

REGIONALIZAÇÃO DA Q95% DA SUB-BACIA 39 (BACIAS LITORÂNEAS DE PERNAMBUCO E ALAGOAS)

Keyla Almeida dos Santos¹ & Marta Vasconcelos Ottoni²

RESUMO O conhecimento da disponibilidade de água doce de uma bacia hidrográfica é o principal instrumento de gestão de recursos hídricos. No que se refere à disponibilidade hídrica superficial de uma bacia esta é usualmente medida pela vazão mínima de sete dias de duração com tempo de recorrência de 10 anos (Q7,10) ou pela vazão com 95% de permanência no tempo (Q95%), ambas vazões mínimas e de referência para concessão de outorga de direito de uso da água. Essas variáveis são determinadas com base nas séries de vazões naturais ou reais, que são definidas em função do monitoramento efetuado nas estações fluviométricas. Como a rede atualmente apresenta baixa densidade, não abrangendo, na maioria das vezes, bacias de pequeno porte, adota-se a técnica da regionalização, que objetiva, dentre outros aspectos, transferir informações daquelas regiões onde são realizadas monitorações para as áreas ainda carentes de dados. O estudo aqui apresentado propõe uma regionalização da Q95% para a sub-bacia 39, região que engloba parte da porção litorânea do estado da Paraíba e a costa dos estados de Pernambuco e Alagoas.

ABSTRACT Knowledge of the availability of fresh water in a river basin is the main tool for management of water resources. With regard to water availability in a shallow basin that is usually measured by the flow rate of at least seven days' duration with time to recurrence of 10 years (Q7, 10) or the flow rate with 95% retention time (Q95%) both minimum flows and reference to granting of granting the right to water use. These variables are determined based on the series of natural flow or real, which are defined in terms of monitoring conducted in the gauged stations. Since the network currently has a low density does not cover, in most cases, small bowls, adopts the technique of regionalization, which aims, among other things, transferring information from those regions where monitoring tests are carried out for areas still lack data. The study presented here proposes to regionalization of Q95% for the 39 sub-basin, a region that encompasses part of the coastal portion of the state of Paraíba and the coast of the states of Pernambuco and Alagoas.

Palavras-chave: Hidrologia estatística, regionalização, regiões homogêneas.

¹ Engenheira Hidróloga da CPRM Serviço Geológico do Brasil, Av. Sul, 2291. Afogados. Recife-PE. CEP 50770-011 - Telefone (81) 3316.1400 - Fax (81) 3316.1403 - E-mail: keyla@te.cprm.gov.br

² Engenheira Hidróloga da CPRM Serviço Geológico do Brasil, Av. Pasteur, 404. Urca. Rio de Janeiro-RJ. CEP 22290-240 - Telefone (21) 2295.0032 - E-mail: mottoni@rj.cprm.gov.br

1 – LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO

A região em estudo constitui as bacias hidrográficas dos rios que drenam para o oceano Atlântico no trecho entre a foz do rio Paraíba e a foz do rio São Francisco. Situa-se entre os paralelos sul 7°15' e 10°30', e os meridianos de longitude oeste 34°50' e 37°00' (**Figura 1**). Ocupa uma superfície total de 45.000km², das quais 66% pertencem ao estado de Pernambuco, 31% a Alagoas e 3% a Paraíba.



Figura 1 - Localização da Sub-Bacia 39 na Região Nordeste do Brasil

A área analisada é densamente povoada, englobando as Regiões Metropolitanas de Recife e Maceió. Grande parte desta área apresenta clima semiárido com rios intermitentes que só apresentam escoamento superficial após chuva de média ou grande intensidade. A região mais próxima ao litoral, conhecida como Zona da Mata, tem climas úmidos e altos índices pluviométricos, e seus rios são perenes.

2 – FISIOGRAFIA

A região é constituída por diversas bacias hidrográficas (**Figura 2**) tendo, no Estado de Pernambuco, as de maior extensão geográfica. São elas: Bacia do Rio Capibaribe com área aproximada de 7.400 km², a Bacia do Rio Ipojuca com área aproximada de 3.400 km² e a Bacia do Rio Una que tem uma área aproximada de 6.700 km².

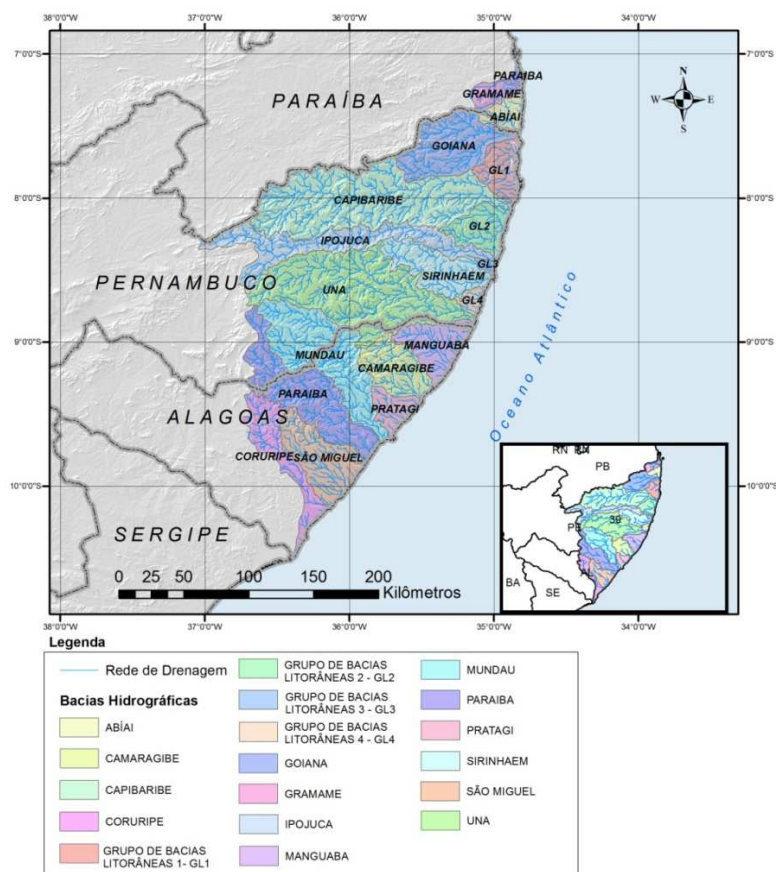


Figura 2 - Fisiografia da Sub-Bacia 39

As bacias dos rios Capibaribe, Ipojuca e Una têm comportamento diferente, pois estão localizadas em sua maior parte na região semiárida. As bacias dos rios Goiana, Mundaú, Paraíba e Coruripe situam-se, predominantemente, em regiões úmidas. Já as bacias dos rios Pirapama, Sirinhaém e Camaragibe situam-se, totalmente, em regiões úmidas. Praticamente, todos os rios correm no sentido de oeste para leste.

3 – CLIMA E REGIME HIDROLÓGICO

A região apresenta grande variabilidade climática e de regime hidrológico. Os totais anuais médios de chuva variam de 2.300 mm na faixa litorânea ao sul de Recife até 400 mm em regiões do trecho superior da bacia do Rio Capibaribe. A variação interanual das precipitações também é acentuada, oscilando de 1.200 a 3.000 mm anuais no litoral e entre 200 e 1.000 mm na região oeste da sub-bacia.

Devido a essa grande variabilidade, a sub-bacia 39 foi dividida em duas grandes regiões distintas: Litoral / Zona da Mata e Agreste (**Figura 3**), conforme a distribuição apresentada abaixo das macrorregiões classificadas pelo IBGE.

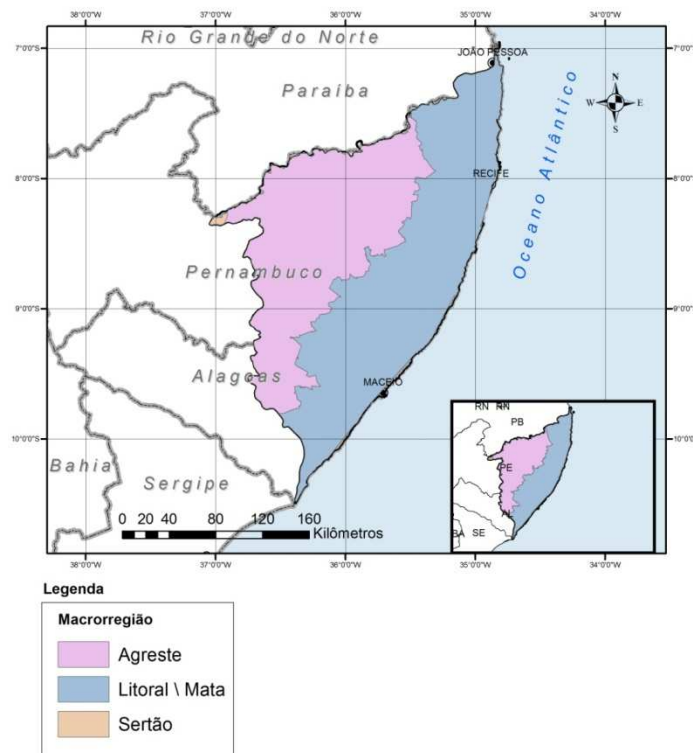


Figura 3 - Macrorregiões da Sub-Bacia 39 (Classificação do IBGE)

No Litoral e na Zona da Mata, o principal período chuvoso ocorre nos meses de abril a agosto, com os totais pluviométricos médios anuais variando entre 1.000 a 2.000 mm. Esta região caracteriza-se por apresentar clima úmido, com precipitações pluviométricas de até 2.200 mm nas áreas mais litorâneas (Lacerda *et al* in Silva, 2006).

