



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO  
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO  
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS**

**JOSÉ JEFFERSON BARROS PIRES**

**ÍNDICE DE VARIABILIDADE DO ESCOAMENTO NAS ESCALAS  
SEMANAL E MENSAL: ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA ENGENHO  
MATO GROSSO/PE**

**SUMÉ - PB  
2018**

**JOSÉ JEFFERSON BARROS PIRES**

**ÍNDICE DE VARIABILIDADE DO ESCOAMENTO NAS ESCALAS  
SEMANAL E MENSAL: ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA ENGENHO  
MATO GROSSO/PE**

**Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao curso de Graduação em  
Engenharia de Biosistemas, do Centro de  
Desenvolvimento Sustentável do Semiárido  
da Universidade Federal de Campina  
Grande, em cumprimento as exigências  
para obtenção do título de Engenheiro de  
Biosistemas.**

**Orientador: Dr. Paulo da Costa Medeiros.  
Co-orientador: Dr. George do Nascimento Ribeiro.**

**SUMÉ - PB  
2018**

P667i Pires, José Jefferson Barros.  
Índice de variabilidade do escoamento nas escalas semanal e mensal: Estação Fluviométrica Engenho Mato Grosso/PE. / José Jefferson Barros Pires. - Sumé - PB: [s.n], 2018.

36 f.

Orientador: Professor Dr. Paulo da Costa Medeiros. Co-orientador: Professor Dr. George do Nascimento Ribeiro.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biosistemas.

1. Hidrologia. 2. Hidrograma. 3. Gestão dos recursos hídricos.  
4. I. Título.

CDU: 556.18(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

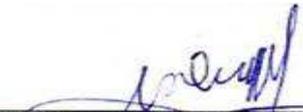
Johnny Rodrigues Barbosa  
Bibliotecário-Documentalista  
CRB-15/626

**JOSÉ JEFFERSON BARROS PIRES**

**ÍNDICE DE VARIABILIDADE DO ESCOAMENTO NAS ESCALAS  
SEMANAL E MENSAL: ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA ENGENHO  
MATO GROSSO/PE**

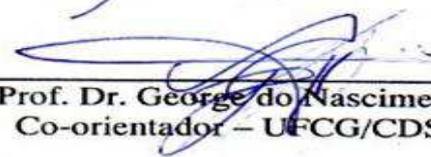
Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biosistemas do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Biosistemas.

**BANCA EXAMINADORA:**



---

Prof. Dr. Paulo da Costa Medeiros  
Orientador – UFCG/CDSA/UATEC



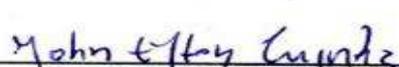
---

Prof. Dr. George do Nascimento Ribeiro  
Co-orientador – UFCG/CDSA/UAEB



---

Prof. Dr. Hugo Morais de Alcântara  
Examinador interno – UFCG/CDSA/UATEC



---

Prof. Dr. John Elton de Brito Leite Cunha  
Examinador externo - UFCG/CDSA/UAEP

Trabalho aprovado em: 19 de dezembro de 2018.

**SUMÉ - PB**

Dedico esta monografia a toda minha família, em especial a minha mãe Maria Genilda, meu pai Ernandes Pires, a minha irmã Jéssica Fernanda, a meu avô Eugênio Barros (*in memorian*) a minha avó Terezinha e os meus tios e tias, por terem me guiado na vida e me ensinado a ser uma pessoa humilde, prestativa e nunca desviar do caminho do bem. Também de forma especial dedico a minha esposa Jacqueline Leite por todo companheirismo nessa longa caminhada acadêmica.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me dado a dádiva da vida, a saúde, a força e a coragem nos momentos mais difíceis da minha graduação para enfim concluí-la.

Aos meus amados pais Ernandes Pires e Maria Genilda, por terem me dado o maior incentivo, apoio e ensinamentos para seguir em frente em todos os momentos. A minha irmã Jéssica Fernanda, que também me incentivou bastante e pelo o apoio. Agradeço a minha esposa Jacqueline Leite por todo o companheirismo, apoio, compreensão, felicidade, carinho, incentivo, e dedicação de cada vitória durante todos esses anos.

À minha família, que me deram todo suporte e maior incentivo nos momentos mais cruciais. Quero deixar uma palavra de gratidão por terem acreditado na minha capacidade e por nunca me deixarem desistir a minha sonhada formação acadêmica.

Ao meu orientador Dr. Paulo da Costa Medeiros pela paciência, dedicação, e amizade. Agradeço por sempre confiar em mim e de contribuir com todo o seu conhecimento para a conclusão desse excelente e belíssimo trabalho. Saiba que és muito mais que um professor orientador, é um amigo, que além da sabedoria e competência, possui uma grande determinação e carisma, que tornam uma pessoa muito especial e isso faz com que todos queiram estar ao seu lado. Agradeço também ao meu coorientador Dr. George do Nascimento Ribeiro pelo apoio e ensinamentos durante toda a minha graduação.

Aos professores, por todos os conhecimentos repassados que contribuíram para a minha formação. Agradeço também a todos os técnicos e funcionários do CDSA por toda dedicação e ajuda pelo centro.

Agradeço a Fernanda Magalhães pela amizade e apoio durante esse grande percurso, afinal quando estamos longe da família, tudo é mais difícil. Sem medir esforços me ajudou nas horas que mais precisei como também me motivou a nunca desistir daquilo que almejamos.

Agradeço aos colegas de curso, que de forma direta e indireta compartilharam comigo tristezas, alegrias, conquistas, por todo apoio e incentivo: Layane Rocha, Júlio Rodrigues, Herlanne Porto, Maykon Barros, Jessica Sabrina, Crisóstomo Trajano e Fernanda Ketylle.

E por fim, a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus Sumé – CDSA (Centro de Desenvolvimento do Sustentável de semiárido), pela grande oportunidade de ingressar e poder concluir meu curso, e de me conceder o título de bacharel em Engenharia de Biosistemas.

“Apesar dos nossos defeitos, precisamos enxergar que somos pérolas únicas no teatro da vida e entender que não existem pessoas de sucesso ou pessoas fracassadas. O que existe são pessoas que lutam pelos seus sonhos ou desistem deles”. (Augusto Cury)

## RESUMO

A outorga dos direitos de uso constitui um dos principais instrumentos de gestão das águas no Brasil. Propor critérios para alocação dos recursos hídricos é tarefa complexa, pois, além da necessidade de se considerar as diferentes modalidades de usuários, incorpora-se ainda a demanda ecológica, como quantitativo fundamental para manutenção da biota aquática. O uso de vazão de referência, como valor fixo aplicado para todo o ano hidrológico, tem sido um dos critérios mais empregados nos modelos de outorga. No entanto, partes dos aportes excedentes a esse limiar, notadamente nos períodos de cheia, poderiam ser considerados. O presente trabalho refere-se delimitação da ascensão e recessão do fluxo e cálculo de índices que denotam a proporção dessa variabilidade frente ao escoamento fluvial. Foram utilizados dados da estação fluviométrica Engenho Mato Grosso, localizada na bacia do rio Sirinhaém, no município de Rio Formoso/PE. Foram considerados aportes de vazão nas escalas mensal e semanal. Os resultados, indicaram que a variabilidade na escala mensal, foi mais expressiva nos meses chuvosos do que nos de estiagem. Já na escala semanal, os índices apresentaram-se de maneira heterogênea ao longo do ano, especialmente em 1999, 2000, 2002 e 2004. Os resultados destacam a importância de se abordar a variabilidade das vazões, no apoio a confecção do hidrograma ambiental, subsidiando na tomada de decisões quanto a alocação de outorga, deixando o uso tradicional de valor mínimo/único ao longo do ano hidrológico, para uma abordagem que flexibiliza valores conforme regime de vazões.

