoá, afluente da margem esquerda do rio Paraíba. A existência de açudes destinados ao abastecimento público de diversas cidades da região e a presença de fontes poluidoras, devido principalmente às atividades agropastoris e de beneficiamento de agave requerem um maior controle da qualidade das águas desta bacia.

### Bacia do Jacu

Situa-se no Nordeste do estado e prolonga-se até o litoral do Rio Grande do Norte. Possui cerca de 1.080 Km<sup>2</sup> na Paraíba, dos 5.940 Km<sup>2</sup> totais. Drena parte da micro-região do Curimataú.. É uma bacia bastante aproveitada em pastagens e áreas de cultivo.

### Bacia do Curimataú

Esta bacia também corta os estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. Compreende parte das micro-regiões do Curimataú, Agreste da Borborema e Brejo Paraibano. Possui área total de 5.150 Km<sup>2</sup>, dos quais 4.030 Km<sup>2</sup> em território paraibano. O principal rio é o Curimataú, perene devido ao regime pluviométrico. Possui áreas de pastagens e terras cultivadas em toda a sua extensão.

### Bacia do Mamanguape

Com cerca de 3.727 Km<sup>2</sup>, está completamente localizada na Paraíba. Drena as micro-regiões do Agreste e Borborema, Brejo e Litoral Paraibano. O rio Mamanguape é o principal rio, sendo perene durante todo o ano. É importante manancial para a indústria açucareira da região.

#### 3.1.2- Identificação dos Açudes Monitorados

Para a identificação dos açudes monitorados foram consultados os órgãos usuários dos açudes (CAGEPA, DNOCS, SUPLAN, SRH). Estes órgãos estabeleceram como prioridade para o monitoramento aqueles açudes que possuíssem maior quantidade de volume armazenado no Estado, cuja finalidade era abastecer a população circunvizinha e liberar água para projetos de irrigação. A partir daí procurou-se implementar o programa de monitoramento dos açudes do estado da Paraíba segundo vários estágios descritos a seguir:

#### 3.1.3- Alocação dos Açudes dentro de cada Estágio de Monitoramento

Utilizou-se dividir os açudes dentro de cada estágio como forma de aplicar de maneira mais racional os recursos repassados pelo Estado, reduzindo assim os custos e propiciando futuramente a passagem de determinado açude para um estágio mais avançado.

### Estágio 1

Considerado o estágio mais simples e econômico, no qual dispõe-se apenas da instalação de réguas linimétricas e levantamento batimétrico (caso não se disponha da curva cota - área - volume). Neste estágio, o monitoramento dos açudes ficará bastante restrito, tendo em vista a estimativa de dados de demanda para irrigação e abastecimento.

### Estágio 2

É considerado um estágio mais preciso pois além do método empregado no estágio anterior associa-se aparelhos para medição de vazão das demandas de irrigação e abastecimento.

### Estágio 3

Medem-se a vazão afluente ao açude e a evaporação através de linígrafos e tanques evaporimétricos, além das demais variáveis medidas no estágio 2. Logicamente, este estágio é considerado o mais preciso, em virtude do número de dados medidos.

#### 3.1.4- Instalação de Réguas Linimétricas

A instalação da rede de monitoramento de açudes que começou efetivamente em janeiro de 1994 foi precedida de inspeção nos açudes, realizada pela Associação Técnico Científica Ernesto Luís de Oliveira Júnior- ATECEL, para verificar-se a existência de réguas linimétricas, equipamentos ou estruturas de medição de vazão e seu estado de conservação. Este trabalho prévio auxiliou o planejamento das viagens de campo.

O LMRS-PB contou com apoio do DNOCS que cedeu uma caminhonete e um topógrafo. Uma vez que já se registravam chuvas na parte oeste do Estado (alto sertão da Paraíba) priorizou-se a instalação de réguas linimétricas nas bacias do Sistema Piranhas, aproveitando o baixo volume armazenado na maioria deles, possibilitando a colocação de maior número de réguas. Contudo, alguns açudes

apresentaram rápida recuperação de volume atingindo a capacidade máxima e impossibilitando a instalação de réguas.

Após a colocação de réguas no açude, a equipe de campo escolhia um observador, de preferência funcionário do órgão proprietário do açude, e entregava ao mesmo uma caderneta em duas vias para anotação diária do nível de água e envelope pré-franqueado pelos correios para envio ao LMRS-PB no final de cada mês. Seguia-se instruções ao observador de como realizar as leituras e anotar fatos relacionados ao monitoramento.

### 3.1.5- Formação do Banco de Dados

Logicamente para o monitoramento dos açudes faz-se necessário um certo conhecimento dos eventos da natureza; eventos estes que serão transformados em dados hidrológicos, de forma que se torna importante para o hidrologo saber aferir com precisão estas variáveis. Em virtude desta importância teceu-se um breve comentário a respeito.

Definição das variáveis e parâmetros que regem a maioria dos eventos hidrológicos:

- variáveis climáticas: precipitação, evaporação e variáveis secundárias ligados às primeiras (radiações solares, temperaturas, umidade do ar, vento)

- variáveis de escoamento: descargas líquidas e parâmetros secundários ligados às primeiras (nível da água, características da rede de drenagem, área da bacia delimitada pela rede de drenagem, velocidade, qualidade da água e dos sedimentos transportados, reservatórios naturais e artificiais)

- parâmetros característicos do meio receptor: geologia, topografia, solos, vegetação, urbanização, etc.

Como o movimento da água na superfície terrestre compreende um ciclo, geralmente estuda-se este ciclo da água numa espécie de volume fechado chamado de ciclo hidrológico, cujo sistema pode-se resumir da seguinte maneira:

$$\text{entradas} + \text{armazenamento inicial} = \text{saídas} + \text{armazenamento final}$$

Daí a necessidade do bom conhecimento dos dados hidrológicos.

Não é suficiente medir as variáveis, é necessário também processar, gerar e dar consistência aos dados medidos da maneira mais eficiente possível.

O Sistema de Informações Gerencias em Tempo, Clima e Recursos Hídricos requer não somente um Banco de Dados com séries históricas de variáveis climatológicas e hidrológicas atualizadas periodicamente, mas também que haja o controle de qualidade dos dados que são recebidos pelo LMRS-PB e que existam meios para que os dados se transformem em informações úteis aos tomadores de decisão. Os meios para transformar estes dados em informações úteis são os modelos de simulação disponíveis no LMRS-PB.

Os dados obtidos são armazenados em DBASE e planilha eletrônica (Quatro Pro-for Windows) e recebem um tratamento estatístico, onde posteriormente são convertidos em gráficos e tabelas para uma melhor compreensão das autoridades governamentais (ver item 3.3).

