

# ANÁLISE DE VAZÕES PARA O PERÍODO ÚMIDO NO AGRESTE PERNAMBUCANO

*Cristiane Ribeiro de Melo<sup>1\*</sup> & Solange Cavalcanti de Melo<sup>2</sup> & Paulo Abadie Guedes<sup>3</sup> & Alvacir Pereira de Melo Júnior<sup>4</sup>*

**Resumo** – A diminuição significativa na pluviometria esperada para o Agreste Pernambucano desde 2012 tem feito com que a seca deixe de ser um drama vivido apenas pelo Sertão. A seca prolongada levou os reservatórios do agreste pernambucano ao colapso e mudou a paisagem natural. O objetivo deste trabalho é caracterizar o comportamento hidrológico das regiões onde as estações fluviométricas operadas pela ANA/CPRM estão instaladas, em relação ao déficit hídrico iniciado em 2012. A análise estende-se pelas bacias hidrográficas dos rios Ipojuca, Una, Ipanema e Mundaú. Os resultados mostraram que a região apresenta uma queda significativa no número de medições de descarga desde 2009, com diminuição da vazão para o período úmido na região.

**Palavras-Chave** – Agreste, Vazões, Seca

**Abstract** – The significant decrease in rainfall expected to Agreste Pernambucano since 2012 has caused drought to be no longer a drama lived only by Sertão. The prolonged drought has led the reservoirs of rural Pernambuco to the collapse and changed the natural landscape. The objective of this work is to characterize the hydrological behavior of the regions where the fluviometric stations operated by ANA / MRCP are installed in relation to drought started in 2012. The analysis extends the watersheds of Ipojuca, Una, Ipanema and Mundaú. The results showed that the region presents a significant decrease in the number of discharge measurements since 2009, with a decreased flow for the wet period in the region.

**Keywords** – Agreste, Flow, Drought

## INTRODUÇÃO

O Agreste, devido à sua localização, é considerado uma região intermediária entre as áreas de clima úmido (Litoral e Zona da Mata) e clima seco (Sertão) (SECTMA, 2006). Entretanto, desde o ano de 2012, com a diminuição significativa na quantidade de chuva, quase toda região tem se apresentado cada vez mais com características semelhantes ao Sertão. No ano de 2012 choveu três vezes menos do que a média dos últimos 10 anos.

Atualmente, nas regiões onde tipicamente a escassez de água é menor, os barreiros estão secos e os reservatórios estão muito abaixo do nível esperado. Isto compromete o abastecimento das cidades, a agricultura, e outras formas de subsistência da região.

Este trabalho tem como objetivo caracterizar o comportamento hidrológico das regiões onde as estações fluviométricas estão instaladas, em relação ao déficit hídrico iniciado em 2012. A análise estende-se pelas bacias hidrográficas do Ipojuca, Una, Ipanema e Mundaú.

---

<sup>1</sup> \* Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM. SUREG-RE, Av. Sul, 2291 – Afogados, CEP 50.770-011, Recife, PE; Tel.: (81) 3316-1468; e-mail: cristiane.melo@cprm.gov.br.

<sup>2</sup> Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM. SUREG-RE, Av. Sul, 2291 – Afogados, CEP 50.770-011, Recife, PE; Tel.: (81) 3316-1464; e-mail: solange.melo@cprm.gov.br.

<sup>3</sup> Instituto Federal de Pernambuco IFPE. Campus Recife, Av. Prof. Luiz Freire, 500 - Cidade Universitária, CEP: 50740-540, Recife, PE; e-mail: paulo.guedes@recife.ifpe.edu.br.

<sup>4</sup> Instituto de Terras e Reforma Agrária do Estado de Pernambuco ITERPE. Av. Caruaru, 2280 - Centro, Garanhuns, PE; e-mail: Alvacir.pereira@iterpe.pe.gov.br

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O Agreste Pernambucano é uma das cinco mesorregiões geográficas do Estado, dividindo-se em Agreste Central, Meridional e Setentrional. O agreste ocupa 24.489,90km<sup>2</sup>, ou seja, 24,75% do território estadual (SRHPE, 1998). A região apresenta características climáticas intermediárias entre climas semiáridos e subúmido, em sua porção ocidental. O período chuvoso é de fevereiro a maio.