O Agreste, devido a sua localização, é considerado uma região intermediária entre as áreas de clima úmido (Litoral e Zona da Mata) e clima seco (Sertão). Nas áreas mais próximas ao Sertão, o período chuvoso inicia-se em fevereiro e estende-se até junho, e nas áreas próximas da Zona da Mata, a estação chuvosa ocorre no período de abril a julho. Os totais pluviométricos anuais variam, em média, entre 600 e 1.000 mm, destacando-se algumas áreas de brejos onde as precipitações são superiores a 1.000 mm, como por exemplo: Brejão (1.404 mm) e Bom Jardim (1.412 mm) (Lacerda *et al* in Silva, 2006).

Nas **Figuras 4 a 8** são apresentados os hietogramas de médias mensais e de totais anuais de três estações que são representativas das diferentes regiões citadas acima, ilustrando as variações no regime de chuvas. As temperaturas médias anuais variam entre 24° e 27°C.

O regime hidrológico também é diversificado, com rios intermitentes nas regiões de clima tropical seco, os quais escoam, em regime torrencial, somente nos períodos chuvosos de média e grande intensidade. Na região tropical úmida os rios têm regime permanente, mas apresentam variação acentuada nos índices de escoamento quando de períodos secos ou chuvosos. Devido à construção de açudes para abastecimento público, que tem se intensificado ao longo dos anos,

especialmente na região semiárida, atualmente constatam-se mudanças no comportamento de alguns rios, com maior duração de períodos secos. Verifica-se, tais mudanças, notadamente nas bacias dos rios Capibaribe, Ipojuca e Una.

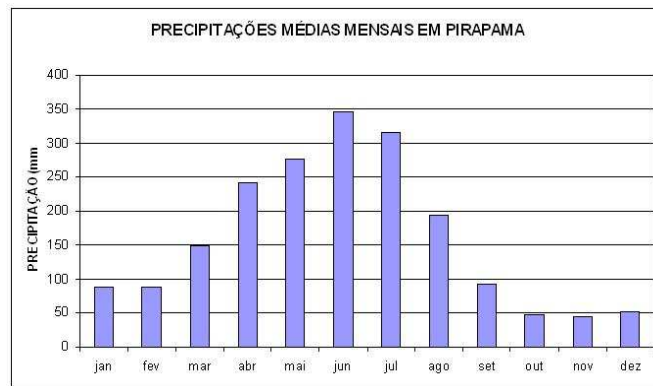


Figura 4 – Precipitações médias mensais em Pirapama (Zona da Mata)

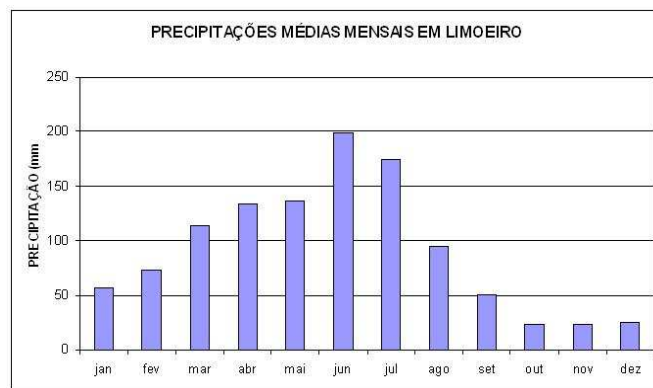


Figura 5 – Precipitações médias mensais em Limoeiro (Agreste)

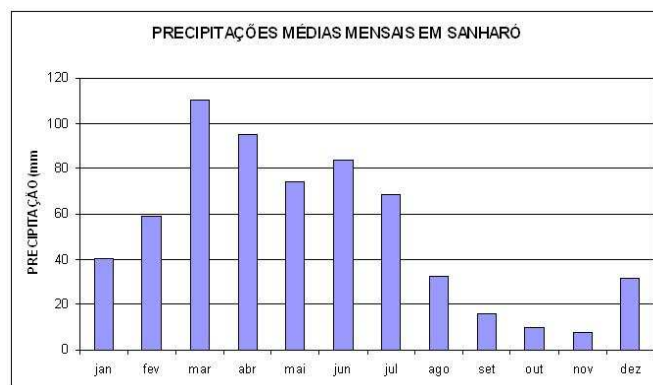


Figura 6 – Precipitações médias mensais em Sanharó (Sertão)

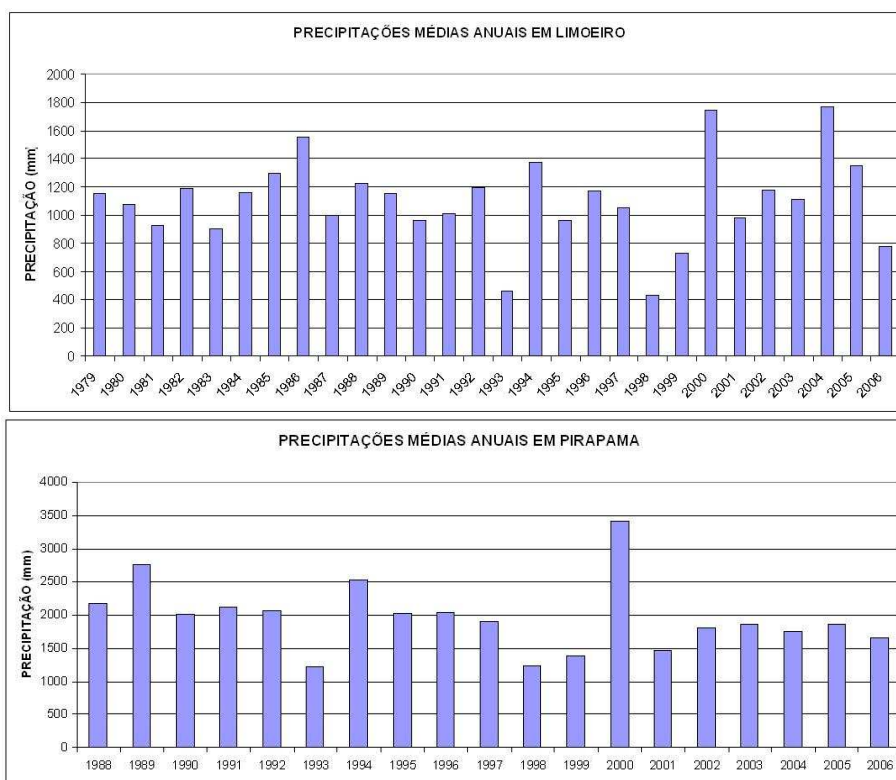


Figura 7 – Precipitações médias anuais em Limoeiro (Agreste) e Pirapama (Zona da Mata)

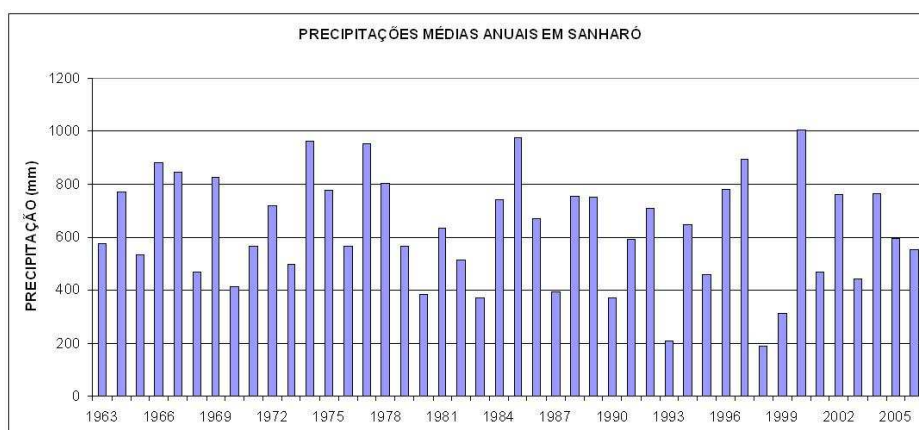


Figura 8 – Precipitações médias anuais em Sanharó (Sertão)

Caracterizando o regime de vazões dos rios que compõem a sub-bacia 39 e a maioria de seus afluentes, pode-se definir o ano hidrológico de março a fevereiro na região Zona da Mata/Litoral e de abril a março na região Agreste. O trimestre mais chuvoso varia de fevereiro a abril na parte mais a oeste da bacia, e de maio a julho na faixa litorânea. O trimestre mais seco varia de agosto a outubro na região mais seca e de novembro a janeiro na região úmida. Na **Figura 9** estão representadas as vazões médias mensais de quatro estações da bacia do Rio Capibaribe.