Para a criação do banco de dados, fez-se um cadastro de cotas dos respectivos açudes monitorados associados à área e volume dos mesmos, conforme mostra a figura 1:

Ins	
LMRS/PB - Laboratorio de Meteorologia, Recursos Hidricos e Sensoriamento Remoto da Paraiba	
CADASTRO DE COTAS	
	Nome do acude: SACO
Cota(m):	336.00
Area(m2):	104.345
Volume(m3):	285.292
ENTER - Confirma      ESC - Sai o Programa	

figura 1- Cadastro de Cotas do Açude Saco

Posteriormente, fez-se necessário também cadastrar as entradas e saídas mensais de água dos açudes monitorados. Isto foi feito obtendo-se a lâmina evaporada e vazão afluente segundo o Relatório do Plano Estadual e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos; a vazão de demanda para irrigação de acordo com o Plano Estadual de Irrigação (caso o açude tivesse esta finalidade) e logicamente a vazão de demanda para o abastecimento, critério este estabelecido pela Cagepa. A figura 2 ilustra bem este fato.

Ins	
LMRS/PB - Laboratorio de Meteorologia, Recursos Hidricos e Sensoriamento Remoto da Paraiba	
CADASTRO DE VAZOES	
Nome do acude: SACO	Data: 30.04.95
Lamina Evaporada(m):	0.130
Vazao Afluente(m3/s):	6.488
Vazao por Demanda(m3/s)	
- Irrigacao:	
- Abastecimento:	0.550
ENTER - Confirma      ESC - Sai do Programa	

figura 2- Cadastro de Vazões do Açude Saco

O passo seguinte seria o de colocar no banco de dados as leituras de níveis de água que são enviados mensalmente pelos observadores de cada açude, como mostrado na figura 3:

LMRS/PB - Laboratorio de Meteorologia, Recursos Hidricos e Sensoriamento Remoto da Paraiba		
INTERPOLACAO DE COTAS		
Nome do Acude: SACO		Mes: 4 Ano: 95
Cotas(m):	01- 374.49	11- 375.50
	02- 374.49	12- 375.52
	03- 374.50	13- 375.56
	04- 374.56	14- 375.58
	05- 374.58	15- 375.60
	06- 374.68	16- 375.66
	07- 374.74	17- 375.68
	08- 374.80	18- 375.74
	09- 375.14	19- 375.76
	10- 375.28	20- 375.75
		21- 375.74
		22- 375.72
		23- 375.70
		24- 375.70
		25- 375.70
		26- 375.69
		27- 375.68
		28- 375.67
		29- 375.66
		30- 375.66
		31-
ENTER - Confirma      ESC - Sai do Programa		

figura 3- Interpolação de Cotas do Açude Saco

Estas cotas digitalizadas são comparadas com as já cadastradas anteriormente (veja figura 4) e através de interpolação matemática pode-se saber a quantidade de água disponível do açude em estudo.

ACUDE	COTA	AREA	Record 1/11	VOLUME
SACO	330.00		7375	0
SACO	331.00		20212	15794
SACO	332.00		33040	40424
SACO	333.00		45886	79892
SACO	334.00		58723	132100
SACO	335.00		71560	197538
SACO	336.00		104345	285292
SACO	337.00		137136	406033
SACO	338.00		169924	559566
SACO	339.00		202712	745662
SACO	340.00		235500	964908

figura 4- Cadastro de cota-área-volume do açude Saco



A finalidade do banco de dados portanto, é a de proporcionar um monitoramento mais preciso dos açudes, visto que se consegue reunir as variáveis hidrológicas envolvidas neste processo de monitoramento.

### 3.1.6- Previsão do Volume Armazenado nos Açudes

Para a previsão do volume armazenado nos açudes utilizou-se o seguinte balanço hídrico:

$$V_i = V_{Ai} - \frac{1E_i A_{Ai}}{2} \quad (1)$$

com:

$$V_{Ai} = V_{i-1} - \frac{1E_i A_{i-1}}{2} + C_q V_{Qi} - C_d V_{Si}$$

onde:

$V_i$  = volume do açude no mês  $i$  ( $m^3$ )

$V_{Ai}$  = volume armazenado no açude em meados do mês  $i$  ( $m^3$ )

$V_{i-1}$  = volume armazenado no açude no mês anterior ( $m^3$ )

$E_i$  = evaporação no mês  $i$  (m)

$A_{i-1}$  = área do espelho de água no mês anterior ( $m^2$ )

$AA_i$  = área do espelho de água correspondente ao volume armazenado em meados do mês  $i$  ( $m^2$ )

$V_{Qi}$  = volume médio de entrada no açude no mês  $i$  ( $m^3$ )

$V_{Si}$  = volume médio de saída no mês  $i$  ( $m^3$ )

$C_q$  = coeficiente para se adequar a vazão de entrada à previsão meteorológica

$C_d$  = coeficiente para se adequar a vazão de saída a possíveis racionamentos



A simulação é feita para cada açude monitorado do mês atual até o início do seguinte ano, apresentando-se os correspondentes volume previsto, volume afluyente, volume de demanda, volume evaporado e área correspondente, como mostra a figura 6:

DATA	UPREVIST	UAFLUENTE	UDEMANDA	Record 1/9 UEVAPORA	APARC1
05/31/95	91401451	2948383	0	848580	6269032
06/30/95	91087601	572832	0	886682	6375918
07/31/95	90284105	238378	0	1041869	6360078
08/31/95	89404566	383011	0	1262554	6319117
09/30/95	88106916	85536	0	1383192	6274278
10/31/95	86711066	77674	0	1473523	6208125
11/30/95	85385607	119232	0	1444685	6136966
12/31/95	84347763	447293	0	1485137	6069395
01/31/96	85228203	2097187	0	1216747	6014354

figura 6- Previsão de Volume Anual do Açude Saco

### 3.2- Precipitação Média nas Bacias Hidrográficas

Na área de recursos hídricos, a precipitação média das bacias hidrográficas é um dos fatores que mais se tem dificuldade em quantificar de forma satisfatória, pois a mesma não se distribui de forma homogênea, tanto espacial quanto temporalmente e a rede pluviométrica nem sempre tem densidade e distribuição espacial adequada. O estado da Paraíba não contava com um método sistemático para estimar a precipitação média de suas bacias e conseqüentemente realizar estimativas, por exemplo se está chovendo muito ou pouco quando comparado com a precipitação média histórica.

Para calcular a precipitação média numa bacia hidrográfica, é necessário utilizar as observações dentro desta bacia e nas suas vizinhanças. Aceita-se a precipitação média como sendo uma lâmina de água de altura uniforme sobre toda a área considerada associada a um período de tempo dado (como uma hora, dia, mês, ano).