Na porção oriental, as chuvas ocorrem de março a junho, com pequeno ou nenhum excedente hídrico (SECTMA, 2006). A Figura 01 ilustra as três subdivisões do Agreste e suas localizações.



Figura 01 – Localização dos Agrestes Setentrional, Central e Meridional

## METODOLOGIA DE ESTUDO

Foram selecionadas todas as estações fluviométricas operadas pela ANA em parceria com o SGB/CPRM no Agreste Pernambucano. A Tabela 01 ilustra todas as estações avaliadas.

Tabela 01 – Estações fluviométricas instaladas no Agreste Pernambucano

Agreste	Código da Estação	Nome da Estação	Data da Instalação	Município	Bacia Hidrográfica
Central	39310000	Sanharó	03/1970	Sanharó	Ipojuca
	39340000	Caruaru	03/1969	Caruaru	Ipojuca
	39345000	Gravatá	10/1999	Gravatá	Ipojuca
	39530000	Cachoeirinha	11/1999	Cachoeirinha	Una
	39535000	Sítio da Chata*	12/2002	Panelas	Ipojuca
	39540000	Capivara	10/1977	Agrestina	Una
Meridional	39575000	Canhotinho	03/2011	Canhotinho	Mundaú
	39689000	Correntes II	09/2009	Correntes	Mundaú
	39710000	Brejão	09/2004	Brejão	Paraíba
	39715000	Palmeirina	02/2011	Palmeirina	Mundaú
	49380000	Horizonte Alegre	11/2004	Pedra	Ipanema
	49480000	Águas Belas	06/1972	Águas Belas	Ipanema
Setentrional	39100000	Sta. Cruz do Capibaribe	04/1986	Sta. Cruz do Capibaribe	Capibaribe
	39130000	Toritama	01/1954	Toritama	Capibaribe
	39140000	Salgadinho	01/1962	Salgadinho	Capibaribe
	39145000	Limoeiro*	04/1956	Limoeiro	Capibaribe

\* Estação extinta em 2009

As curvas de descarga, ou curvas-chave, foram atualizadas até o ano de 2012 e as vazões foram geradas. Os dados empregados estão disponíveis no sistema Hidroweb no site da Agência Nacional de Águas - ANA. Foram preenchidas as falhas de vazão média nas estações tomando como base as estações de apoio, localizadas a montante e/ou a jusante, no mesmo rio.

De posse das séries de vazões, foram feitas análises estatísticas para caracterizar o regime fluviométrico da área estudada em relação ao déficit hídrico iniciado em 2012. As estações extintas não foram avaliadas, pois não apresentam série de vazão até o ano analisado.

A Figura 02 ilustra a distribuição das estações fluviométricas nas regiões do Agreste. As setas em azul são estações do Agreste Setentrional. As vermelhas, do Agreste Central e as verdes apontam as do Agreste Meridional.