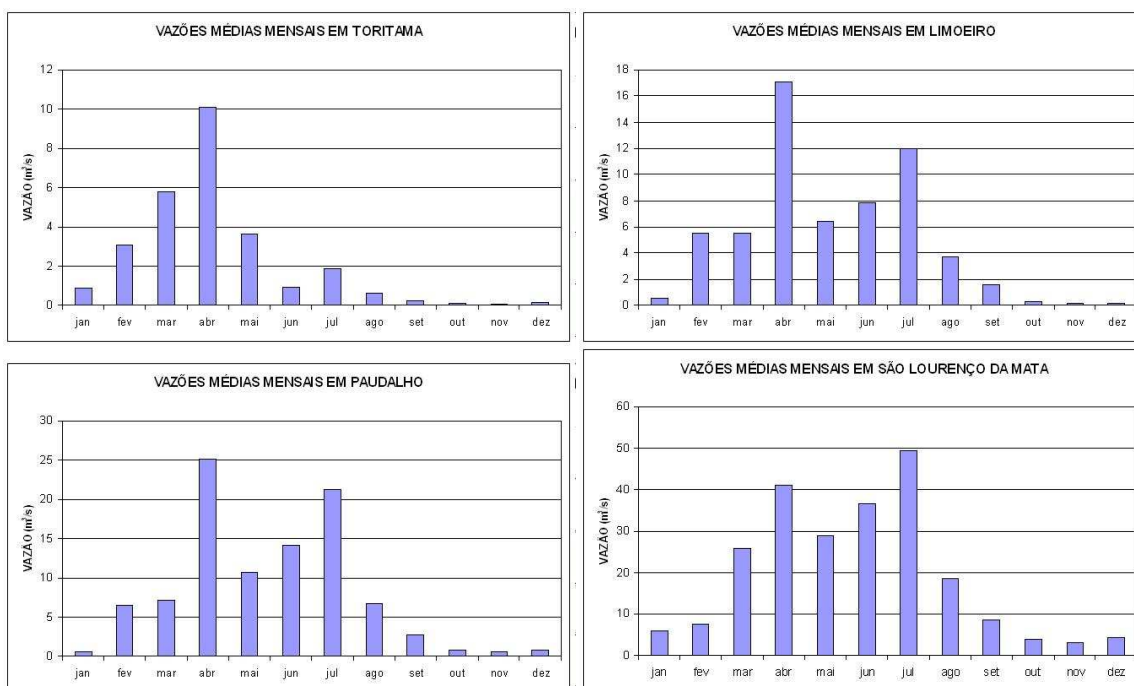


Figura 9 – Vazões médias mensais em Toritama, Limoeiro, Paudalho e São Lourenço da Mata

4 – METODOLOGIA

Os estudos de regionalização ora desenvolvidos basearam-se na metodologia consolidada pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, reunida e apresentada em Tucci (2002).

A metodologia adotada neste trabalho foi a que regionaliza a vazão de 95% de permanência - Q95%, a partir de variáveis explicativas, tais como área de drenagem e precipitação, adotando-se para tanto, equações que melhor se ajustam baseado em regressão linear entre a Q95% e essas variáveis.

Foram analisadas regionalmente as séries anuais de vazões médias e as vazões correspondentes a 50% e 95% das curvas de permanência das séries diárias.

O ajuste da curva de permanência a uma equação exponencial é dada pela equação:

$$Q = \exp(a \times P + b)$$

Onde: $a = -\ln(Q50\%/Q95\%) / 0,45$;

$b = \ln Q50\% - 0,50 \times a$;

P é a probabilidade – Valores entre 0 e 1.

Sendo recomendável utilizar a maior quantidade de dados disponíveis já consistidos. Desta forma, foram coletados todos os dados possíveis de todas as estações com mais de cinco anos de vazão fluvial. Em seguida, os dados das estações foram avaliados quanto à sua qualidade, utilizando-se o critério de avaliação constante em Tucci (*op.cit.*).

Na seleção das estações fluviométricas para a análise regional, ainda foram empreendidos testes de hipóteses para avaliar a estacionariedade (t – Student para as médias e F – Fisher para as variâncias) das séries anuais de vazões médias, e vazões de 95% de permanência anual, utilizando o programa EXCEL e HIDROCAL (Programa elaborado na CPRM, pela Engenheira Hidróloga Marta Ottoni), para verificação da adequabilidade do tratamento probabilístico dessas séries.

Na análise de regressão as variáveis independentes ou explicativas foram grandezas fisiográficas e meteorológicas (climáticas), facilmente quantificáveis, como a área de drenagem e a precipitação total anual média de cada estação, sendo as primeiras determinadas de uma base cartográfica disponível e com o uso das ferramentas do Programa ArcGis 9.3. As meteorológicas foram obtidas da imagem *raster* de precipitações médias anuais do Brasil gerada pelo Projeto Atlas Pluviométrico.

Neste estudo foi utilizado o programa EXCEL como ferramenta de análise de regressão. Os resultados detalhados das regressões são apresentados em forma de tabelas e figuras. As equações de regressão resultantes foram do tipo potencial, tais como:

$$Q_{95\%} \text{ específica} = a \times A^b \times P^c$$

ou

$$Q_{95\%} = A^y \times P^z \times k$$

ou

$$Q_{95\%} = a \times e^{b \times P}$$

Estabelecidas as equações regionais de regressão, foram identificadas as regiões hidrologicamente homogêneas, e com o auxílio de mapas temáticos de geologia e hidrogeologia foram definidos os limites dessas regiões.

5 - COLETA E ANÁLISE DOS DADOS HIDROLÓGICOS BÁSICOS

5.1 – Dados Pluviométricos

Os dados pluviométricos utilizados foram obtidos do estudo feito pelo Projeto Atlas Pluviométrico do Brasil, em desenvolvimento, pela CPRM.

No Projeto Atlas Pluviométrico do Brasil realizou-se uma busca de dados pluviométricos com todas as entidades que compõem tanto o cadastro nacional como os estaduais, sendo estes selecionados e consistidos para o traçado do mapa de isoietas anuais.

No traçado das isoietas dos estados de Pernambuco, Rio Grande do Norte, Alagoas e Paraíba foram utilizadas as entidades ANA, LAMEPE, SUDENE, EMATER e SEMARH-AL. Na sub-bacia

39, objeto do estudo, utilizou-se 73 estações pluviométricas com no mínimo 30 anos de dados. Os dados de chuva dessas estações foram consistidos até o ano de 2006, com base nos quais foram estabelecidas isoietas anuais para o período básico de janeiro de 1977 a dezembro de 2006, considerando os dados disponíveis na ANA e complementados pelos dados das entidades citadas anteriormente.

Assim, tendo em vista que as isoietas foram estabelecidas com base em um período de 30 anos, foram considerados desnecessários novos estudos para a caracterização do regime pluviométrico da região. A representação das isoietas totais anuais encontra-se na **Figura 10**.

5.2 – Dados Fluviométricos

Os dados fluviométricos utilizados foram os das estações com registros constantes no cadastro nacional da ANA (HIDRO - aplicativo de banco de dados disponibilizado pela ANA), cuja maior parte ou em sua totalidade estavam contidos nos bancos de dados da CPRM.

O período de dados trabalhado neste estudo é aquele que se tinha disponível para esta sub-bacia, consistido e bruto até o ano de 2006.