### 3.2.1- Preenchimento de Falhas

Quando houver períodos sem informações, devido a problemas com os aparelhos de registros ou com o operador do posto, deve-se preencher estas lacunas através de métodos estatísticos. As causas mais comuns de erros nas observações são:

- a) preenchimento errado no valor da caderneta de campo;
- b) soma errada do número de provetas, quando a precipitação é alta;
- c) valor estimado pelo observador, por não se encontrar no local no dia da amostragem;
- d) crescimento de vegetação ou outra obstrução próxima ao posto de observação;
- e) danificação do aparelho;
- f) problemas mecânicos no registrador gráfico;

### 3.2.2- Identificação dos Postos Pluviométricos

Escolheram-se postos pluviométricos que possuíam série de dados suficientemente longa para se determinar a precipitação e assim ser possível a comparação mês a mês da precipitação observada e a precipitação média histórica

Através de um convênio entre o governo do estado da Paraíba e a SUDENE, o LMRS-PB ficou responsável de operar a rede pluviométrica já existente no estado e ampliar esta rede com a colocação de novos postos, de preferência em locais com carência de informações afim de torná-la mais homogênea e confiável.

### 3.2.3- Determinação das Áreas de Influência dos Postos Pluviométricos

Utilizando o sistema CAD (Desenho Auxiliado por Computador), o mapa do estado foi digitalizado com suas principais bacias e sub-bacias hidrográficas (sub-bacias do Alto Piranhas, Médio Piranhas, Peixe, Piancó, Seridó, Espinharas, Alto Paraíba, Médio Paraíba, Taperoá, Curimataú, Jacú e Mamanguape) e foram inseridos, através de suas coordenadas geográficas os postos pluviométricos. A área de influência de cada posto encontrada através do método dos polígonos de Thiessen, foi determinada em computador, tendo como resultado dados de grande precisão (ver anexos). Foram usados os dados da rede pluviométrica operada pelo LMRS-PB (Laboratório de Meteorologia Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto do Estado da Paraíba) e dados da série histórica desta rede fornecidos pela SUDENE. Mensalmente é verificado a climatologia do estado e o resultado é enviado aos órgãos da Administração Estadual e Companhia de Abastecimento do Estado dotando-os de subsídios para tomar decisão para um melhor aproveitamento dos recursos hídricos.

### 3.2.4- Cálculo da Precipitação Média Mensal nas Bacias Hidrográficas

O cálculo da precipitação média do estado da Paraíba foi feita por sub-bacia hidrográfica através do método dos polígonos de Thiessen, que consiste em dar pesos aos postos pluviométricos proporcionais a área de influência de cada um que é determinado pelos seguintes passos:

- 1-) os postos devem ser unidos por linhas retas.
- 2-) traçam-se perpendiculares a essas linhas a partir das distâncias médias entre os postos e obtém-se polígonos limitados pela área da bacia.
- 3-) a área  $A_i$  de cada polígono é o peso que se dará à precipitação registrada em cada aparelho ( $P_i$ ).

O roteiro acima descrito é demonstrado na figura 7:

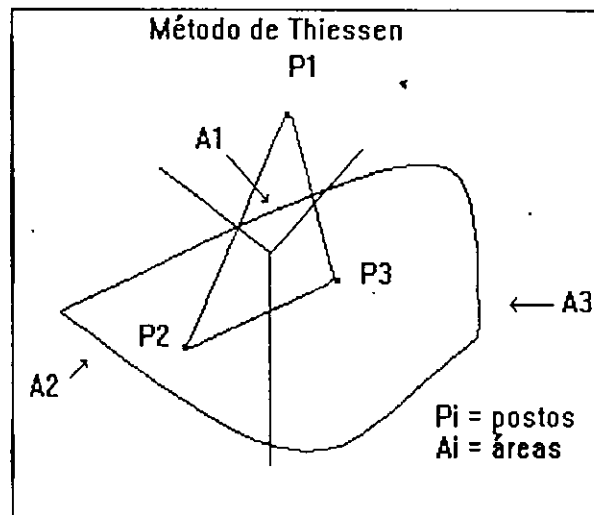


figura 7

4-) a média será dada por:

$$h_m = \frac{\sum_1^n P_i A_i}{\sum_1^n A_i}$$

É importante destacar que a aquisição dos dados de chuva por intermédios de aparelhos devem ser utilizadas levando-se em conta os conhecimentos do hidrólogo e não puramente como se fossem números para serem processados matematicamente.

### 3.3- Divulgação dos Resultados

Os resultados são divulgados através de um Boletim Informativo. Todas as informações geradas no LMRS-PB são apresentadas em um boletim mensal denominado Hidroinforme, com divulgação entre os órgãos da administração direta. Apresentam-se estas informações através de mapas, gráficos e tabelas de forma a facilitar a compreensão do usuário e auxiliar na sua tomada de decisão, ou seja, se o açude tem condições de suprir a demanda exigida, se será necessário a utilização de um racionamento, suspensão temporária de água para a irrigação,

implantação de novos perímetros irrigados ou aproveitamento de novos mananciais.

Os mapas são confeccionados mostrando-se a divisão do estado da Paraíba em bacias hidrográficas e a quantidade de água disponível em cada uma destas bacias de acordo com a vazão estipulada para a simulação. Os gráficos, por sua vez tem a finalidade de mostrar de maneira simples e clara, a situação atual e futura de cada açude, considerando-se alterações na sua vazão média. Por fim, as tabelas procuram mostrar todos os açudes monitorados pelo LMRS-PB dividindo-os em bacias, mostrando sua capacidade, situação atual e variação volumétrica em relação ao mesmo período do ano anterior (ver anexos).

#### 4- Resultados Obtidos

- O LMRS-PB conseguiu ampliar o número de açudes monitorados que antes era de 17 para cerca de 52, o que facilitou no acompanhamento das bacias hidrográficas com maior eficiência.

-Obteve-se também a criação de um banco de dados com informações referentes a capacidade, curva cota-área-volume e série históricas de vazões afluentes de cada açude monitorado e dados referentes a rede pluviométrica tornando-a mais confiável através de uma série longa e ininterrupta.

-Por fim, todas as informações geradas no LMRS-PB estão sendo apresentadas em boletins informativos, no que diz respeito aos açudes monitorados e a situação climática do estado, servindo de suporte técnico para ajudar na tomada de decisões por parte das autoridades governamentais.