**Palavras-chave:** Hidrograma. Separação dos escoamentos. Gestão das Águas.

## ABSTRACT

The granting of rights is one of the main water management instruments in Brazil. Proposing criteria for the granting of water resources is a complex task, since it is necessary to consider the different types of users, as well as the ecological and quantitative demand that is fundamental for the maintenance of the aquatic environment. The use of reference flow, as a fixed value applied for the whole hydrological year, has been one of the criteria most used in the grant models. However, part of the contributions exceeding this limit, especially during rainy periods, could be considered. The present work refers to the delimitation of the rise and recession of the flow and calculation of indices denoting the proportion of this variability in relation to the fluvial flow. Data were used from the Engenho Mato Grosso fluviometric station, located in the Sirinhaém watershed, in the municipality of Rio Formoso/PE/Brazil. Flows were considered in the monthly and weekly scales. Contributions were calculated in the monthly and weekly scales flow. The results indicated that the variability in the monthly scale was more significant in the rainy months than in the dry season. In the weekly scale, the indices presented in a heterogeneous way throughout the year, especially in 1999, 2000, 2002 and 2004. The results emphasize the importance of addressing flow variability, supporting the creation of the environmental hydrograph, subsidizing decisions on grant allocation, leaving the traditional use of minimum/single value throughout the hydrological year, for an approach which flexibilizes values according to flow regime.

**Keywords:** Hydrograph. Separation of flows. Water Management.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Bacia do rio Sirinhaém.....	20
<b>Gráfico 1</b> - Delimitação da variabilidade de vazão: traçado interligando inflexões (a) e área em destaque representando o volume escoado (b).....	23
<b>Gráfico 2</b> - Série temporal de dados de vazões diária, média semanal e média mensal – estação fluviométrica Engenho Mato Grosso/PE (Período: 01/01/1997 a 31/12/2006).....	24
<b>Gráfico 3</b> - Delimitação da ascensão e ressecção do escoamento da vazão média mensal - Estação fluviométrica Engenho Mato Grosso/PE (Período: 01/01/1997 a 31/12/2006).....	24
<b>Gráfico 4</b> - Delimitação da ascensão e recessão do escoamento da vazão média semanal - Estação fluviométrica Engenho Mato Grosso/PE (Período: 01/01/1997 a 31/12/2006).....	25
<b>Gráfico 5</b> - Índice da variabilidade de vazão mensal - Estação fluviométrica Engenho Mato Grosso /PE (Período: 01/01/1997 a 31/12/2006).....	25
<b>Gráfico 6</b> - Índice da variabilidade de vazão semanal - Estação fluviométrica Engenho Mato Grosso /PE (Período: 01/01/1997 a 31/12/2006).....	26
<b>Gráfico 7</b> - Índice de variabilidade média de janeiro a dezembro, segundo dados na escala mensal - estação fluviométrica Engenho Mato Grosso /PE (Período: 01/01/1997 a 31/12/2006).....	27
<b>Gráfico 8</b> - Índice de variabilidade média de janeiro a dezembro, segundo dados na escala semanal - estação fluviométrica Engenho Mato Grosso /PE (Período: 01/01/1997 a 31/12/2006).....	27
<b>Gráfico 9</b> - Vazões médias mensais ponderadas dos índices de variabilidade calculados para a escala semanal e mensal - estação fluviométrica Engenho Mato Grosso /PE (Período: 01/01/1997 a 31/12/2006).....	28

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas

APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima

CEPAL - Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe

HIDROWEB - Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Água

IVE - Índice de variabilidade do escoamento

ITEP - Instituto de Tecnologia de Pernambuco

MMA - Ministério do Meio Ambiente

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos

$Q_{95}$  – Corresponde a vazão presente no rio, durante pelo menos 95% no tempo

$Q_{90}$  – Representa 80% da vazão referencial quando não houver barramento em rios perenes, de acordo com o estado de Pernambuco e 90% da Vazão referencial quando houver barramento em curso d'água intermitente, de acordo com estado de Pernambuco

$Q_{7,10}$  – 50% da Vazão Referencial.

SEMA - Secretaria de Estado de Meio Ambiente

SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	14
3.1 A PROBLEMÁTICA DOS RECURSOS HÍDRICOS NO MUNDO.....	14
3.2 GESTÃO DOS RECURSOS HIDRICOS NO BRASIL.....	14
3.3 OUTORGA: INSTRUMENTO DE CONTROLE DE GESTÃO DAS ÁGUAS .....	16
3.3.1 Critérios para outorga de direito de uso da água .....	16
3.3.2 Vazão ambiental, aporte fundamental para o ecossistema aquático.....	17
3.4 HIDROGRAMA: SÉRIE TEMPORAL DO ESCOAMENTO FLUVIAL.....	18
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	20
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO .....	20
4.2 DADOS E METODOLOGIA .....	22
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	24
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	29
<b>7 RECOMENDAÇÃO</b> .....	30
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	31

## 1 INTRODUÇÃO

A água é indiscutivelmente um dos elementos naturais mais importantes para manutenção do equilíbrio da vida no mundo. A ausência dela não existiria um ambiente vivo e colaborativo. Na contemporaneidade a questão da água é bastante discutida sob o olhar dos problemas ambientais em relação de como estamos tratando esse recurso para a continuidade da vida em todos os segmentos, o que aumenta o pensamento de que se deve preservá-la. Portanto, a procura por soluções viáveis para os problemas ambientais, se faz necessário para o controle e monitoramento da sua quantidade e qualidade disponível para a garantia de que as atuais e futuras gerações possam ter acesso a esse recurso.

A restrição e a má distribuição desses recursos hídricos, seja espacial ou temporal, têm como consequências a diversos eventos extremos, como secas e inundações, bem como a escassez hídrica em várias regiões do mundo, elevando o nível de conflitos internacionais, pela posse da água (PEIXINHO, 2010).