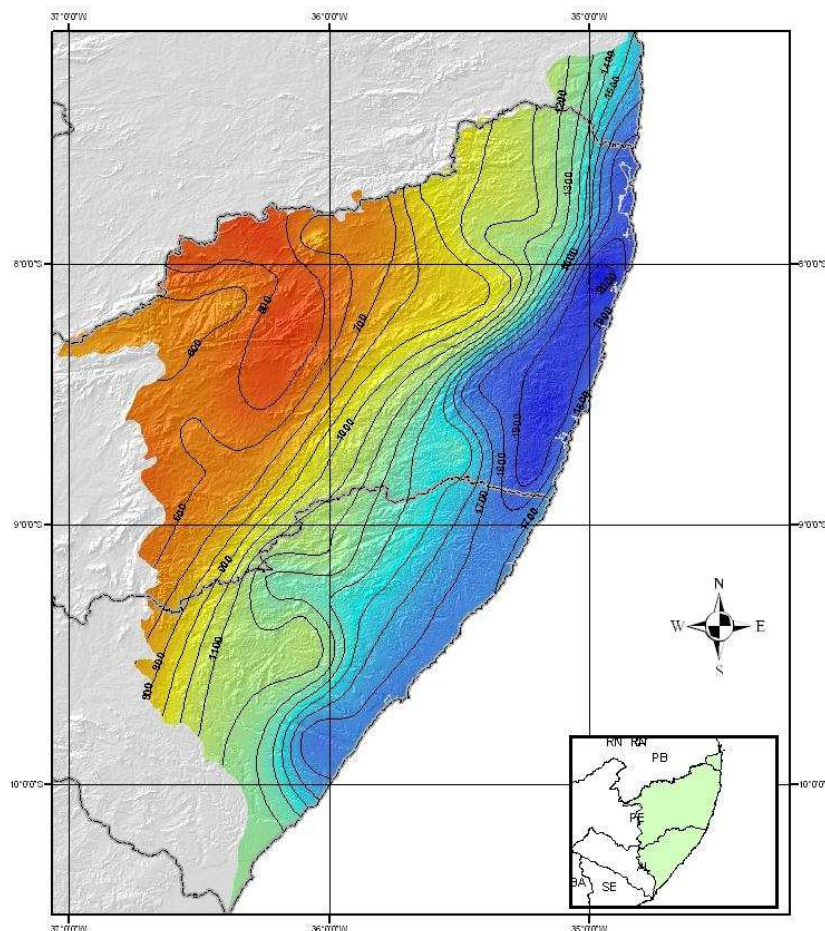


Figura 10 – Representação das Isoietas totais anuais

O inventário das estações fluviométricas da Sub-Bacia 39 disponível na ANA/HIDROWEB apresenta um total de 189 estações cadastradas. No entanto, são disponíveis as séries de vazão de apenas 57 estações, entre elas estações atualmente operadas pela CPRM/Superintendência Regional de Recife (SUREG-RE) e estações extintas, sem contar com a operação de duas estações com apenas leitura de régua - açudes. Não foi possível obter dados das estações em operação de outras operadoras, por não ter esses dados disponíveis.

A coleta de dados fluviométricos na sub-bacia 39 foi iniciada em 1954, pelo DNOCS, através das estações de Toritama, Limoeiro e São Lourenço da Mata, no rio Capibaribe.

A SUDENE, em 1962, assumiu a operação dessas estações, e ampliou a rede com a instalação de novas estações nas bacias dos rios Capibaribe, Ipojuca, Una e Mundaú, tendo atuado na bacia até o ano de 1977. O DNAEE, substituído posteriormente pela ANEEL e depois pela ANA (Agência Nacional de Água), começou a atuar na região em 1973, absorvendo algumas estações da SUDENE e implantando outras ao longo dos anos, sendo hoje a única entidade a possuir rede de estações fluviométricas na sub-bacia.

A **Tabela 1** mostra a situação da rede fluviométrica na sub-bacia 39, levantada com as informações obtidas entre junho e dezembro de 2009, a partir dos dados disponíveis no site ANA/HIDROWEB, e baseado nas estações que possuíam algum dado em 2006 (bruto ou consistido), já que pode ocorrer que algumas estações cadastradas como “em operação” podem não possuir dados disponíveis para o usuário. Segundo este critério, apenas estações operadas pela CPRM foram consideradas, estando incluídas as duas estações com apenas leitura de régua – açudes.

Tabela 1 – Densidade da rede fluviométrica x recomendações OMM

Rio	Área (km ²)	Número de Estações		
		Atual	OMM	A instalar
Gramame	590	-	1 - 1	1
Abiaí	636	-	1 - 1	1
Goiana	2.835	5	1 - 3	-
Capibaribe	7.386	12	3 - 7	-
GL1	1.184	1	1 - 1	-
GL2	1.263	7	1 - 1	-
Ipojuca	3.416	5	1 - 3	-
GL3	129	-	1 - 1	1
Serinhaém	2.086	4	1 - 2	-
GL4	297	-	1 - 1	1
Una	6.763	10	3 - 7	-
Mundaú	4.218	5	2 - 4	-
Camaraçibe	1.756	1	1 - 2	-
GL5	1.612	1	1 - 2	-
Pratagi	762	-	1 - 1	1
Paraíba	3.817	6	2 - 4	-
São Miguel	2.328	1	1 - 2	-
Coruibe	1.949	2	1 - 2	-

A região da sub-bacia 39 foi considerada como sendo região do tipo I, ou seja, áreas planas com zonas tropicais, de acordo com a classificação da OMM - Organização Mundial de Meteorologia para redes fluviométricas/fluviográficas.

De uma maneira geral, em termos de densidade da rede fluviométrica, as sub-bacias se encontram em situação satisfatória, com relação às recomendações mínimas da OMM. No entanto, as bacias do rio Gramame, Abiaí, GL-3 (Grupo de bacias litorâneas 3), GL-4 (Grupo de bacias litorâneas 4) e Pratagi deveriam ter no mínimo 1 estação em cada bacia, mas devido a proximidade do mar e sua influência elas apresentam baixa densidade.

Foi considerada uma avaliação das curvas-chaves conjuntamente com o comportamento da estação para cotas de estiagem e uma consistência de dados para avaliar apenas a continuidade das vazões, não chegando a realizar consistências profundas para mudança ou criação de novas curvas-chaves para estações que viessem a estar comprometidas. O objetivo foi apenas pontuar e quantificar as estações com problemas para avaliar o comportamento de estações dispersas entre agrupamentos de estações que aparentemente tivessem as mesmas características fisiográficas e/ou climáticas esperadas. E, em sendo necessário, descartá-las para não afetar a homogeneização.

Não foi possível obter todas as curvas-chaves das estações fluviométricas operadas anteriormente por outras entidades. Desta forma as curvas-chaves obtidas tiveram origem no banco de dados da própria CPRM/SUREG-RE. Aquelas estações que não tinham curvas-chaves não puderam ser analisadas e continuaram no conjunto de estações fluviométricas selecionadas para o presente estudo de regionalização.

Na sub-bacia 39 existem 57 estações com dados de vazões e foram pré-selecionadas 41 estações com mais de 5 anos de dados de vazões médias diárias.

As 41 estações tiveram a sua localização verificada a partir de todas as fontes possíveis: coordenadas provenientes do banco de dados HIDRO/ANA, coordenadas atualizadas junto ao pessoal da operação, através das fichas descritivas (quando operadas pela CPRM). Nesta etapa foi verificada a coincidência de duas estações: São Lourenço da Mata (39188000) e São Lourenço da Mata II (39187800) com séries complementares. As séries foram usadas complementarmente, por terem a mesma localização.

Para a denominação dessa união adotou-se para o código do local dos dados o da estação que tinha período de dados muito mais longo ou estação com maior quantidade de anos mais recentes, no caso o código 39187800, conforme **Tabela 2**.

Tabela 2 – Estação fluviométrica com séries de dados complementares

Estação Adotada	Entidade	Período Disponível	Estação Complementar	Entidade	Período Disponível
39187800	ANA	1990-2006	39188000	ANA	1956-1989

O processo de avaliação das 41 estações, quanto à qualidade de seus dados, teve como base os critérios para atribuição de qualidade às estações, segundo Tucci (2000).

Foram avaliados, também, os hidrogramas das vazões médias mensais de todo o período de cada estação estudada, juntamente com o histograma de precipitação do posto pluviométrico mais próximo, no caso de existir. E foi a verificação da continuidade das séries de vazão média de longo período.

Nesta etapa foram excluídas mais duas estações (Tiúma – 39185000 e Destilaria JB - 39190000), devido à má qualidade de seus dados. Restando para o estudo 38 estações.

Na bacia em estudo existem muitos reservatórios e pequenos açudes para abastecimento e/ou irrigação. Foram consultadas a Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco e a Secretaria de Meio Ambiente do Estado de Alagoas, mas esta última não nos forneceu os dados dos reservatórios do estado. Então, a relação apresentada na **Tabela 3** reúne os aproveitamentos já existentes na bacia e considerados mais importantes durante a análise dos dados fluviométricos no estado de Pernambuco.

Para verificar a estacionariedade das séries de vazões médias anuais e as séries de vazões anuais Q95% foram testadas as suas variâncias e as médias quanto à equivalência dos valores, calculados a cada dois subperíodos consecutivos para a série completa.

Com as informações dos reservatórios e o diagrama unifilar foram testadas todas as estações, independente de terem influência de reservatórios, pois não obtivemos todas as informações necessárias nos órgãos competentes. Foi feita a análise com dados ao longo dos diversos períodos, tentando-se verificar até que estação haveria influência de cada reservatório.