#### 5- Conclusão

Neste relatório foram apresentadas informações sobre o monitoramento dos açudes do estado da Paraíba bem como sobre a rede pluviométrica deste. A

importância do monitoramento dos açudes explica-se pelo simples fato de que podemos utilizar a água disponível de determinado manancial sem que isto comprometa sensivelmente em redução brusca do nível de água do mesmo. Logicamente para que isto seja feito torna-se necessário que tomemos consciência de que a água é um recurso natural cujo seu ciclo muitas vezes apresenta-se irregular, como podemos observar determinadas áreas de seca, enquanto outras apresentam-se inundadas. Portanto, a necessidade de um estudo sobre os recursos hídricos disponíveis no estado da Paraíba (como em qualquer outro estado do Brasil) torna-se imprescindível, pois com isso podemos evitar ou pelo menos minimizar os danos causados em decorrência da irregularidade das chuvas neste estado, facilitando deste modo aos usuários de um modo geral para um melhor aproveitamento dos mananciais disponíveis.

#### 6- Bibliografia

- 1- Silva, R. P. e Galvão, C. O. (1993), Diagnóstico da rede pluviométrica da Paraíba, Campina Grande, LMRS-PB.
- 2- Silva, R. P., Ribeiro, M. M. R., Galvão, C. O. (1993), Programa de monitoramento dos principais açudes do estado da Paraíba, Campina Grande, LMRS-PB.
- 3- ATECEL (1994), Plano estadual e sistema de gerenciamento de recursos hídricos Campina Grande, PB: ATECEL.