Porto e Porto (2008) ressaltam que os recursos hídricos precisam de um conjunto mínimo de instrumentos para a devida gestão sustentável, entre eles: uma base de dados e informações socialmente acessível, a definição clara dos direitos de uso, o controle dos impactos sobre os sistemas hídricos e o processo de tomada de decisão.

Para enfrentar os problemas e obter um controle dos recursos hídricos, no Brasil foi criada a Política Nacional de Recursos Hídricos no ano de 1997, a Lei de n.º 9.433, que tem como base a gestão compartilhada e participativa da água, nela verifica-se, que água é um bem de domínio público, atribuído de valor econômico e a bacia hidrográfica é sua unidade de gerenciamento.

Nessa Lei, existem cinco instrumentos para a referida gestão das águas, dentre eles, a outorga, um instrumento de administração e controle, que é administrada pelo poder público, com a função de gerenciar a autorização o uso da água com condições e tempo predeterminado, incluindo uma suspensão temporária ou definitiva caso seja comprovado irregularidades através de uma fiscalização (CAROLO, 2007). Segundo Pereira e Lanna (1996) os critérios para outorga, se dar através de um valor de referência, que indicará o limite superior de utilização do curso d'água. Essa adoção do limite tem como garantia assegurar o atendimento às demandas de prioridade (abastecimento aos usuários e garantia de vazão mínima no rio) e ao mesmo tempo assegurar o atendimento. Sob a ótica da sustentabilidade, um aporte fundamental na definição de critérios para a outorga, é o conceito da vazão

ecológica/ambiental. As alterações sazonais do fluxo representam informação importante dentro desse contexto.

Para Cruz (2000), a vazão ecológica é definida como “a vazão necessária para que sejam preservadas as condições de pulso hidrológico, transporte de sedimentos e nutrientes, sincronicidade com o ciclo de vida das espécies silvestres da fauna e flora e a taxa de perturbações necessárias à renovação e funcionamento dos ecossistemas associados ao curso de água, ou seja, a vazão necessária para manter as funções que mantêm o mosaico de biótipos que compõem o rio, nos seus leitos maiores e menores”.

O presente trabalho focaliza-se na delimitação da ascensão e recessão do escoamento fluvial, em escalas semanal e mensal, da estação Engenho Mato Grosso, localizada na bacia hidrográfica do rio Sirinhaém, no município de Rio Formoso/PE, visando apoiar estudos sobre a definição do aporte ambiental da vazão de outorga.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Delimitar a variação da ascensão e recessão do escoamento nas escalas semanal e mensal da estação fluviométrica Engenho Mato Grosso/PE, fazendo abordagens dessas delimitações no contexto da outorga dos direitos do uso da água.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Definir períodos de dados do estudo;
- Calcular as vazões médias nas escalas semanal e mensal;
- Traçar hidrogramas e delimitar a ascensão e recessão da vazão semanal e mensal;
- Determinar os índices de escoamento nas áreas delimitadas.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 A PROBLEMÁTICA DOS RECURSOS HÍDRICOS NO MUNDO**

A água é indiscutivelmente um dos elementos mais importantes para manutenção da vida no planeta. Sem a sua existência não poderia existir um ambiente vivo. O planeta Terra possui cerca de 70% de água da superfície em estado líquido, porém a mais de 97% desse volume está representada por água salgada (TUNDISI e TUNDISI, 2008; SILVEIRA et al, 2018), que tem se preocupado, nas últimas décadas, de que essa pequena quantidade deve ser preservada de maneira que ela possa continuar o ciclo da vida na terra.

A questão referente aos aspectos quantitativo e qualitativo da água, na contemporaneidade, vem sendo discutida sob a ótica das problemáticas ambientais concernentes a garantia desse recurso para a continuidade da vida para as gerações futuras.

Segundo Ribeiro (2008), a situação do agravamento da escassez hídrica, está relacionada com a desigualdade da distribuição da água e essa distribuição não obedece a critérios econômicos, culturais ou políticos, sendo fatores responsáveis pelo consumo descontrolado e pela a falta de acesso à água e o saneamento básico. Consumo, cultura, território, política e natureza são os elementos chaves para a compreensão da crise dos recursos hídricos, e é por meio dessas combinações que podem sair alternativas para o abastecimento de toda a população do planeta.

Tomasoni et al. (2009), enfatiza que os cenários de escassez dos recursos hídricos são provocados por impactos de diversas naturezas e com uma incompatibilidade entre seus usos e potencialidades das águas, em diversas regiões do planeta. Com isso, tem sido feito novas formas de intervenção que exigem um planejamento e um manejo integrado do mesmo.

#### **3.2 GESTÃO DOS RECURSOS HIDRICOS NO BRASIL**

O crescimento populacional e a intensificação das atividades produtivas promoveram um maior uso das águas e, em algumas situações, transformaram rivalidades em conflitos entre os seus usuários.

Nas últimas décadas, o crescimento das populações no planeta e o consequente aumento das demandas sem controle dos recursos naturais, promoveram impactos negativos ao meio ambiente. Atenta-se para “intensificação das atividades produtivas que promoveram

um maior uso das águas e, em algumas situações, transformaram rivalidades em conflitos entre os seus usuários” (ANA, 2014).

A Política Nacional de Recursos Hídricos foi criada pela Lei nº 9.433, de 1997, e tem como base a gestão compartilhada e participativa da água. Esta foi derivada, da necessidade da gestão das águas, cuja complexidade motivou vários técnicos e setores da sociedade debateram sobre a expansão das esferas deliberativas na gestão dos recursos naturais (ANA, 2013a).

A Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH no seu Art. 5º nos fornece os objetivos e as diretrizes de gestão por meio de cinco instrumentos, sendo eles: os Planos de Recursos Hídricos (documento que compreende o diagnóstico e planejamento das águas em uma bacia hidrográfica, formulados com uma visão de longo prazo, sendo que em geral, trabalham com horizontes entre dez e vinte anos, acompanhados de revisões periódicas) (ANA, 2013b); o Enquadramento dos corpos de água em classes (nível de qualidade a ser alcançado ou mantido ao longo do tempo segundo Resolução do CONAMA nº 357/2005 (MMA, 2005) (ANA, 2013b; ANA, 2018); a Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos (controle quantitativo e qualitativo dos usos da água) (ANA, 2011); a Cobrança pelo uso dos recursos hídricos (instrumento econômico); e o Sistema de Informações sobre recursos hídricos (visa prover informação, apoiando os processos de tomada de decisão, inerentes à gestão integrada dos recursos hídricos) (ANA, 2016).

A criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH iniciou-se no ano de 1991, com proposta de sua criação, encaminhada pelo Congresso Nacional. Durante seis anos de tramitação, houve diversos conflitos de posições diferentes para preservar o controle da gestão das águas no setor elétrico, ligado ao Departamento Nacional de águas e Energia Elétrica (DNAEE) órgão pertencente ao Ministério de Minas e Energia (NOVAES, 2006).