Para verificação da equivalência das variâncias foi empreendido o *Teste F para Variâncias* e comparado o valor obtido de P uni-caudal, que representa a área da cauda superior, com o nível de significância adotado, no caso $\alpha = 0,05$, se $P > \alpha$ a hipótese de equivalência é aceita. Para verificação das diferenças das médias foi feito o *Teste t: para duas amostras presumindo variâncias equivalentes ou diferentes*, conforme o obtido no *Teste F*. A estatística *t* calculada deve ser inferior ao valor de *t crítico bi-caudal* para que a hipótese de equivalência das médias seja aceita.

Os resultados foram interpretados através do programa “HIDROCAL”. Com os resultados foi feita uma tabela resumo do teste que se encontra na **Tabela 4**.

Na conclusão do teste de estacionariedade foi dada prioridade à análise das vazões a 95%, mesmo que a análise das vazões médias anuais indicasse o contrário, ou seja, a análise de Q95% sobrepõe à análise das vazões médias anuais.

A princípio nenhuma estação foi descartada, apesar de algumas terem sido rejeitadas em alguns períodos, sendo utilizadas as 38 estações para a próxima etapa do estudo.

Tabela 3 – Principais reservatórios da sub-bacia 39

Bacia	Reservatório_Nome	Código Adicional	Rio	Estado_Nome	Município	Responsável	Operadora	Latitude	Longitude	Capacidade Máxima (m³)	Início da operação
GOIANA	SIRIJ	852	RIO SIRIJ	PERNAMBUCO	VICÊNCIA	SRH	SRH	-7,6722	-35,412201	17.260.000	-
	GUARAREMA	857	RIO ITAMBÉ	PERNAMBUCO	ALIANÇA	SRH	SRH	-7,6033	-35,230999	18.000.000	-
	PALMEIRINHA	41	RIO OROBÓ	PERNAMBUCO	BOM JARDIM	COMPESA	SRH	-7,7511	-35,523800	6.500.000	-
CABIARIBE	POÇO FUNDO	15	RIO CABIARIBE	PERNAMBUCO	SANTA CRUZ DO CABIARIBE	COMPESA	SRH	-7,9595	-36,350201	27.750.000	1987
	MACHADO	835	RIACHO ACUDINHO	PERNAMBUCO	BREJO DA MADRE DE DEUS	SRH	SRH	-8,0003	-36,268799	6.800.000	-
	OITIS	57	RIACHO BREJO DA MADRE DE DEUS	PERNAMBUCO	BREJO DA MADRE DE DEUS	COMPESA	SRH	-8,0918	-36,381599	3.020.159	-
	ENGENHEIRO GERCINO PONTES	32	RIO TABOÇAS	PERNAMBUCO	CARUARU	COMPESA	SRH	-8,0253	-36,140598	13.600.000	1958
	JUCAZINHO	814	RIO CABIARIBE	PERNAMBUCO	SURUBIM	DNOCs	SRH	-7,9648	-35,742599	327.035.818	1938
	MATEUS VIEIRA	854	RIACHO DA BICA	PERNAMBUCO	TAQUARITINGA DO NORTE	SRH	SRH	-7,9524	-36,075699	2.752.000	2001
	TABOÇAS-PIACA	851	RIACHO TABOÇAS	PERNAMBUCO	BELO JARDIM	COMPESA	SRH	-8,2370	-36,389202	1.167.924	-
	CARPINA	3	RIO CABIARIBE	PERNAMBUCO	LAGOA DO CARMO	COMPESA	SRH	-7,8941	-35,337799	270.000.000	1978
	CURSAI	815	RIO CURSAI	PERNAMBUCO	PAUDALHO	COMPESA	SRH	-7,8775	-35,175098	13.000.000	1983
	GLORIA DO GOITA	39160000	RIO GOITA	PERNAMBUCO	PAUDALHO	COMPESA	SRH	-7,9681	-35,115799	52.000.000	1986
GL2	TAPACURA	39175000	RIO TAPACURA	PERNAMBUCO	SÃO LOURENÇO DA MATA	COMPESA	SRH	-8,0383	-35,161900	84.200.000	1986
	VARZEA DO UNA	812	RIO VARZEA DO UNA	PERNAMBUCO	SÃO LOURENÇO DA MATA	COMPESA	SRH	-8,0291	-35,122398	11.568.010	-
	MATRIZ DA LUZ	100	RIO MURIBARA	PERNAMBUCO	SÃO LOURENÇO DA MATA	CISAGRO	SRH	-8,0234	-35,080502	1.250.000	1989
	DUAS UNAS	18	RIO DUAS UNAS	PERNAMBUCO	JABOATÃO DOS GUARARAPES	COMPESA	SRH	-8,0922	-35,039200	23.548.500	1982
	SICUPEMA	813	RIO SICUPEMA	PERNAMBUCO	CABO DE SANTO AGOSTINHO	COMPESA	SRH	-8,2209	-35,063400	3.200.000	1993
	GURJAU	54	RIO GURJAU	PERNAMBUCO	CABO DE SANTO AGOSTINHO	COMPESA	SRH	-8,2364	-35,066399	3.200.000	1990
	PIRAPAMA	841	RIO PIRAPAMA	PERNAMBUCO	CABO DE SANTO AGOSTINHO	COMPESA	SRH	-8,2883	-35,072498	60.937.000	2001
	UTINGA	34	RIO UTINGA DE BAIXO	PERNAMBUCO	IPOJUCA	COMPESA	SRH	-8,3534	-35,053101	10.270.000	-
	BITA	68	RIO TABATINGA	PERNAMBUCO	CABO DE SANTO AGOSTINHO	COMPESA	SRH	-8,3714	-35,048401	2.270.000	-
	DUAS SERRAS	853	RIACHO POCÓES	PERNAMBUCO	POCÃO	COMPESA	SRH	-8,2167	-36,716702	2.200.000	-
IPOJUCA	PAO DE ACUCAR	8	RIO IPOJUCA	PERNAMBUCO	PESQUEIRA	COMPESA	SRH	-8,2736	-36,713600	54.696.500	1987
	SAPATO	788	RIO MANICÓBA	PERNAMBUCO	SANHARÓ	COMPESA	SRH	-8,3034	-36,518101	600.000	-
	PEDRO MOURA JR	834	RIO IPOJUCA	PERNAMBUCO	BELO JARDIM	COMPESA	SRH	-8,3333	-36,366699	30.740.000	-
	ENGENHEIRO SEVERINO GUERRA	24	RIO BITURI	PERNAMBUCO	BELO JARDIM	SRH	SRH	-8,3000	-35,416698	17.776.470	1961
	MANUÍNO	71	RIACHO QUEIMADAS	PERNAMBUCO	BEZERRAS	COMPESA	SRH	-8,1928	-35,736698	2.021.000	1990
	TAQUARA	110	RIO TAQUARA	PERNAMBUCO	CARUARU	COMPESA	SRH	-8,3033	-36,042500	1.347.000	1998
	SERRA DOS CAVALOS	140	RIO CAPOEIRÃO	PERNAMBUCO	CARUARU	COMPESA	SRH	-8,3599	-36,041500	761.000	1916
	JAIME NEJAIM	467	RIO OLHO D'AGUA	PERNAMBUCO	CARUARU	COMPESA	SRH	-8,3576	-36,032101	600.000	-
	GUILHERME AZEVEDO	836	RIACHO OLHEIROS	PERNAMBUCO	CARUARU	COMPESA	SRH	-8,3603	-36,031898	786.000	1959
	BREJÃO	83	RIACHO BONITO	PERNAMBUCO	SAIRE	COMPESA	SRH	-8,3772	-35,644199	1.625.000	1982
SIRINHAÉM	BONITO GRANDE	-	RIACHO BONITO GRANDE	PERNAMBUCO	BARRA DE GUABIRABA	DNOCs	SRH	-8,4430	-35,666599	-	1962
	AMARAJI	-	RIO AMARAJI	PERNAMBUCO	AMARAJI	COMPESA	SRH	-8,3243	-35,521900	-	-
	GURJAU	45	RIO UNA	PERNAMBUCO	CAPOEIRAS	COMPESA	SRH	-8,6333	-36,566700	4.700.000	1990
UNA	BREJO DOS COELHOS	846	RIO PALMEIRAS	PERNAMBUCO	SÃO CAETANO	COMPESA	SRH	-8,3861	-36,072800	356.976	1960
	BREJO DO BURACO	837	RIACHO BREJO DO BURACO	PERNAMBUCO	SÃO CAETANO	COMPESA	SRH	-8,3956	-36,065300	1.070.347	-
	PRATA	816	RIO DA PRATA	PERNAMBUCO	BONITO	COMPESA	SRH	-8,5233	-35,836700	42.147.000	-
	CAIANINHA	766	RIACHO CAIANA	PERNAMBUCO	SÃO JOAQUIM DO MONTE	COMPESA	SRH	-8,4416	-35,807900	1.961.340	-
	POÇO DE AREIA	67	RIACHO MORORO	PERNAMBUCO	BEZERRAS	COMPESA	SRH	-8,3569	-35,806198	2.363.000	1990
	PAU FERRO	-	RIO PIRANJI	PERNAMBUCO	QUIPAPÁ	SRH	SRH	-8,8391	-36,119400	12.175.000	-
	SÃO JACQUES	847	RIACHO PAIXÕES	PERNAMBUCO	CANHOTINHO	SRH	SRH	-8,8014	-36,158600	403.600	1990
MUNDAÚ	MUNDAÚ	74	RIO MUNDAÚ	PERNAMBUCO	GARANHUNS	COMPESA	SRH	-8,9610	-36,495600	1.968.600	1995
	INHUMAS	37	RIO INHUMAS	PERNAMBUCO	PALMEIRINA	COMPESA	SRH	-8,9854	-36,371201	7.872.860	1995
	CAJARANA	849	RIO CANHOTO	PERNAMBUCO	GARANHUNS	COMPESA	SRH	-8,7843	-36,519199	2.594.000	-