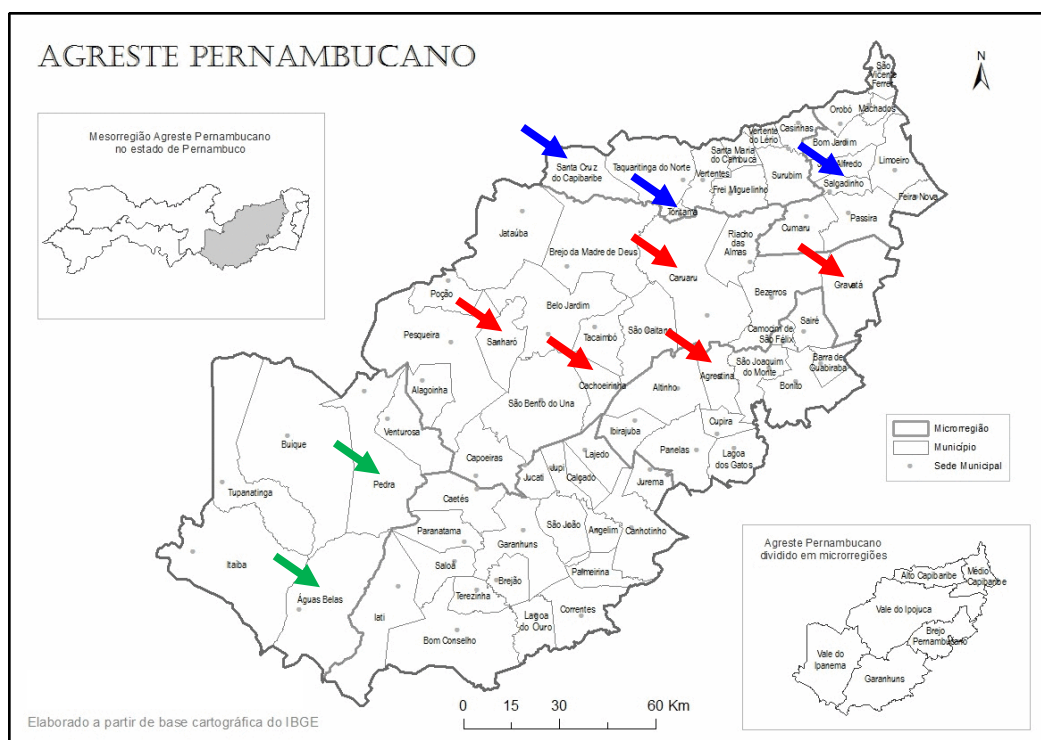


Figura 02 – Municípios Inseridos no Agreste Pernambucano

### Curva-chave

A curva-chave define uma equação matemática que represente as medições existentes, apresentando os menores desvios relativos às vazões medidas. A curva é feita ajustando, pelo método dos mínimos quadrados, uma equação exponencial do tipo:

$$Q = a (h - h_0)^n \quad (1)$$

Em que: Q é vazão em m<sup>3</sup>/s; h é o nível d'água em m (leitura na régua); a, n e h<sub>0</sub> são constantes para o posto, a serem determinados; h<sub>0</sub> corresponde ao valor de h para vazão Q = 0.

Para que a equação tenha significado físico, é importante observar o valor resultante para o expoente n que não deve se afastar muito de 5/3. Este seria o expoente da profundidade média (h), na equação de Manning (considerando: área = base média x altura e altura = raio hidráulico). Expoentes próximos de 2 ou 3 seriam aceitáveis, admitindo-se que a curva-chave possa ser uma parábola de 2º ou 3º grau (Jaccon e Cudo, 1989).

## **Análise de vazões**

O objetivo da análise de frequências das variáveis hidrológicas é relacionar a magnitude dos eventos com sua frequência de ocorrência por meio de uma distribuição de probabilidade (Naghettini e Pinto, 2007).

Há três formas possíveis para se obter a disponibilidade hídrica. A média de longo termo, o valor mais frequente (mediana), ou percentual da média de longo termo. A escolha desse valor é de grande relevância na definição dos parâmetros característicos dos períodos de seca, tais como a duração, severidade e magnitude (Freitas, 2010).

A partir da curva das médias mensais e da Média de Longo Termo ( $Q_{mlt}$ ) é possível definir o período seco e o período úmido. Quando a média mensal está abaixo da  $Q_{mlt}$  existe a ocorrência de período seco. O inverso ocorre na determinação dos períodos úmidos.

A vazão média de longo termo é a média das vazões anuais para a série de dados. A vazão específica corresponde à vazão média distribuída na área, ou seja, corresponde à  $Q_{mlt}$  dividida pela área da bacia hidrográfica contribuinte à estação.

O desvio padrão indica a variabilidade dos valores ao redor da média. O coeficiente de variação indica a variação dos dados obtidos em relação à média. O coeficiente é obtido diminuindo o desvio-padrão pela média. Ele indica o peso do desvio-padrão sobre a distribuição. Quanto menor o coeficiente, mais homogêneos serão os dados. O coeficiente de variação é considerado baixo quando for menor ou igual a 25%.

A curva de permanência representa uma curva de distribuição das frequências acumuladas de ocorrência das vazões em um rio. A vazão mediana, encontrada na curva de permanência, corresponde ao ponto da vazão que tem 50% de probabilidade de ser excedida ( $Q_{50}$  = vazão mediana).

## **RESULTADOS**

A falta de água no Agreste Pernambucano, causada pela pouca pluviometria na região, tem se agravado nos últimos anos. Em algumas estações fluviométricas, como as localizadas no Agreste Central, ainda foi possível medir descarga líquida até o ano de 2011. Mas infelizmente, em quase todo o ano de 2012, não foi possível medir descarga em todo o Agreste. A exceção foi a estação Salgadinho no Agreste Setentrional.