Em 1998, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH foi criado, atuando como o órgão máximo do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH, sendo principal fórum nacional para o debate sobre a política da gestão dos recursos hídricos do Brasil. O conselho atua de maneira determinante nas decisões, sempre através de moções e resoluções (MORAIS et al. , 2018).

A Agência Nacional de Águas (ANA), é um órgão gestor das águas no país, foi criada através da Lei 9.984/2000, encontra-se vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, o objetivo do órgão é disciplinar a utilização dos rios, de forma a controlar a crescente poluição e o desperdício das águas, para fornecer a disponibilidade das águas para as próximas gerações. A

Agência articula-se com diversos órgãos e entidades públicas e privadas, que fazem parte do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH. E com a criação dessa Lei a água passa, definitivamente, a incorporar a agenda política brasileira (ANA, 2002).

### 3.3 OUTORGA: INSTRUMENTO DE CONTROLE DE GESTÃO DAS ÁGUAS

Conforme a Lei 9.433/97, a outorga tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água. “É o ato administrativo pelo qual o poder outorgante concede ao outorgado o direito de uso do recurso hídrico por prazo determinado e conforme os termos e as condições expressas no ato” (MMA, 2006).

A Lei 9.984/2000 complementou a regulamentação da outorga, nela o órgão gestor estabelece a possibilidade da emissão das outorgas preventivas, definindo limites para as outorgas preventivas e do direito de uso. A Resolução nº 16 do Conselho Nacional dos Recursos Hídricos - CNRH, de 08 de maio de 2001, institui diversos critérios para a outorga de direito de uso de recursos hídricos, também estabelecendo critérios para emissão dos atos administrativos pela autoridade outorgante (ANA, 2013c).

Ela serve como ferramenta na prevenção ou na solução de diversos conflitos de uso, comuns na inexistência ou inaplicação de tal instrumento, podendo também ser utilizado para a manutenção dos ecossistemas (MMA, 2006).

Segundo Machado (2002), para a liberação da outorga o governo não pode conceder ou permitir usos que provoquem a alteração da qualidade e a quantidade das águas, assim como não podem agir sem justiça ao permitirem acesso a este recurso. Essa norma legal da outorga de direitos do uso torna-se dessa forma, vinculante para a ação governamental federal e estadual.

#### 3.3.1 Critérios para outorga de direito de uso da água

Em função das diversas modalidades de usuários de água, a definição de critérios para a outorga tem sido tarefa complexa. No Brasil, é dominante o critério de outorga considerando a vazão de referencia (percentual de vazão pré-fixada segundo série histórica de dados) ou vazão mínima. As vazões de referência mais citadas na literatura, como a Q90 e Q95, com 90 e 95% de garantia, Q7,10, vazão mínima de 7 dias consecutivos com dez anos

de período de retorno (TUCCI e MENDES, 2006). Na literatura, o uso da vazão de referência está bastante difundido (VERGARA et al., 2013; CRUZ e TUCCI, 2008).

Tal critério proporciona maiores garantias de atendimento das demandas, concernente às vazões mínimas, com a desvantagem de limitar o crescimento do sistema de uso da água, condicionando à conflitos entre usuários (ALMEIDA e CURI, 2016), “à medida que o estoque disponível de água se aproxima do limite outorgável” (SANTOS, 2010).

Grazieira (2013) destaca que, essas metodologias fundamentam-se em parâmetros genéricos, em função da ausência de estudos e discussões sobre o tema, inclusive no âmbito legal, em que, muitos estados utilizam padrões conservadores buscando maior proteção dos corpos hídricos, quanto às vazões remanescentes, quando, na verdade, a análise específica do regime de vazões, pode proporcionar base necessária para uma decisão pautada na sustentabilidade.

Nesse sentido, o uso de valor fixo anual da vazão outorgável, impede o aproveitamento de água derivado de vazões maiores nos períodos de cheias, sendo possível considerar o aspecto sazonal para melhores alocações no contexto da outorga (RIBEIRO e LANNA, 2001; MARQUES, 2006; CURI et al, 2011), mensal (LE MOS et al., 2006), bimensal ou trimestral (POSSAS, 2011).

### 3.3.2 Vazão ambiental, aporte fundamental para o ecossistema aquático.

Um aporte fundamental que deve ser considerado na definição do critério de outorga é a quantidade referente à manutenção da biota aquática. Referindo-se aos rios, a quantidade de água para a vida no corpo hídrico e ambiente ripário. Nesse sentido, a consideração da sazonalidade torna-se um fator importante para a manutenção do sistema aquático.

Segundo Cruz (2000), a vazão ambiental é considerada necessária para a preservação das condições de pulso hidrológico, do transporte de sedimentos e nutrientes, das espécies silvestres de fauna e da flora e a taxa de perturbações que são indispensáveis para a renovação e funcionamento dos ecossistemas relacionados ao curso de água, em outras palavras, é a vazão necessária para manutenção das funções que mantém o mosaico de biótipos que compõem o percurso do rio, nos seus leitos maiores e menores.

No Brasil existe uma variedade de regimes hidrológicos, e boa parte dessas regiões apresentam sazonalidade nas vazões naturais, isto é, há uma variabilidade durante o ano em que as vazões são mais baixas (normalmente de julho a outubro) ou mais altas (os meses de verão). Portanto, a Agência Nacional das Águas - ANA considera natural que a vazão de

referência deve refletir esta característica, permitindo uma demanda maior nos meses mais úmidos e restringindo mais nos meses mais secos. Na medida do possível, a ANA tem adotado vazões Q95 mensais, ao invés da Q95 anual (ANA, 2013c).

A variabilidade da vazão de rios é determinada por fatores relacionados entre a precipitação e a fisiologia da bacia, condicionando os padrões do escoamento fluvial, destacando princípios básicos sobre a influência do regime natural de vazões e a ecologia aquática ribeirinha, de forte ralação espaço-temporal, como nas relações entre a diversidade ecológica e o fluxo do canal, bem como a sazonalidade (BUNN e ARTHINGTON, 2002; TUCCI, 2009).

Vários métodos foram desenvolvidos para avaliar a vazão ambiental de determinados rios e estuários. Alguns deles envolvem modelagem e tratamento sofisticados de dados com foco nas variações de vazão. Outros são orientados por meio de opinião de pesquisadores, ambientalistas e gestores. Enquanto outros são baseados simplesmente no empirismo de liberar água através das comportas das barragens e avaliar o seu efeito posteriormente. Essas metodologias podem ser agrupadas e classificadas em 4 (quatro) categorias genéricas: i) métodos baseados em registros hidrológicos e na consulta a tabelas, ii) métodos baseados em parâmetros hidráulicos, iii) métodos baseados na relação habitat e vazão e iv) métodos holísticos (MEDEIROS et al., 2015).