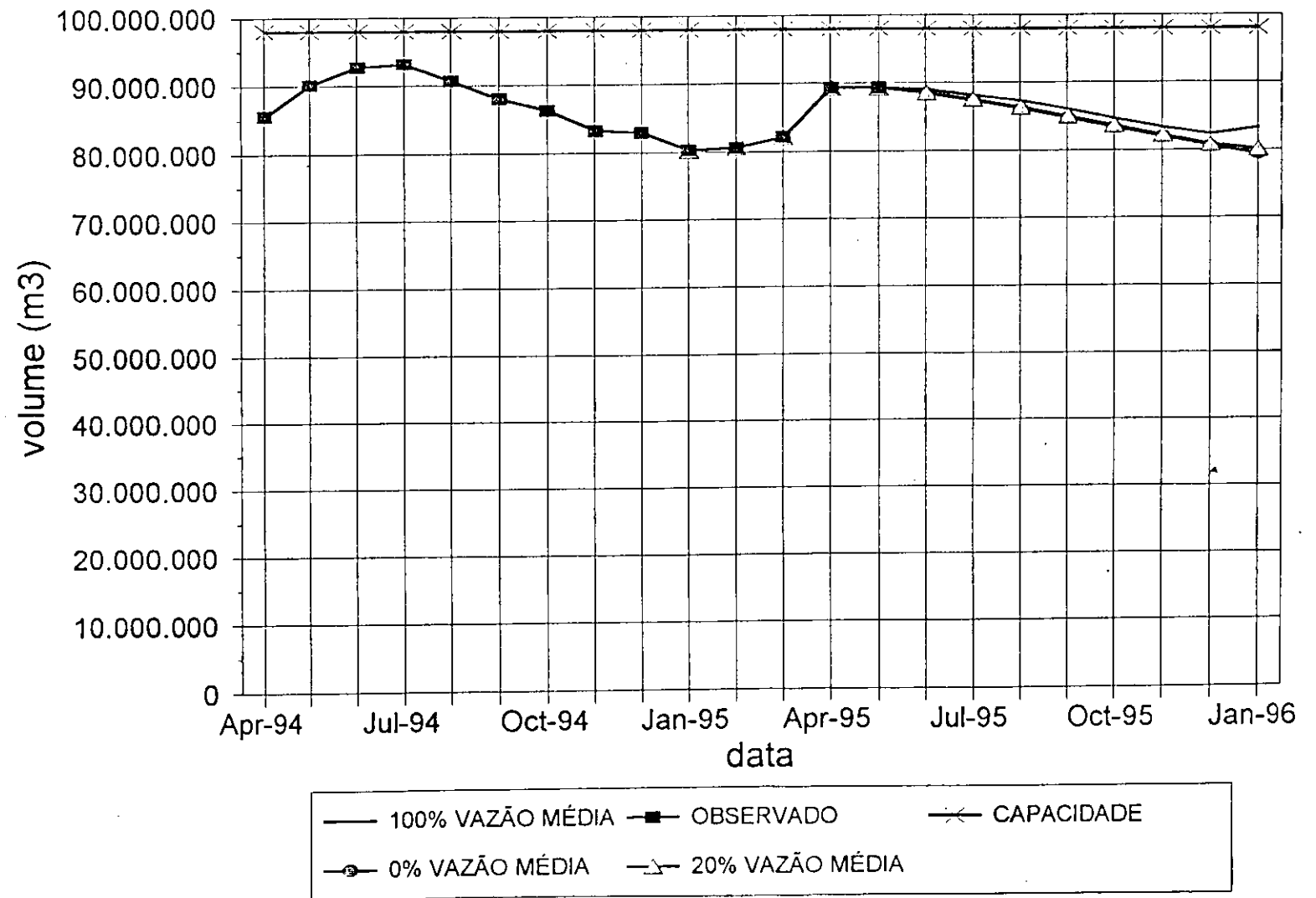
# ANEXOS

AÇUDE	CAPACIDADE MÁXIMA (m3) (1)	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VAR % ((4)-(3))/(1) (5)	VOL (%)	VOL (%)	VOL %
		31/05/94 (m3) (2)	30/04/95 (m3) (3)	31/05/95 (m3) (4)		31/05/94 (2)/(1) (6)	30/04/95 (3)/(1) (7)	31/05/95 (4)/(1) (8)
<b>BACIA ALTO PARAIBA</b>	<b>100,00</b>		<b>34,65</b>	<b>36,09</b>				
1 CAMALÁU	46.437.520	*****	2.126.802	3.939.450	3,90	*****	4,58	8,48
2 CAMPOS	6.594.392	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
3 CORDEIRO	69.965.945	*****	62.287.102	62.713.704	0,61	*****	89,02	89,63
4 POÇÕES	29.861.562	911.772	367.003	530.336	0,55	3,05	1,23	1,78
5 SANTO ANTÔNIO	24.424.130	*****	3.991.985	4.200.581	0,85	*****	16,34	17,20
6 SUMÉ	36.800.000	18.188.950	3.113.910	3.499.405	1,05	49,43	8,46	9,51
<b>BACIA MÉDIO PARAIBA</b>	<b>100,00</b>	<b>48,97</b>	<b>67,23</b>	<b>76,05</b>				
1 EPITÁCIO PESSOA	535.680.000	265.500.000	364.673.036	412.513.455	8,93	49,56	68,08	77,01
2 RCH. SANTO ANTÔNIO	6.834.000	189.615	79.093	66.966	-0,18	2,77	1,16	0,98
<b>BACIA BAIXO PARAIBA</b>	<b>100,00</b>		<b>99,70</b>	<b>100,00</b>				
1 SÃO SALVADOR	12.627.520	*****	12.590.266	12.627.520	0,30	*****	99,70	100,00
<b>BACIA TAPEROÁ</b>	<b>100,00</b>		<b>31,12</b>	<b>34,48</b>				
1 JEREMIAS	4.658.428	1.208.210	2.532.795	3.444.774	19,58	*****	54,37	73,95
2 LAGOA DO MEIO	6.647.875	2.395.549	842.422	793.292	-0,74	36,03	12,67	11,93
3 SERRA BRANCA	2.117.000	167.383	221.500	669.543	21,16	7,91	10,46	31,63
4 SERRA BRANCA II	14.042.568	*****	281.588	966.670	4,88	*****	2,01	6,88
5 SOLEDADE	27.058.000	1.900.000	3.184.640	3.002.120	-0,67	7,02	11,77	11,10
6 TAPEROÁ II	15.148.900	5.692.777	14.621.695	15.148.900	3,48	37,58	96,52	100,00
<b>BACIA CURIMATAÚ</b>	<b>100,00</b>	<b>42,62</b>	<b>82,97</b>	<b>81,03</b>				
1 CACIMBA DE VÁRZEA	9.264.321	5.489.250	7.742.913	7.563.903	-1,93	*****	83,58	81,65
2 CURIMATAÚ	5.989.050	1.012.000	4.912.920	4.796.560	-1,94	16,90	82,03	80,09
<b>BACIA JACU</b>	<b>100,00</b>		<b>39,41</b>	<b>41,01</b>				
1 BOQUEIRÃO DO CAIS	12.367.300	*****	4.874.108	5.071.273	1,59	*****	39,41	41,01
2 POLEIROS	7.953.500	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
<b>BACIA MAMANGUAPE</b>	<b>100,00</b>		<b>52,57</b>	<b>50,56</b>				
1 ALGODÕES	1.025.000	800.326	145.145	136.845	-0,81	78,08	14,16	13,35
2 VACA BRAVA I	3.200.000	*****	2.075.950	1.999.250	-2,40	*****	64,87	62,48
<b>BACIA GRAMAME</b>	<b>100,00</b>		<b>80,84</b>	<b>89,80</b>				
1 GRAMAME	56.937.000	*****	46.026.195	51.128.370	8,96	*****	80,84	89,80
<b>BACIA ALTO PIRANHAS</b>	<b>100,00</b>		<b>40,36</b>	<b>45,81</b>				
1 BARTOLOMEU I	17.570.556	*****	17.295.187	18.807.044	8,60	*****	98,43	107,04
2 ENG AVIDOS	255.000.000	98.867.500	84.577.000	93.015.200	3,31	38,77	33,17	36,48
3 SÃO GONÇALO	44.600.000	17.262.020	26.127.400	33.478.520	16,48	38,70	58,58	75,06
<b>BACIA MÉDIO PIRANHAS</b>	<b>100,00</b>	<b>14,48</b>	<b>20,58</b>	<b>51,69</b>				
1 CARNEIRO	31.285.875	7.289.802	9.041.000	31.285.875	71,10	23,30	28,90	100,00
2 ENG ARCOVERDE	35.000.000	6.564.000	11.544.459	17.311.440	16,48	18,75	32,98	49,46
3 ESCONDIDO I	13.648.125	0	392.625	3.066.437	19,59	0,00	2,88	22,47
4 RIACHO DOS CAVALOS	17.699.000	4.100.000	4.188.000	6.020.452	10,35	23,17	23,66	34,02
5 TAPERA	26.400.000	*****	353.818	6.427.962	23,01	*****	1,34	24,35
<b>BACIA PEIXE</b>	<b>100,00</b>	<b>13,85</b>	<b>31,73</b>	<b>34,56</b>				
1 LAGOA DO ARROZ	80.220.750	468.1125	16.869.325	19.213.252	2,92	5,81	21,03	23,95
2 PILÕES	13.000.000	8.247.000	12.709.000	13.000.000	2,24	63,44	97,76	100,00
<b>BACIA PIANCÓ</b>	<b>100,00</b>		<b>85,89</b>	<b>94,28</b>				
1 CACHOEIRA DOS ALVES	10.811.198	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
2 COCHOS	4.199.773	4.162.384	*****	*****	*****	99,11	*****	*****
3 COREMAS/MÃE D'ÁGUA	1.358.000.000	1.177.925.000	1.188.675.000	1.315.598.000	9,35	86,74	87,53	96,88
4 FRUTUOSO II	3.517.280	3.301.630	3.337.562	3.289.653	-1,36	93,87	94,89	93,53
5 JATOBÁ II	6.487.200	4.581.936	5.001.960	5.164.242	2,50	70,63	77,11	79,61
6 QUEIMADAS	15.625.339	12.423.423	13.380.771	13.380.771	0,00	79,51	85,64	85,64
7 SACO DE NOVA OLINDA	98.000.000	90.109.890	89.301.648	89.239.475	-0,06	91,95	91,12	91,06
8 SANTA INÊS	26.115.000	7.931.662	13.018.785	14.340.812	5,06	30,37	49,85	54,91
9 TIMBAÚBA	15.438.573	9.636.205	8.403.123	9.249.469	5,48	62,42	54,43	59,91
10 VAZANTES	9.091.200	*****	8.989.752	9.065.838	0,84	*****	98,88	99,72
<b>BACIA SERIDÓ</b>	<b>100,00</b>		<b>13,70</b>	<b>36,93</b>				
1 CARAIBEIRAS	2.709.260	*****	132.620	59.240	-2,71	*****	4,90	2,19
2 SANTA LUZIA	11.960.000	3.869.046	2.462.650	9.097.750	55,48	32,35	20,59	76,07
3 SÃO MAMEDE	15.791.280	3.833.460	1.578.534	2.093.355	3,26	24,28	10,00	13,26
<b>BACIA ESPINHARAS</b>	<b>100,00</b>		<b>72,69</b>	<b>78,03</b>				
1 CAPOEIRA	53.450.000	*****	37.823.157	41.258.503	6,43	*****	70,76	77,19
2 FARINHA	25.738.500	*****	25.202.350	25.738.500	2,08	*****	97,92	100,00
3 JATOBÁ I	17.516.000	8.739.963	7.264.346	8.465.131	6,86	49,90	41,47	48,33
4 SÃO FRANCISCO	4.920.720	790.434	*****	*****	*****	16,06	*****	*****
<b>VOL. ARMAZENADO (m3)</b>	<b>3.144.510.220</b>		<b>2.124.361.859</b>	<b>2.382.480.688</b>				
<b>VOL. PERCENTUAL</b>	<b>100,00</b>		<b>67,56</b>	<b>75,77</b>				