As séries de cota analisadas mostraram que na região do Agreste Central não há leitura de cotas em 03 das 05 estações fluviométricas analisadas, em média, desde o final do ano de 2012. O mesmo ocorre no Agreste Meridional e Setentrional. Outro agravante importante é que em algumas estações a cota registrada não representa água com velocidade (vazão), caracterizando a situação de água parada ou rio cortado. As vazões geradas para as estações com tais características são muitas vezes nulas, ou muito próximas a zero, desde o final do ano de 2011.

A Tabela 02 apresenta a vazão média anual da última década, gerada através da vazão obtida com a curva-chave, para as estações envolvidas na análise.

No Agreste Central foram realizadas medições de descarga até 2011 em 04 das 06 estações fluviométricas em operação. As estações de Capivara e Sítio da Chata tiveram suas últimas medições de descarga em 2010 e 2009, respectivamente.

A estação de Sanharó, mesmo instalada em março de 1970, só teve suas vazões geradas a partir de 2004 por falta de medição de descarga líquida (rio seco ou sem velocidade). Foram preenchidas as falhas de vazão média utilizando como apoio a estação Caruaru, localizada a jusante. As falhas de vazões médias mensais foram preenchidas pelo método de regressão simples, no caso

de um único apoio, ou regressão múltipla, no caso de mais de um apoio. Os períodos com falhas nas estações não possuem sobreposição

Tabela 02 – Série de vazão média anual reconstituída para o período de 2002 a 2012 (m<sup>3</sup>/s)

Estação Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
39100000	0,05	0,01	1,31	0,01	0,03	0,42	3,23	2,66	0,76	1,45	0,00
39130000	0,20	0,00	5,73	0,00	0,79	4,24	9,25	10,04	5,00	7,05	0,00
39140000	0,03	0,00	5,72	3,05	0,06	0,02	1,45	1,91	7,03	6,33	0,82
39310000	-	-	3,89	0,59	0,53	0,25	2,67	4,50	2,58	0,24	0,30
39340000	0,75	0,07	6,66	1,92	1,07	0,62	2,84	5,08	4,76	3,60	0,54
39345000	1,25	0,28	8,68	4,19	2,16	1,92	4,21	7,51	6,70	6,00	1,26
39530000	0,15	0,02	8,95	1,42	0,33	0,03	0,84	2,31	3,12	2,03	0,00
39540000	2,07	0,19	9,47	6,19	1,62	1,36	2,95	4,56	11,63	6,66	0,28
49380000	-	-	-	0,04	0,67	0,63	1,62	1,49	0,74	0,22	0,00
49480000	-	0,03	0,00	2,28	0,00	1,46	11,66	10,61	8,66	1,32	0,00

A estação de Caruaru apresenta série com uma falha (falta de dados) que vai de 1994 a 1999. A estação de Capivara está localizada na região de Brejo, onde as precipitações ocorrem acima da média considerada para o agreste. Isto também ocorre como a estação de Gravatá, que é a mais próxima da Zona da Mata. Por isso, estas estações apresentam maior vazão se comparadas às demais.

No Agreste Meridional, área mais próxima ao Sertão Pernambucano, apenas a estação Horizonte Alegre apresentou medição até 2011, seguida da estação Correntes II com medições até 2010. As demais apresentaram as últimas vazões medidas em períodos anteriores a 2009, ou simplesmente não apresentam medição de descarga desde a instalação. Em toda a região meridional apenas duas estações apresentam série de vazão, apesar da escassez de medições para determinação de curvas-chave de melhor qualidade. A estação de Águas Belas é a mais próxima do sertão pernambucano.

Todas as estações localizadas no Agreste Setentrional estão instaladas na Bacia do Rio Capibaribe, uma das mais barradas do Estado. Dessa forma, além da escassez de vazão causada pela falta de chuva, ainda há a problemática dos excessivos barramentos. Isto torna cada vez menor a vazão disponível na área estudada.