### 3.4 HIDROGRAMA: SÉRIE TEMPORAL DO ESCOAMENTO FLUVIAL

O hidrograma resume-se como sendo uma série temporal de vazão, é definido como um gráfico que retrata a vazão em dada seção do curso de água em função do tempo, por meio de linhas contínuas ou traços horizontais, tendo como caracterização três partes fundamentais, entre eles são: a ascensão que está relacionada a um grande gradiente e à quantidade de água depositada no solo em dado período; a região de pico que se localiza próximo ao valor máximo do hidrograma em seguida o mesmo começa a mudar a sua inflexão, e sua consequência se dá pela redução das precipitações ou até mesmo do amortecimento da bacia; e por fim a recessão, parte pela qual o escoamento subterrâneo se torna o principal contribuidor para atingir a vazão total do rio (TUCCI, 2007). Essa subdivisão é considerada um auxílio satisfatório para os estudos, planejamentos e manuseio dos recursos hídricos (AKSOY et al, 2009).

Segundo Tucci (2003), para determinação de um projeto de uma bacia hidrográfica, o hidrograma depende de dois elementos principais, a separação do volume de escoamento superficial e a propagação deste volume para jusante.

As séries temporais de vazões são importantes ferramentas para estabelecer os valores de referências nas seções fluviométricas, em que se tem esse monitoramento. Entretanto, Costa et al. (2012), enfatiza que em muitas regiões “os dados hidrológicos são reduzidos ou inexistentes, devido aos elevados custos de implantação, operação e manutenção da rede hidrométrica”. Para as pequenas bacias, pode se tornar inviável devido aos custos e estrutura. Portanto, a obtenção desses valores de vazão de referência para as bacias que tem um monitoramento contínuo em relação àquelas obtidas através da regionalização fica variando entre 0,7 e 94,1% (SOARES et al., 2010). Morettin e Toloí (2004), enfatizam que os modelos utilizados para descrever séries temporais são processos estocásticos, em outras palavras, processos controlados por leis probabilísticas.

Medeiros et al. (2011) ressalta que o hidrograma abrange todo o desempenho hídrico da bacia, suas subdivisões retratam o comportamento da água no rio volumetricamente com o tempo e representa informação de grande importância para o planejamento dos recursos hídricos.

Segundo Mortatti et al. (2004), “as séries temporais de vazão são o resultado da integração dos componentes do ciclo hidrológico e, conseqüentemente, das influências naturais e antrópicas numa determinada região”. Elas servem como auxílio para diversas tomadas de decisões em relação à racionalização do uso da água e à preservação desse recurso.



No município de Camocim de São Félix encontra-se a nascente do rio Sirinhaém, considerado o principal curso d'água da bacia, tendo uma extensão de aproximadamente de 158 km, com sentido Noroeste – Sudeste, atravessando os municípios de Cortês e Gameleira. O rio Sirinhaém tem como principais afluentes os: na sua margem direita tem os riachos Seco, Tanque de Piabas e Várzea Alegre, Córrego Sabiá e Rio Cuiambuca; já na sua margem esquerda temos os riachos do Sangue e os rios Amaraji, Camaragibe, Tapiruçu e Sibiró. Dentre esses afluentes citados, o mais importante é o rio Amaraji, que tem sua nascente no município de Gravatá, onde sua extensão é de aproximadamente de 65 km, e as águas das cidades de Gravatá, Amaraji, Ribeirão e Gameira são drenas para ele (APAC, 2018).

Segundo a Agência Pernambucana de Água e Clima (2018) a bacia do rio Sirinhaém tem uma extensão de aproximadamente de 2.090,64 km<sup>2</sup> e compreende um total de 19 municípios em sua área (2,13% da área do estado). Dentre esses municípios, apenas os municípios de Cortês e Ribeirão estão inseridos totalmente na bacia, os municípios de Amaraji, Barra de Guabiraba, Camocim de São Félix, Gameleira, Joaquim Nabuco, Sairé e Sirinhaém, tem apenas a sua sede na bacia. Os municípios restantes, que são: Água Preta, Bezerros, Bonito, Escada, Gravatá, Primavera, São Joaquim do Monte, Tamandaré, Ipojuca e Rio Formoso apenas se encontram parcialmente inseridos na bacia.

A bacia do Rio Sirinhaém possui na sua precipitação anual uma grande irregularidade, com valores climatológicos de precipitação anual oscilando entre 550 mm na região oeste e 2.330 mm no setor leste da bacia. Nos municípios de Sairé e em Bonito, são observados os menores índices de precipitação entre 680 mm e 806 mm, respectivamente. Já nos municípios de Sirinhaém e Rio Formoso apresentam os maiores índices de precipitação entre 2.307 e 2.200, respectivamente (ITEP, 2011).

Segundo Silva et al. (2017), a observação da tendência da diminuição da precipitação e de eventos extremos, a bacia do rio Sirinhaém (UP 04) que está localizada na Zona da Mata, onde existe os maiores índices pluviométricos do estado do Pernambuco, apresenta evidência da ocorrência de dias mais úmidos e consecutivos, com isso, provocando maior escoamento superficial e erosão do solo, ficando a região vulnerável à ocorrências de inundações e cheias.

O regime sazonal das vazões observadas no rio Sirinhaém no posto Engenho Mato Grosso indica a ocorrência de um período úmido, compreendido entre maio a outubro, sendo julho, a ocorrência dos maiores deflúvios. O período de estiagem vai de novembro e abril, com valores mínimos observados no mês de dezembro (ITEP, 2011).

## 4.2 DADOS E METODOLOGIA

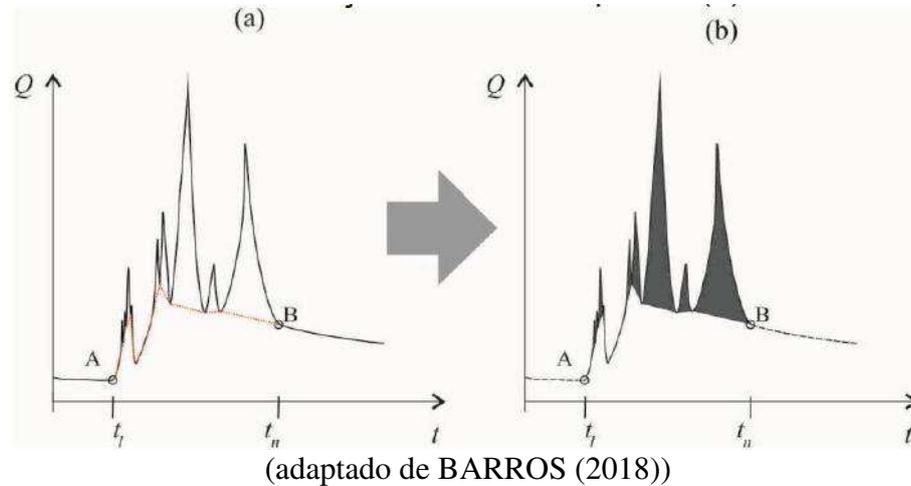
Foi definida a estação fluviométrica de código (39480000), situada em Engenho Mato Grosso, no município de Rio Formoso no estado de Pernambuco, apresentando um fluxo de base na sua extensão do período estudado. Para a coleta de dados fluviométricos, foram obtidos através do site de Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Água (HIDROWEB, 2017). A escolha da estação fluviométrica e período (de 1 de janeiro de 1997 a 31 de dezembro de 2006) para a aplicação da metodologia, esteve atrelada ao trabalho desenvolvido por Barros (2018), que fez o uso de funções lineares na delimitação com foco na escala temporal diária.