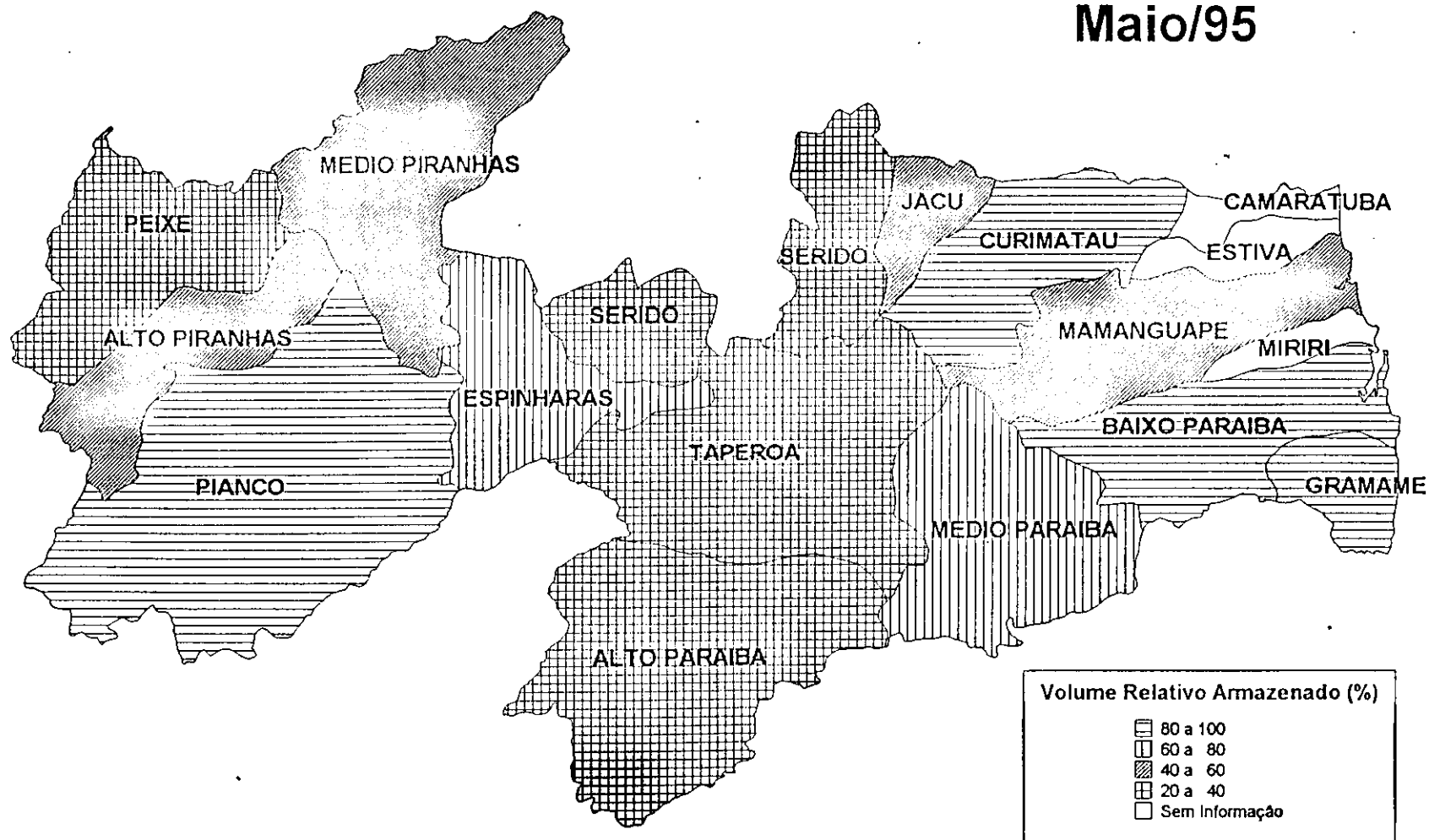
Obs.: Ao lado do nome de cada bacia mostra-se a percentagem do volume armazenado em relação a capacidade máxima armazenável nesses açudes da bacia.