A estação de Santa Cruz do Capibaribe, localizada a jusante da Barragem de Poço Fundo, devido aos barramentos, apresenta uma vazão muito mais baixa que a esperada. A estação de Salgadinho é a mais próxima da Zona da Mata. A estação de Toritama, localizada a jusante de Sta. Cruz, está inserida no pólo têxtil da região, onde há um número significativo de barramentos clandestinos. A Tabela 03 mostra as estações analisadas e suas respectivas estações de apoio utilizadas para o preenchimento de vazão mensal média.

Tabela 03 – Estações de apoio para preenchimento de falhas de vazão mensal

Estação Analisada	Estações de Apoio
Caruaru	Sanharó e Gravatá
Gravatá	Caruaru
Cachoeirinha	Capivara
Capivara	Cachoeirinha
Santa Cruz do Capibaribe	Toritama

A Tabela 04 apresenta a  $Q_{mlt}$  para toda a série das estações avaliadas, o desvio padrão, o coeficiente de variação e a vazão média para o ano de 2012. Observa-se uma grande diferença entre a  $Q_{mlt}$  das estações e a vazão média para o ano de 2012. Em termos percentuais, houve uma diminuição média de 90% na vazão média anual na região.

Tabela 04 - Vazão média de longo termo em relação à vazão média anual para 2012

Agreste	Cód. da Estação	Nome da Estação	Área (km <sup>2</sup> )	$Q_{mlt}$ (m <sup>3</sup> /s)	Desvio Padrão (m <sup>3</sup> /s)	Coeficiente de Variação (%)	$Q_{média}$ 2012 (m <sup>3</sup> /s)
Central	39310000	Sanharó	672	1,73	1,70	98,47	0,30
	39340000	Caruaru	2.000	2,55	2,57	100,67	0,67
	39345000	Gravatá	2.650	3,75	2,76	73,69	1,26
	39530000	Cachoeirinha	1.210	1,75	2,62	150,01	0,00
	39540000	Capivara	2.610	3,57	3,33	93,27	0,28
Meridional	49380000	Horizonte Alegre	567	2,86	3,85	134,80	0,00
	49480000	Águas Belas	3910	0,67	0,61	90,89	0,00
Setentrional	39100000	Sta. C. Capibaribe	1.560	0,61	0,90	147,32	0,00
	39130000	Toritama	2.450	2,84	3,86	136,00	0,00
	39140000	Salgadinho	4.910	3,04	3,55	116,68	0,82

No Agreste as maiores vazões, no período úmido, ocorrem entre abril e julho. Para definição da  $Q_{mlt}$  para o período úmido, as séries de vazão foram compatibilizadas por área para um mesmo período. No Agreste Meridional a série considerada foi de 07 anos (2005-2011), no Agreste Central de 08 anos (2004-2011) e no Agreste Setentrional de 25 anos (1987-2011).

A Figura 03 ilustra a comparação entre a  $Q_{mlt}$  das séries no período úmido e a vazão média do período chuvoso em 2012. As frequências com que a vazão no período úmido é igualada ou excedida podem ser visualizadas nas Figuras 04 e 05.

A Tabela 05 apresenta as vazões com probabilidade de ocorrência de 5%, 25%, 50%, 75% e 90% no período úmido.