No contexto quantitativo e qualitativo das águas, séries temporais na escala semanal, são de interesse na área de saneamento e saúde (TRAUTWEIN JR, 2004; ASMUS, 2014; ANTUNES e CARDOSO, 2015; DA CRUZ FERREIRA, 2015; GHIZZO FILHO et al. 2018). Já a análise de séries temporais em dados mensais, é amplamente empregada em estudos hidroclimatológicos (ALVES-CAVALCANTI et al., 2018; BAPTISTA e SEVERO, 2018; GOTADO, 2018; SIQUEIRA et al., 2018; VIERIRA et al., 2018). Neste trabalho, a metodologia foi aplicada em hidrogramas nas escalas semanal e mensal.

Delimitou-se a variabilidade de vazões, no aporte total no escoamento, através das funções lineares, interligando as inflexões, como demonstrado no Gráfico 1, traçados de vazões de A para B, intervalo de tempo  $t_B - t_A$ . Para a formação do hidrograma e o traçado da delimitação da variabilidade da vazão, utilizou-se a planilha eletrônica MS EXCEL.

O volume de escoamento é representado pela área abaixo da curva vazão versus tempo (VILLELA e MATTOS, 1975), sendo assim, é possível calcular o volume total e o volume abaixo da delimitação. A diferença entre esses volumes representará o aporte delimitado (Gráfico 1b).

**Gráfico 1** - Delimitação da variabilidade de vazão: traçado interligando inflexões (a) e área em destaque representando o volume escoado (b)



Assim sendo, baseado no índice de escoamento de base (PINTO, 2006; AKSOY, 2009; FSUP, 2009), que relaciona a proporção do fluxo de base frente ao fluxo total, é possível calcular a proporção da variabilidade frente ao escoamento fluvial (índice de variabilidade). Nesse caso, aqui representado por IVE, índice de variabilidade do escoamento.

Para a determinação dos volumes escoados o método usado foi pela a integração numérica, utilizando a planilha eletrônica MS EXCEL, em que  $f(t)$  representa o traçado da vazão  $Q(t)$  em um dado intervalo  $\Delta t = t_n - t_1$ , integrando os  $n$  intervalos  $t_{i+1} - t_i$ , (Equação 1), quantificando a área abaixo da curva.

$$\int_{t_1}^{t_n} f(t)dt \approx \sum_{i=1}^n \frac{(t_{i+1}-t_i)}{2} [Q(t_{i+1}) + Q(t_i)] \quad (1)$$

O índice de variabilidade do escoamento (IVE) confere a razão da área acima da delimitação (volume da variabilidade) pela área do escoamento fluvial (volume total) para um período de tempo definido (Equação 2).

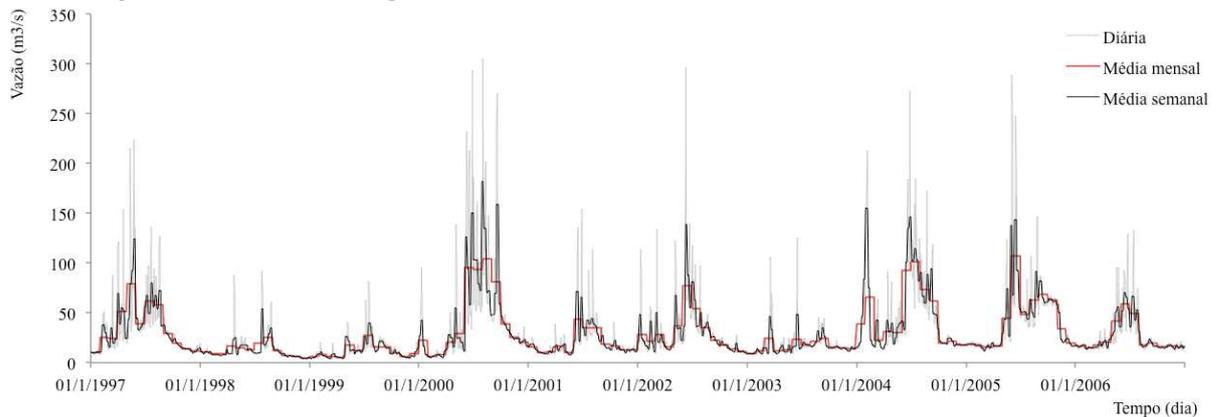
Dentre muitas aplicações, o índice permite observar, em meio as diferentes escalas temporais, o domínio da variabilidade da vazão nos períodos de cheias e de secas, apoiando estudos concernentes ao aporte de vazão ambiental nas proposições de critérios de outorga dos direitos de uso da água.

$$IVE = \frac{\int Q_{variabilidade}(t)dt}{\int Q_{vazão\ total}(t)dt} \quad (2)$$

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Gráfico 2, observa-se a série temporal de dados de vazões (média semanal, média mensal e diária) da estação fluviométrica para o período de 01/01/1997 a 31/12/2006, os dados foram coletados no Hidroweb (2017).

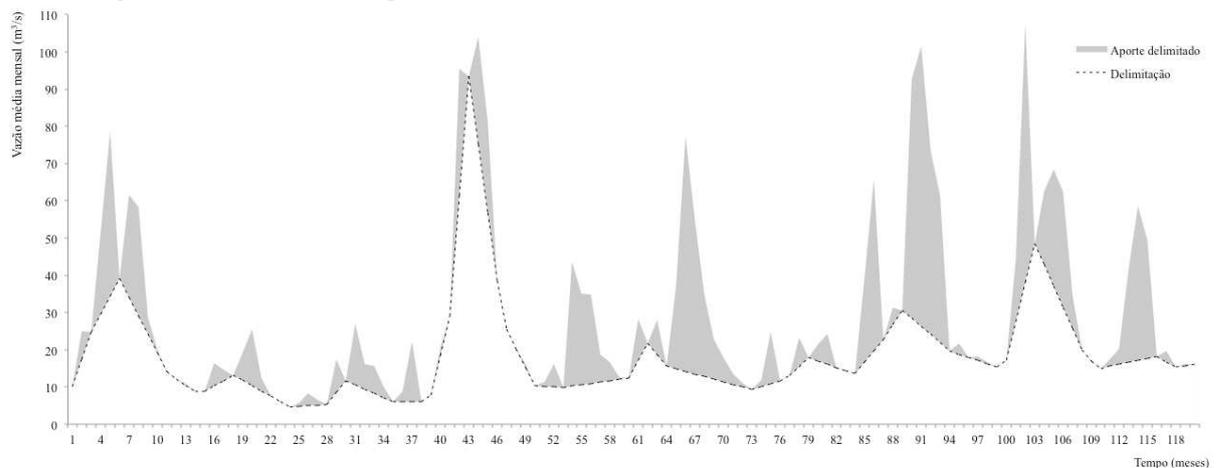
**Gráfico 2** - Série temporal de dados de vazões diária, média semanal e média mensal – estação fluviométrica Engenho Mato Grosso/PE (Período: 01/01/1997 a 31/12/2006)



Fonte: construído com os dados da pesquisa.