# AÇUDE SACO DE NOVA OLINDA

Município: Nova Olinda

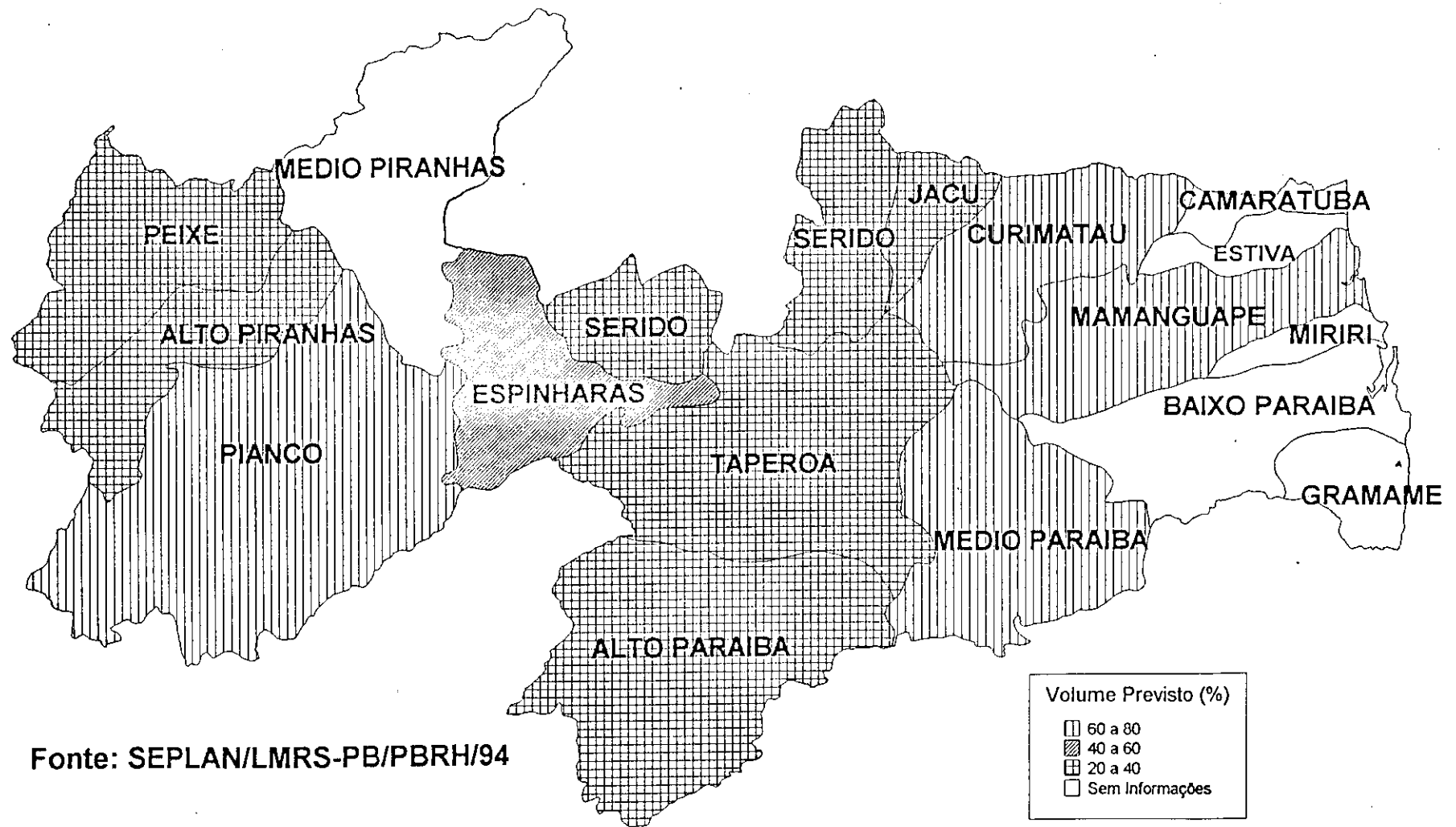


# Volume Armazenado por Bacia Hidrográfica Maio/95



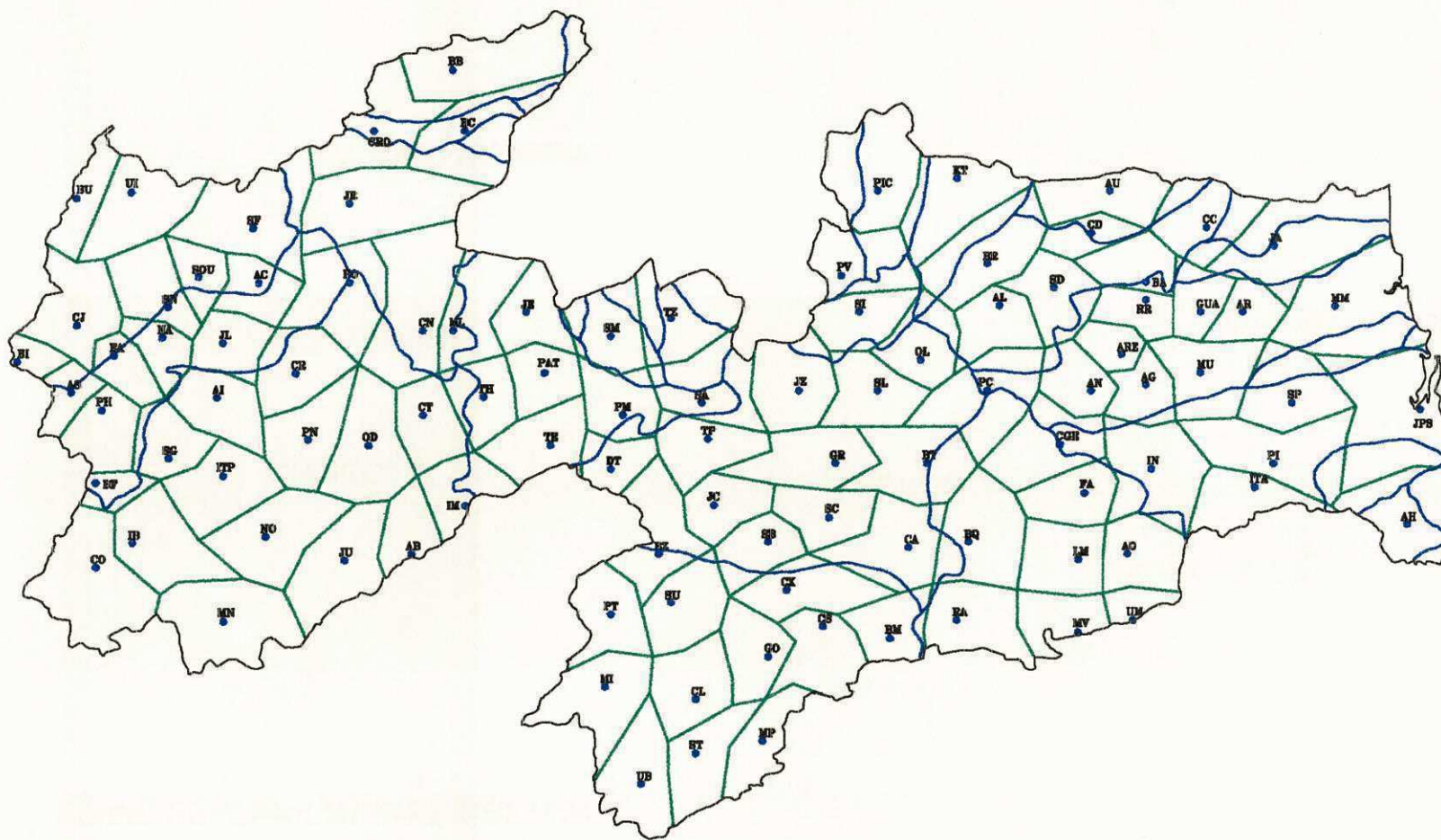
FONTES: SEPLAN / LMRS - PB / DNOCS

# Volume Armazenado por Bacia Hidrográfica Dezembro/95



Fonte: SEPLAN/LMRS-PB/PBRH/94

# Area de Influencia dos Postos Pluviometricos (Metodo dos