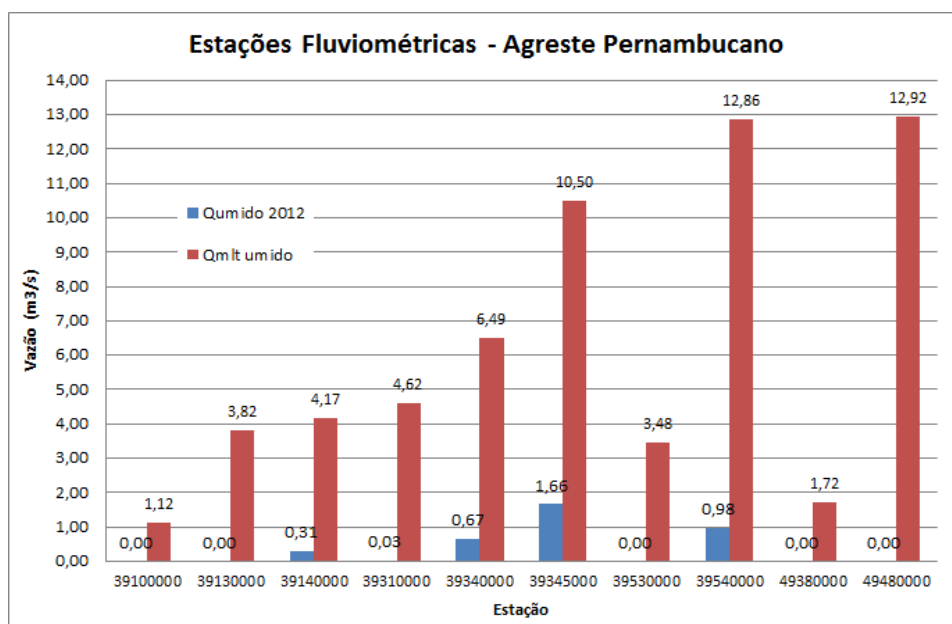


Figura 03 –  $Q_{mlt}$  para o período úmido e  $Q_{média}$  para o ano de 2012 no mesmo período

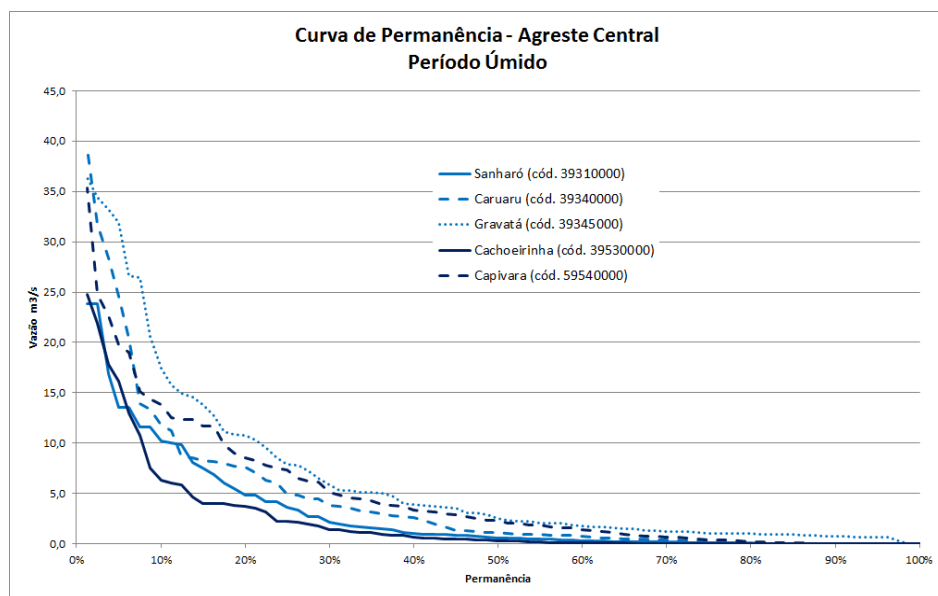


Figura 04 – Curva de Permanência para o período úmido no Agreste Central

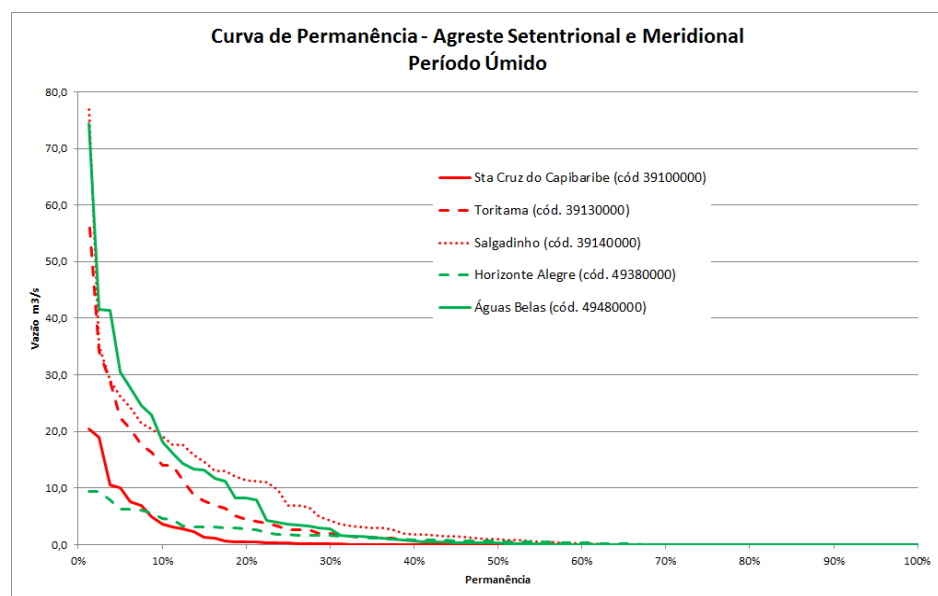


Figura 05 – Curva de Permanência para o período úmido nos Agrestes Meridional e Setentrional