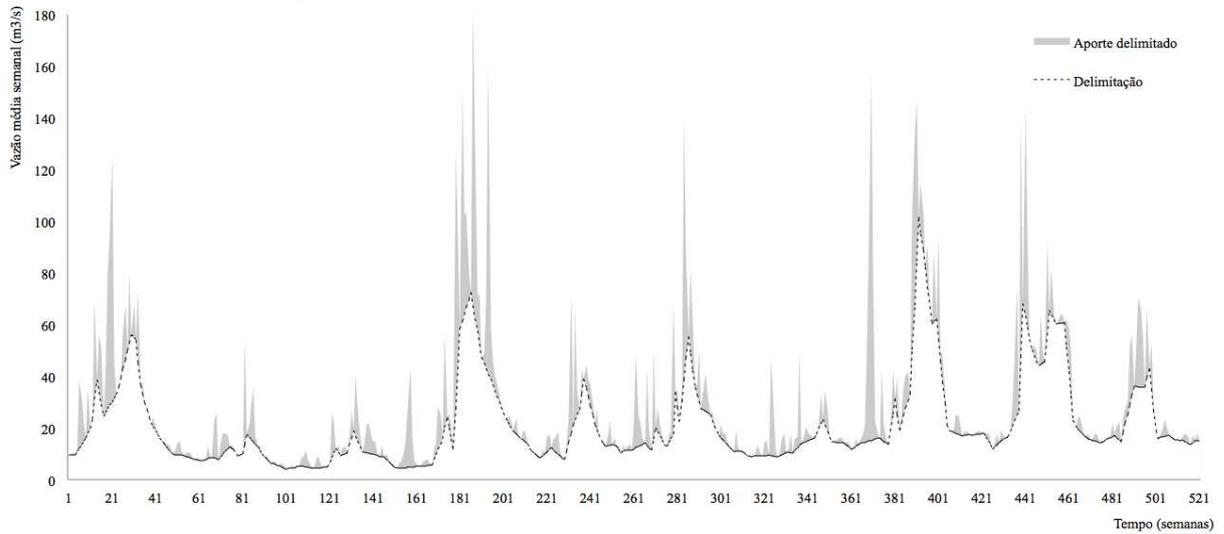
Para a delimitação da variabilidade da vazão, foi utilizado o modelo conforme informações descritas na metodologia, segundo a definição dos pontos de inflexão, de ascensão e recessão na escala temporal considerada.

**Gráfico 3** - Delimitação da ascensão e recessão do escoamento da vazão média mensal - Estação fluviométrica Engenho Mato Grosso/PE (Período: 01/01/1997 a 31/12/2006)



Fonte: construído com os dados da pesquisa.

**Gráfico 4** - Delimitação da ascensão e recessão do escoamento da vazão média semanal - Estação fluviométrica Engenho Mato Grosso/PE (Período: 01/01/1997 a 31/12/2006)



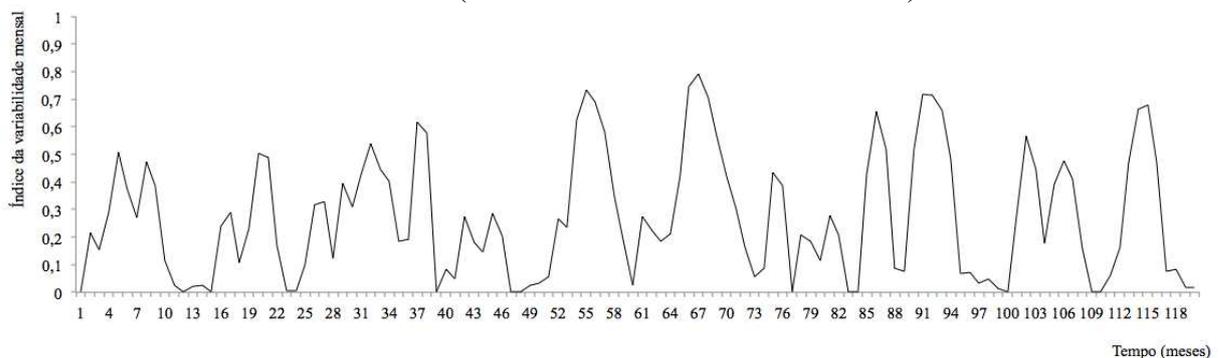
Fonte: construído com os dados da pesquisa.

A partir da delimitação da variabilidade de vazão frente ao escoamento total, foram calculados os volumes das áreas abaixo de cada curva com uso de integração numérica (Equação 1).

Os índices da variabilidade foram determinados, quantificando a proporção da ascensão/recessão delimitada frente ao fluxo total, identificando períodos em que as oscilações foram dominantes ao longo da série temporal.

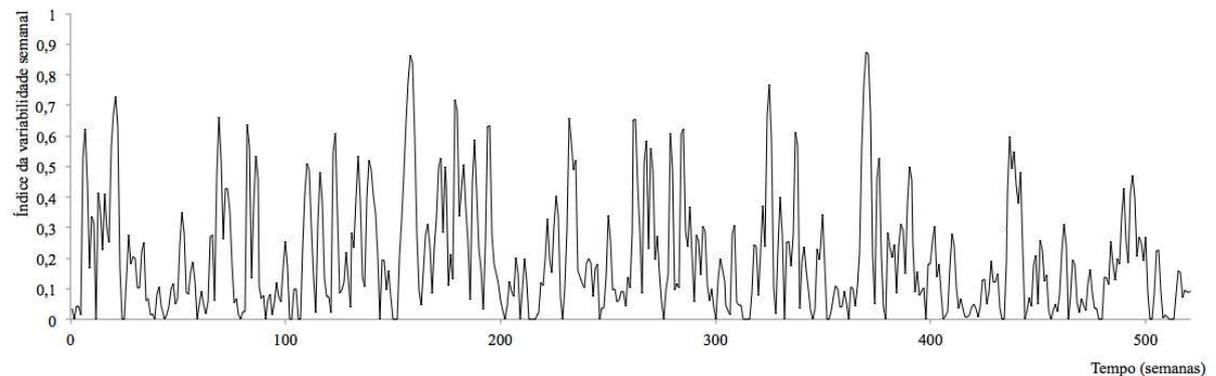
Nos Gráficos 5 e 6, observam-se os índices de variabilidade da vazão média mensal e semanal, respectivamente, para o período 01/01/1997 a 31/12/2006.