6 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E CLIMÁTICAS – VARIÁVEIS EXPLICATIVAS

As características fisiográficas quantificáveis, tais como área de drenagem, comprimento do rio principal, densidade de drenagem, declividade e etc. e a precipitação total anual média são grandezas que podem ser utilizadas como variáveis independentes ou explicativas na análise de regressão da variável em estudo, Q95%. Neste trabalho as grandezas calculadas foram área de drenagem e precipitação total anual média, através da utilização de aplicativos de geoprocessamento (ArcView 9.3) com bases cartográficas digitais.

Foram delimitadas as sub-bacias de contribuição às estações diretamente da tela do computador no AutoCad, considerando-se as escalas originais de 1:100.000 para topografia e a escala 1:100.000 para a drenagem. O cálculo das áreas de drenagem das estações pré-selecionadas (estações com mais de 5 anos de dados) realizado no ArcGis utilizou a projeção South América Alberts Equal Área e a ferramenta XTools PRO (Table Operations). Todas as áreas obtidas foram cortadas e limitadas pelo contorno da sub-bacia 39 em escala 1:1.000.000.

A precipitação média anual foi calculada com o cruzamento da imagem RASTER de isoietas totais anuais fornecida pelo Projeto Atlas Pluviométrico (CPRM, *op.cit.*) em escala 1:3.500.000 e as sub-bacias de contribuição às estações fluviométricas. Foram utilizados aplicativos de geoprocessamento para executar o cálculo da média dos valores dos pixels inseridos em cada bacia de contribuição (ArcToolBox/ Spatial Analyst Tools/ Zonal/ Zonal Statistic).

Tabela 4 – Tabela resumo do Teste de estacionariedade

Código	Nome da estação	Nome do rio	Estacionariedade Qm (tolerada a variação da variância)	Estacionariedade Q95% (tolerada a variação da variância)	Conclusão com tolerância para variância
39040000	NAZARÉ DA MATA	RIO TRACUNHAÉM	Aceita	Rejeita 1992 a 2002	Rejeita 1992 a 2002
39080000	ENGENHO ITAPISSIRICA	RIO TRACUNHAÉM	Rejeita 1990 a 1992	Rejeita 1986 a 2000	Rejeita 1986 a 2000
39083000	ENGENHO RETIRO	RIO SIRIJI	Aceita	Rejeita 1992 e 1996	Rejeita 1992 e 1996
39084000	CARICÉ	RIO CAPIBARIBE MIRIM	Amostra insuficiente para o teste	Amostra insuficiente para o teste	Amostra insuficiente para o teste
39150000	PAUDALHO	RIO CAPIBARIBE	Rejeita 1992 e 1994 a 1997	Rejeita 1992 e 1993	Rejeita 1992 e 1993
39155000	ENGENHO SÍTIO	RIO GOITA	Aceita	Aceita	Aceita
39170000	VITÓRIA DE SANTO ANTÃO	RIO TAPACURÁ	Aceita	Rejeita 1971 a 1996	Rejeita 1971 a 1996
39180000	ENGENHO BELA ROSA I	RIO TAPACURÁ	Rejeita 1977 a 1987	Aceita	Aceita
39185000	TIUMA	RIO CAPIBARIBE	Aceita (dividindo a série mensal no ano de 1977)	Aceita	Aceita
39187800	SÃO LOURENÇO DA MATA	RIO CAPIBARIBE	Aceita	Rejeita 1996	Rejeita 1996
39190000	DESTILARIA JB	RIO PIRAPAMA	Amostra insuficiente para o teste	Amostra insuficiente para o teste	Amostra insuficiente para o teste
39191000	PONTE PE-35	RIO PIRAPAMA	Amostra insuficiente para o teste	Amostra insuficiente para o teste	Amostra insuficiente para o teste
39192000	CACHOEIRA TAPADA	RIO PIRAPAMA	Amostra insuficiente para o teste	Amostra insuficiente para o teste	Amostra insuficiente para o teste
39195000	DESTILARIA INEXPORT	RIO PIRAPAMA	Amostra insuficiente para o teste	Amostra insuficiente para o teste	Amostra insuficiente para o teste
39200000	PIRAPAMA	RIO PIRAPAMA	Aceita	Rejeita 1991 e 1992	Rejeita 1991 e 1992
39220000	DESTILARIA BOM JESUS	RIO GURJAU	Amostra insuficiente para o teste	Amostra insuficiente para o teste	Amostra insuficiente para o teste
39360000	ENGENHO TABOCAS	RIO IPOJUCA	Rejeita 1986 a 1992		
39450000	ENGENHO BENTO	RIO SIRINHAEM	Amostra insuficiente para o teste	Amostra insuficiente para o teste	Amostra insuficiente para o teste
39480000	ENGENHO MATO GROSSO	RIO SIRINHAEM	Aceita	Rejeita 2000 e 2001	Rejeita 2000 e 2001
39550000	CATENDE	RIO PIRANGI	Amostra insuficiente para o teste	Amostra insuficiente para o teste	Amostra insuficiente para o teste
39560000	PALMARES	RIO UNA	Aceita	Rejeita 1992 a 1999	Rejeita 1992 a 1999
39580000	JACUIPE	RIO JACUIPE	Aceita	Rejeita 1992	Rejeita 1992
39640000	MATRIZ DE CAMARAGIBE	RIO CAMARAGIBE	Aceita		
39760000	MURICI - PONTE	RIO MUNDAÚ	Rejeita 1989 a 1992	Rejeita 1969 e 1992	Rejeita 1969 e 1992
39770000	FAZENDA BOA FORTUNA	RIO MUNDAÚ	Rejeita 1989 a 1992	Rejeita 1986 a 1997	Rejeita 1986 a 1997
39870000	ATALAIA	RIO PARAÍBA	Rejeita 1999	Rejeita 1990 a 1998	Rejeita 1990 a 1998
39950000	FAZENDA SÃO PEDRO	RIO SÃO MIGUEL	Amostra insuficiente para o teste	Amostra insuficiente para o teste	Amostra insuficiente para o teste
39980000	CAMAÇARI	RIO CORURIPÉ	Rejeita 1997 e 1998	Rejeita 1996 a 2001	Rejeita 1996 a 2001
39100000	SANTA CRUZ DO CAPIBARIBE	RIO CAPIBARIBE	Rejeita 1992	Amostra com valores praticamente nulos	Amostra com valores praticamente nulos
39130000	TORITAMA	RIO CAPIBARIBE	Rejeita 1985 a 1996	Amostra com valores praticamente nulos	Amostra com valores praticamente nulos
39140000	SALGADINHO	RIO CAPIBARIBE	Rejeita 1984 a 1998	Rejeita 1992 a 2001	Rejeita 1992 a 2001
39145000	LIMOEIRO	RIO CAPIBARIBE	Rejeita 1989, 1992 e 1994 a 1996	Rejeita 1999 a 2001	Rejeita 1999 a 2001
39340000	CARUARU	RIO IPOJUCA	Rejeita 1986 a 1990	Amostra com valores praticamente nulos	Amostra com valores praticamente nulos
39345000	GRAVATA	RIO IPOJUCA	Amostra insuficiente para o teste	Amostra com menos de 5 anos	Amostra com menos de 5 anos
39540000	CAPIVARA	RIO UNA	Aceita	Amostra com valores praticamente nulos	Amostra com valores praticamente nulos
39700000	SANTANA DO MUNDAU	RIO MUNDAÚ	Aceita	Rejeita 1999 a 2001	Rejeita 1999 a 2001
39720000	SÃO JOSÉ DA LAJE	RIO CARURU	Rejeita 1999	Aceita	Aceita
39740000	UNIÃO DOS PALMARES	RIO MUNDAÚ	Aceita	Aceita	Aceita
39850000	QUEBRANGULO	RIO PARAÍBA	Aceita	Aceita	Aceita
39890000	VIÇOSA	RIO PARAÍBA	Aceita	Rejeita 1996 e 1997	Rejeita 1996 e 1997

A Tabela 5 apresenta as duas grandezas calculadas para as sub-bacias das estações fluviométricas consideradas no estudo, precipitações médias e áreas de drenagem, além dos valores

das áreas informadas no banco de dados Hidro/ANA e suas diferenças. Adotaram-se os valores calculados.