Tabela 05 –  $Q_5$ ,  $Q_{25}$ ,  $Q_{50}$ ,  $Q_{75}$  e  $Q_{95}$  para o período úmido das estações analisadas

Código da Estação	$Q_5$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{25}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{50}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{75}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{95}$ (m <sup>3</sup> /s)
39310000	10,00	0,29	0,00	0,00	0,00
39340000	22,50	2,65	0,25	0,00	0,00
39345000	26,20	7,01	1,05	0,00	0,00
39530000	13,50	3,64	0,60	0,09	0,00
39540000	24,60	4,90	1,12	0,24	0,00
49380000	31,90	7,89	2,49	1,03	0,61
49480000	16,10	2,21	0,31	0,01	0,00
39100000	19,80	7,31	2,31	0,42	0,00
39130000	6,31	1,77	0,60	0,00	0,00
39140000	30,50	3,55	0,26	0,00	0,00

A vazão mediana para o período úmido, ou seja, a vazão facilmente encontrada é a de 50%. O período das grandes estiagens geralmente ocorre para probabilidade superior a 95%. Na região, ocorre para o  $Q_{75}$ . O tempo de retorno para o  $Q_5$  é de 20 anos, para o  $Q_{25}$  de 04 anos, para  $Q_{50}$  de 02 anos e para  $Q_{75}$  de 1,33 anos.

## CONCLUSÕES

Desde o final de 2009, a região apresenta uma queda significativa no número de medições de descarga, chegando a 2012 sem qualquer registro de medição na região. Isto mostra o comportamento de seca prolongada desde o início da segunda década desse século.

Existe uma má distribuição espacial das estações, além das séries pequenas que causam inconsistências e, conseqüentemente, uma caracterização da área comprometida pela falta de dados. Principalmente na região de Agreste Setentrional e Meridional.

Observa-se que não existe um comportamento cíclico plurianual e as variações parecem aleatórias. No entanto, existem períodos de anos seguidos acima da média e anos seguidos abaixo da média. As vazões durante o período de seca são inferiores a 50% da MLT. Os valores apresentados para o coeficiente de variação indicam que não há homogeneidade nas séries.

Apesar de todas as observações anteriores, é visível a diminuição da vazão para o período úmido em relação ao ano de 2012. A diminuição na vazão chega, no caso de algumas estações, a 100% em relação à  $Q_{mlt}$  para o período úmido. As estações de Sta. Cruz do Capibaribe, Toritama, Capivara, Horizonte Alegre e Águas Belas passaram todo ano de 2012 sem registro de vazão.

Dessa forma, visualiza-se a mudança do comportamento hidrológico na região a partir do final de 2011 e por todo ano de 2012, antecedendo a seca vivida na região no ano de 2013 e transformando a típica paisagem de agreste no triste cenário da seca do sertão pernambucano.

## REFERÊNCIAS

FREITAS (2010). Freitas, M. A. S., ICID+18, 16-20 de Agosto de 2010, Fortaleza - Ceará, Brasil.

HIDROWEB, 2013. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> Acesso em: jan/2012.

JACCON, G; CUDO, K.J. Curva-chave: Análise e Tração. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE. Ministério das Minas e Energia – MME. Brasília, junho de 1989.

NAGHETTINI E PINTO (2007). Hidrologia Estatística, Naghettini, M. e Pinto, E. J. A., CPRM, 2007. Cap. 8, pg 285

SECTMA (2006). Atlas de Bacias Hidrográficas de Pernambuco, Secretaria de Tecnologia e Geociência do Estado de Pernambuco- SECTMA. 2006. Pág. 16

SRH-PE (1998). Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco, Secretaria de Recursos Hídricos de Pernambuco - SRHPE, 1998. Volume 1. Pg. 33.