Poligonos de Thiessen)



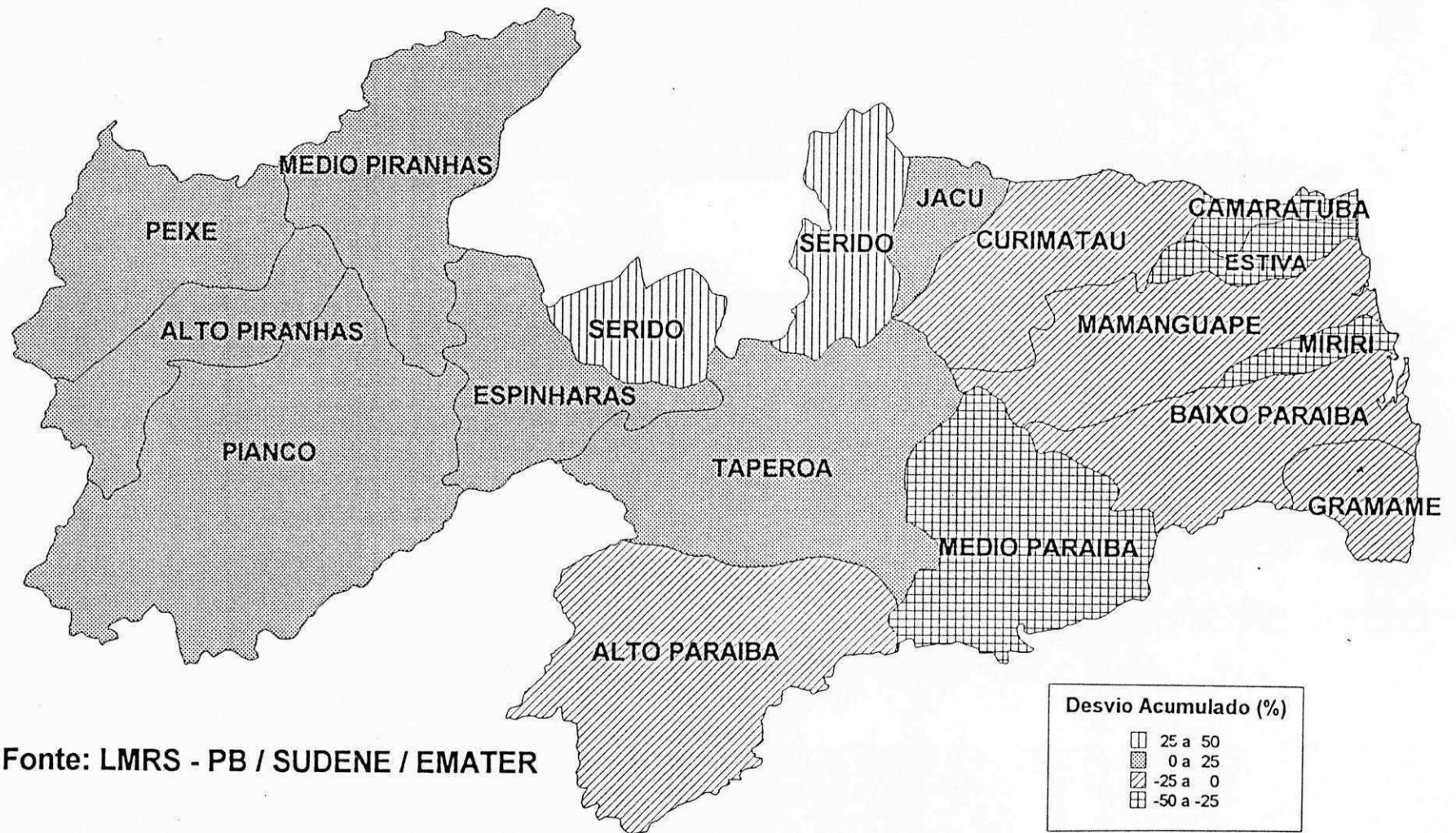
— Delimitacao das Bacias Hidrograficas

• POSTO

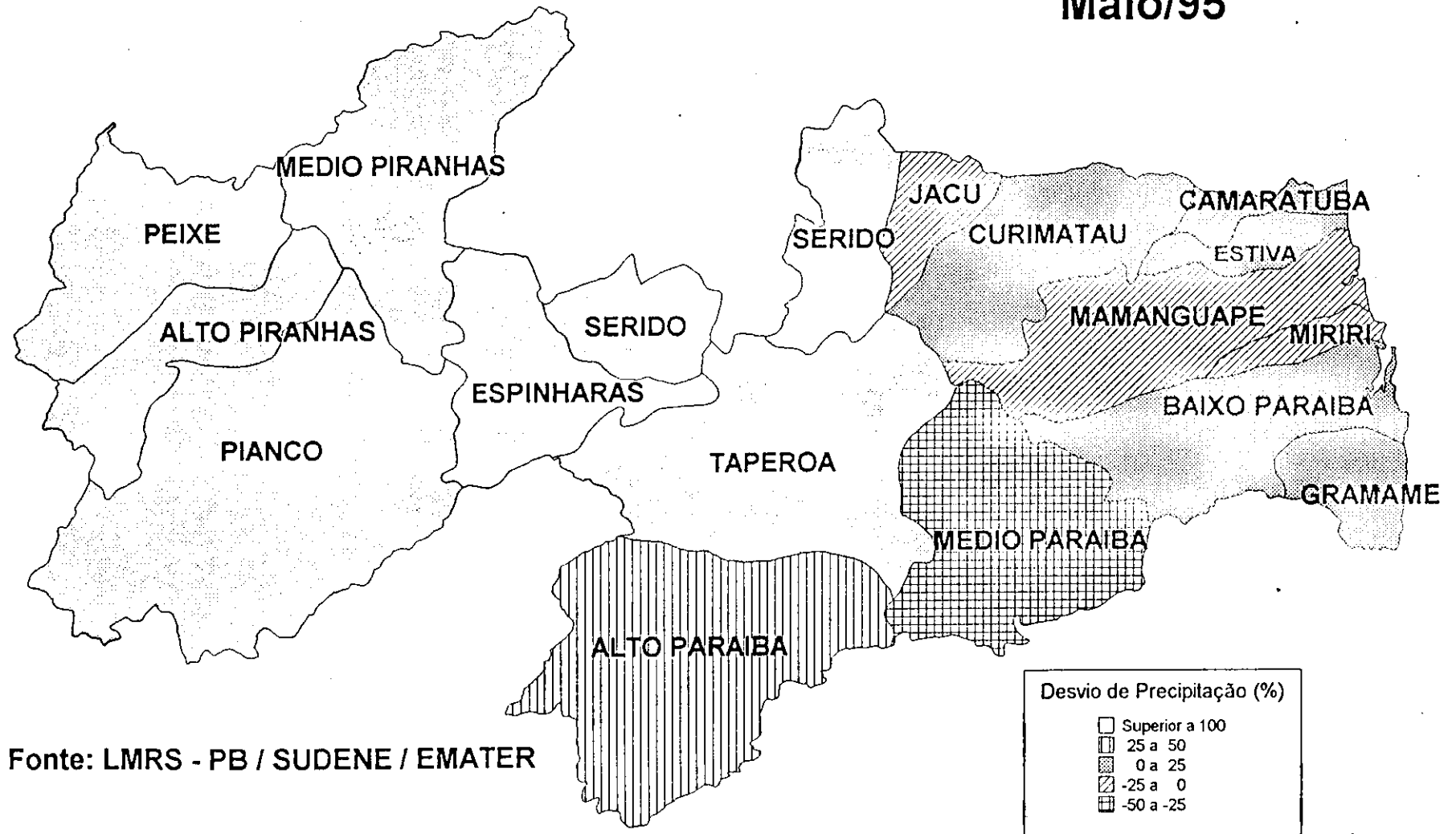
— Delimitacao da Area de Influencia  
de cada POSTO



# Desvio Acumulado de Precipitação por Bacia Hidrográfica Janeiro - Maio



# Desvio de Precipitação por Bacia Hidrográfica Maio/95



Fonte: LMRS - PB / SUDENE / EMATER