Tabela 5 – Características físicas e climáticas - variáveis explicativas

Nº	Código	Nome da estação	Nome do rio	Outra estação no mesmo local	Precipitação anual média (mm)	Área calculada (km²)	Área Hidro/ANEEL (km²)	Diferença de área %
1	39040000	NAZARÉ DA MATA	RIO TRACUNHAÉM	não	976	684	650	5
2	39080000	ENGENHO ITAPISSIRICA	RIO TRACUNHAÉM	não	1.050	1.243	1170	6
3	39083000	ENGENHO RETIRO	RIO SIRIJI	não	1.049	467	460	1
4	39084000	CARICÉ	RIO CAPIBERIBE MIRIM	não	1.055	1.319	827	60
5	39150000	PAUDALHO	RIO CAPIBARIBE	não	648	6.243	5950	5
6	39155000	ENGENHO SÍTIO	RIO GOITA	não	1.089	372	401	-7
7	39170000	VITÓRIA DE SANTO ANTÃO	RIO TAPACURÁ	não	962	264	270	-2
8	39180000	ENGENHO BELA ROSA I	RIO TAPACURÁ	não	1.447	43	369	-88
9	39185000	TIUMA	RIO CAPIBARIBE	não	720	7.307	7000	4
10	39187800	SÃO LOURENÇO DA MATA	RIO CAPIBARIBE	não	724	7.343	7040	4
11	39190000	DESTILARIA JB	RIO PIRAPAMA	não	1.271	48	-	-
12	39191000	PONTE PE-35	RIO PIRAPAMA	não	1.308	69	87,8	-22
13	39192000	CACHOEIRA TAPADA	RIO PIRAPAMA	não	1.363	89	-	-
14	39195000	DESTILARIA INEXPORT	RIO PIRAPAMA	não	1.618	235	223	5
15	39200000	PIRAPAMA	RIO PIRAPAMA	não	1.695	340	274	24
16	39220000	DESTILARIA BOM JESUS	RIO GURJAU	não	1.842	140	112	25
17	39360000	ENGENHO TABOÇAS	RIO IPOJUÇA	não	663	2.959	3020	-2
18	39450000	ENGENHO BENTO	RIO SIRINHAEM	não	1.150	526	556	-5
19	39480000	ENGENHO MATO GROSSO	RIO SIRINHAEM	não	1.431	1.301	1330	-2
20	39550000	CATENDE	RIO PIRANGI	não	1.037	1.278	729	75
21	39560000	PALMARES	RIO UNA	não	820	4.960	4740	5
22	39580000	JACUIPE	RIO JACUIPE	não	1.356	798	725	10
23	39640000	MATRIZ DE CAMARAGIBE	RIO CAMARAGIBE	não	1.419	759	760	0
24	39760000	MURICI - PONTE	RIO MUNDAU	não	932	3.295	3560	-7
25	39770000	FAZENDA BOA FORTUNA	RIO MUNDAU	não	973	3.560	3900	-9
26	39870000	ATALAIA	RIO PARAIBA	não	921	2.477	2520	-2
27	39950000	FAZENDA SÃO PEDRO	RIO SÃO MIGUEL	não	1.149	320	346	-7
28	39980000	CAMAÇARI	RIO CORURIBE	não	981	1.394	1380	1
29	39100000	SANTA CRUZ DO CAPIBARIBE	RIO CAPIBARIBE	não	538	1.588	1560	2
30	39130000	TORITAMA	RIO CAPIBARIBE	não	530	2.504	2750	-9
31	39140000	SALGADINHO	RIO CAPIBARIBE	não	578	4.970	5110	-3
32	39145000	LIMOEIRO	RIO CAPIBARIBE	não	610	5.574	5360	4
33	39340000	CARUARU	RIO IPOJUÇA	não	582	1.992	2009	-1
34	39345000	GRAVATA	RIO IPOJUÇA	não	618	2.635	2495	6
35	39540000	CAPIVARA	RIO UNA	não	592	2.640	2610	1
36	39700000	SANTANA DO MUNDAU	RIO MUNDAU	não	823	765	787	-3
37	39720000	SÃO JOSÉ DA LAJE	RIO CARURU	não	763	1.178	1083	9
38	39740000	UNIÃO DOS PALMARES	RIO MUNDAU	não	877	2.899	2980	-3
39	39850000	QUEBRANGULO	RIO PARAIBA	não	672	1.206	1341	-10
40	39890000	VIÇOSA	RIO PARAIBA	não	921	1.841	1610	14

7 – REGIONALIZAÇÃO DA Q95% DA CURVA DE PERMANÊNCIA

A variável a ser regionalizada neste estudo é a vazão de 95% de permanência. Na área em estudo essas vazões são muito pequenas, sendo influenciadas por perturbações no leito do curso d'água devido à barramentos, maioria de pequeno porte.

Na regionalização das vazões a 95% de permanência ajusta-se uma equação empírica exponencial ou linear, que reproduza bem o trecho de interesse.

O procedimento utilizado neste trabalho obedeceu à sequência:

- Determinou-se a curva de permanência das 38 estações fluviométricas selecionadas para o estudo (conforme capítulo 4.2.3), obtendo-se os valores das vazões correspondentes a 95% de permanência (Q_{95});
- Fez-se a análise de regressão de Q_{95} , com as características físicas das sub-bacias, definindo-se as regiões homogêneas e estabelecendo-se as equações regionais de regressão:

$$Q_{95} = F(A, P).$$

As séries de vazões utilizadas para a curva de permanência foram os valores diários das estações com pelo menos 5 anos de dados (estações pré-selecionadas anteriormente).

Todas as curvas de permanência das estações foram construídas através do programa HIDROCAL, com saída em planilhas EXCEL. O procedimento foi ordenar de forma decrescente as vazões diárias das estações, o que obtém a ordenada, e acumular as frequências no sentido da maior para a menor vazão, obtendo assim a abscissa da curva. Os valores de 50% e de 95% de permanência de vazões foram obtidos por interpolação.

Dos 38 postos com descargas médias diárias pré-selecionados, 9 foram descartados por apresentarem vazões zero em noventa e cinco por cento do tempo. A **Tabela 6** apresenta a relação das 29 estações efetivamente utilizadas nos estudos.

7.1 – Análise de Regressão das Vazões Q95%

Para os cálculos envolvidos na análise de regressão foi utilizada a planilha eletrônica Excel. O procedimento de análise consistiu na busca do melhor resultado em termos de melhoria do coeficiente de determinação (R^2 e R^2 ajustado), na diminuição dos resíduos e análise dos demais coeficientes apresentados em cada resultado. No ajuste das vazões optou-se por equações não lineares do tipo potencial e para obtê-las, através de regressão linear, foram utilizados os logaritmos das variáveis dependentes e independentes.

Para iniciar a análise de regressão das vazões $Q_{95\%}$, consideraram-se as 29 estações das 41 estações pré-selecionadas.

Tabela 6 – Relação das estações utilizadas no estudo de regionalização

Estação Código	Estação_Nome	Rio	Município	Latitude (graus)	Longitude (graus)	Período
39040000	NAZARÉ DA MATA	RIO TRACUNHAÉM	NAZARÉ DA MATA	-7,754166667	-35,233055556	1967 - 2006
39080000	ENGENHO ITAPISSIRICA	RIO TRACUNHAÉM	GOIANA	-7,613055556	-35,064722222	1967 - 2006
39083000	ENGENHO RETIRO	RIO SIRIJI	CONDADO	-7,557777778	-35,1175	1977 - 2006
39084000	CARICÉ	RIO CAPIBERIBE MIRIM	ITAMBÉ (EX-TAMBÉ)	-7,542777778	-35,068611111	1999 - 2006
39155000	ENGENHO SÍTIO	RIO GOITA	GLÓRIA DO GOITA	-7,969722222	-35,159444444	1967 - 1999
39170000	VITÓRIA DE SANTO ANTÃO	RIO TAPACURÁ	VITÓRIA DE SANTO ANTÃO	-8,113611111	-35,283888889	1967 - 2006
39180000	ENGENHO BELA ROSA I	RIO TAPACURÁ	SÃO LOURENÇO DA MATA	-8,016666667	-35,116666667	1967 - 1993
39187800	SÃO LOURENÇO DA MATA	RIO CAPIBARIBE	SÃO LOURENÇO DA MATA	-7,998611111	-35,039166667	1989 - 2006
39191000	PONTE PE-35	RIO PIRAPAMA	VITÓRIA DE SANTO ANTÃO	-8,2425	-35,264722222	2000 - 2006
39192000	CACHOEIRA TAPADA	RIO PIRAPAMA	ESCADA	-8,263611111	-35,259722222	2000 - 2006
39195000	DESTILARIA INEXPORT	RIO PIRAPAMA	CABO DE SANTO AGOSTINHO	-8,282222222	-35,156666667	2000 - 2006
39200000	PIRAPAMA	RIO PIRAPAMA	CABO DE SANTO AGOSTINHO	-8,283333333	-35,066111111	1986 - 2006
39220000	DESTILARIA BOM JESUS	RIO GURJAU	CABO DE SANTO AGOSTINHO	-8,251111111	-35,013055556	2000 - 2006
39360000	ENGENHO TABOCCAS	RIO IPOJUICA	POMBOS	-8,281944444	-35,364722222	1967 - 2006
39450000	ENGENHO BENTO	RIO SIRINHAEM	JOAQUIM NABUCO	-8,497222222	-35,497777778	1999 - 2006
39480000	ENGENHO MATO GROSSO	RIO SIRINHAEM	RIO FORMOSO	-8,6375	-35,305555556	1989 - 2006
39550000	CATENDE	RIO PIRANGI	CATENDE	-8,678611111	-35,723333333	1999 - 2006
39560000	PALMARES	RIO UNA	PALMARES	-8,679444444	-35,576944444	1967 - 2006
39580000	JACUIPE	RIO JACUIPE	JACUIPE	-8,841111111	-35,446944444	1989 - 2006
39640000	MATRIZ DE CAMARAGIBE	RIO CAMARAGIBE	MATRIZ DE CAMARAGIBE	-9,129722222	-35,5475	1978 - 2002
39760000	MURICI - PONTE	RIO MUNDAÚ	MURICI	-9,313611111	-35,949722222	1965 - 2006
39770000	FAZENDA BOA FORTUNA	RIO MUNDAÚ	RIO LARGO	-9,467222222	-35,859722222	1965 - 2006
39870000	ATALAIA	RIO PARAIBA	ATALAIA	-9,506666667	-36,022777778	1977 - 2006
39950000	FAZENDA SÃO PEDRO	RIO SÃO MIGUEL	ANADIA	-9,685833333	-36,285277778	2000 - 2006
39980000	CAMAÇARI	RIO CORURIPE	CORURIPE	-10,031111111	-36,303611111	1977 - 2006
39700000	SANTANA DO MUNDAU	RIO MUNDAU	SANTANA DO MUNDAU	-9,167777778	-36,2175	1990 - 2006
39720000	SÃO JOSÉ DA LAJE	RIO CARURU	SÃO JOSÉ DA LAJE	-9,004166667	-36,051111111	1990 - 2006
39740000	UNIÃO DOS PALMARES	RIO MUNDAU	UNIÃO DOS PALMARES	-9,154444444	-36,035833333	1990 - 2006
39890000	VIÇOSA	RIO PARAIBA	VIÇOSA	-9,379166667	-36,249166667	1989 - 2006

Foram analisadas regressões múltiplas e simples, lineares e exponenciais com as áreas de drenagem e as precipitações médias. Correlacionando-se as vazões Q_{95} e Q_{95esp} de cada uma das 29 estações com as áreas de drenagem, e em seguida também com as precipitações médias, nota-se que a regressão exponencial da Q_{95esp} com as precipitações apresenta melhor coeficiente de determinação e menores desvios relativos. Apesar disso, procurou-se, relacionar a vazão específica mínima de referência das estações com a precipitação média em sua bacia de contribuição e com a precipitação e área de drenagem (regressão múltipla). Assim, foram feitas várias tentativas de correlações para se chegar a um grupo de estações, indicando a necessidade de subdivisão em função dos desvios apresentados entre valores estimados e observados. Confirmando que a precipitação é determinante na diferenciação das regiões nas bacias Litorâneas de Pernambuco e Alagoas.

7.2 – Regiões Homogêneas e Funções Regionais

Os resultados da análise de regressão definiram inicialmente dois agrupamentos de estações, com aquelas de comportamento similar, que pela sua situação geográfica pudessem delimitar uma região. As estações consideradas na definição da equação regional de regressão apresentam uma faixa de tolerância de 25% para os desvios.

As equações de regressão regional para as vazões de 95% de permanência Q_{95} da sub-bacia 39 são apresentadas na **Tabela 7**, que também informa os valores de R^2 ajustado e limites de validade para área de drenagem e precipitação.

Tabela 7 – Equação de regressão regional para a Q_{95}

Região Homogênea	Equação regional Sendo: Q(l/s), AD (km ²) e P (m)	R ² Ajustado	Validade AD (km ²) e P (m)
I	$Q_{95} = 1,392 \times AD \times P^{3,587}$	0,9862	235 < AD < 3.560 0,663 < P < 1,618
II	$Q_{95} = 7,7497 \times 10^{-5} \times e^{(0,0080105 \times P)} \times AD$	0,9789	264 < AD < 7.343 0,724 < P < 1,089

A sub-bacia apresenta grande diversidade no regime hidrológico de seus rios, em decorrência de regiões de clima e geologia diferenciados. Assim, a delimitação de regiões homogêneas, para a Q_{95} , que apresenta maior variabilidade, ficou prejudicada na medida em que não se dispõe de séries hidrológicas numericamente suficientes e bem distribuídas pela área em estudo.

A análise das regressões permite concluir que as bacias hidrográficas situadas nas áreas mais próximas ao litoral têm comportamento homogêneo quanto à Q_{95} . Observe-se, porém, que os rios que tem parte de sua bacia na região semiárida e maior complexidade geológica, podem

apresentar comportamento diferente dos demais, como foi o caso do rio Una, onde se situa a estação de Palmares (39560000).

A área da sub-bacia situada mais a oeste, onde os rios são intermitentes e permanecem secos durante o período de estiagem foi considerada como indefinida. A área mais ao norte conseguiu-se agrupar apenas 5 estações (região II), pois a região tem características bem diferentes com muitos barramentos.

Na **Figura 11** é apresentada a delimitação das regiões homogêneas.

8 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Dada a complexidade nas características físicas e climáticas da sub-bacia, bem como ao reduzido número de estações utilizadas no estudo e a menor precisão das séries de vazões, inerentes as zonas semiáridas ou de grande densidade populacional (face a instabilidade da curva-chave por alterações naturais ou artificiais no leito dos rios), o resultado dos estudos para regionalização da Q95% não foi totalmente satisfatório. A separação de regiões homogêneas mostrou-se bastante difícil com o reduzido número de séries de vazões utilizadas adotando-se apenas duas regiões, com estações de comportamento similar de acordo com as variáveis envolvidas e que pela sua situação geográfica pudessem delimitar uma região. Para ajudar na delimitação das regiões foram usados os mapas geológico e hidrogeológico da região, as áreas de contribuição de cada estação e os barramentos.

A sub-bacia 39 que apresenta grandes variações nas características de relevo, geológicas, pedológicas e climáticas, aliadas aos inúmeros reservatórios de acumulação de água implantados ao longo dos anos, está caracterizada por um regime hidrológico bastante diversificado para os rios da região, ou mesmo para trechos de um mesmo rio.

As séries disponíveis, além de apresentarem curta extensão, têm as limitações próprias de regiões semiáridas ou de alta densidade populacional, com periódicas mudanças na curva de calibragem das estações, fruto de modificações no leito dos rios.

A partir da análise da variabilidade regional das vazões, das regressões e seus respectivos desvios, bem como das características gerais da sub-bacia, tornou-se pouco precisa a identificação de regiões homogêneas e principalmente de seus limites. Uma definição mais precisa exigiria, além de uma maior quantidade de estações com séries de vazões, o aprofundamento de estudos hidrogeológicos e a utilização de informações hídricas dos açudes de médio e grande porte (volumes armazenados, defluências, afluências, etc.).

Finalizando, recomenda-se que, sempre que possível, sejam utilizados os dados de rede fluviométrica existente nos rios e açudes, para subsidiar os aproveitamentos e a gestão de recursos

9 – BIBLIOGRAFIA

- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. *Banco de Dados on Line Geobank* (2010), em: <http://geobank.sa.cprm.gov.br>
- ___ - *Regionalização de Vazões da Sub-bacia 39 bacias litorâneas de Pernambuco e Alagoas*. Tomos I e II. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais Superintendência de Recife, 2001.
- LAPPONI, JUAN CARLOS (2005). *Estatística usando o Excel*. 4ª edição, Elsevier. Rio de Janeiro
- SECRETARIA DE CIÊNCIA TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE DE PERNAMBUCO – SECTMA-PE (2006). *Atlas de Bacias Hidrográficas de Pernambuco*; coordenação técnica de Simone Rosa da Silva. Recife.
- TUCCI, C. E. M. (2002). *Regionalização das Vazões*. Agência Nacional de Águas - ANA - IPH - Ed. UFRGS. Porto alegre.
- TUCCI, C. E. M. (2000). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Agência Nacional de Águas - ANA - IPH - Ed. UFRGS. Porto alegre.