**Gráfico 5** - Índice da variabilidade de vazão mensal - Estação fluviométrica Engenho Mato Grosso /PE (Período: 01/01/1997 a 31/12/2006)



Fonte: construído com os dados da pesquisa.

**Gráfico 6** - Índice da variabilidade de vazão semanal - Estação fluviométrica Engenho Mato Grosso /PE (Período: 01/01/1997 a 31/12/2006)



Fonte: construído com os dados da pesquisa.

Para a escala mensal, em média, a variabilidade foi expressiva entre os meses de junho a setembro. O ano de 2002 apresentou os maiores índices, com variabilidade de 70,22% do aporte total nessa quadra mensal. Na maioria dos anos, os menores índices ocorreram nos meses de janeiro a abril, novembro e dezembro, com índice médio de 0,1531. O ano de 2003 o aporte de variabilidade foi menos expressivo.

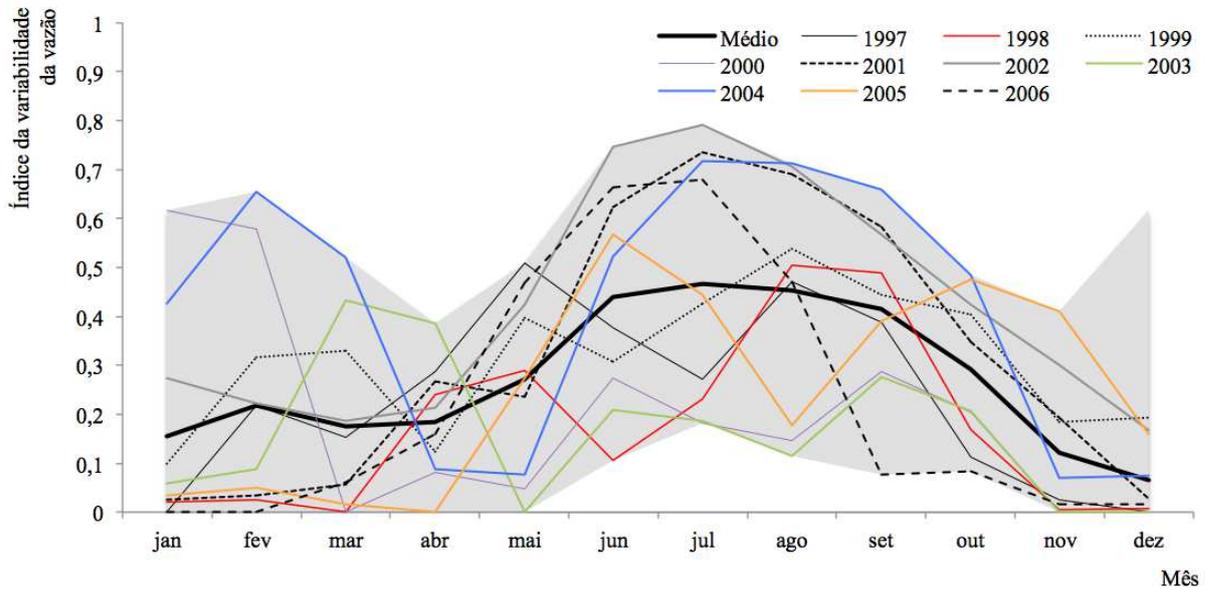
Para a escala semanal, os meses de maio e junho apresentaram os índices médios mais expressivos, 0,3301 e 0,3277, respectivamente. O ano de 2002 foi o que apresentou maior aporte de variabilidade, em média 0,3088. Os menores valores foram observados em 2006, em média 0,1357.

Na maioria dos anos, a variabilidade do escoamento na escala mensal, foi mais forte nos meses chuvosos do que os de estiagem. Já os índices da escala semanal não necessariamente foram superiores nos meses chuvosos mas, com alternâncias ao longo do ano hidrológico, especialmente em 1999, 2000, 2002 e 2004.

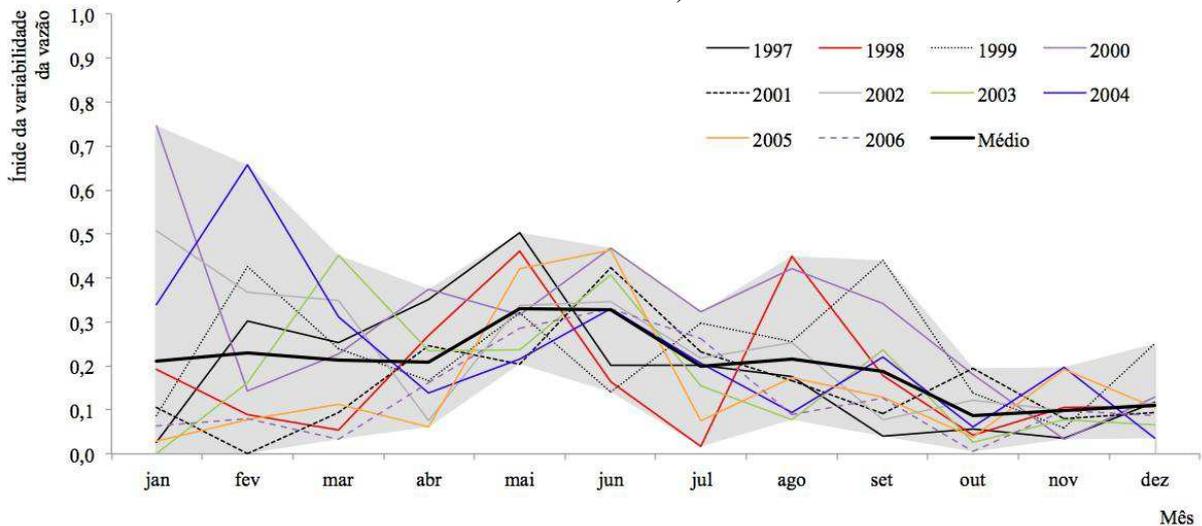
De uma maneira geral os índices médios de variabilidade calculados nas escalas mensal e semanal, foram superiores aos da escala diária obtidos por BARROS (2018), ao longo do ano hidrológico, com exceção do mês de dezembro, quando esse último foi ligeiramente superior ao da escala semanal.

Nos Gráficos 7 e 8, verificam-se os traçados dos índices médios calculados para as escalas mensal e semanal, respectivamente (01/01/1997 a 31/12/2006) ao longo do ano hidrológico: a área sombreada delimita os valores mínimos e máximos da variabilidade do escoamento; os valores médios globais para cada mês estão destacados no traçado entre esses limites.

**Gráfico 7** - Índice de variabilidade média de janeiro a dezembro, segundo dados na escala mensal - estação fluviométrica Engenho Mato Grosso /PE (Período: 01/01/1997 a 31/12/2006)

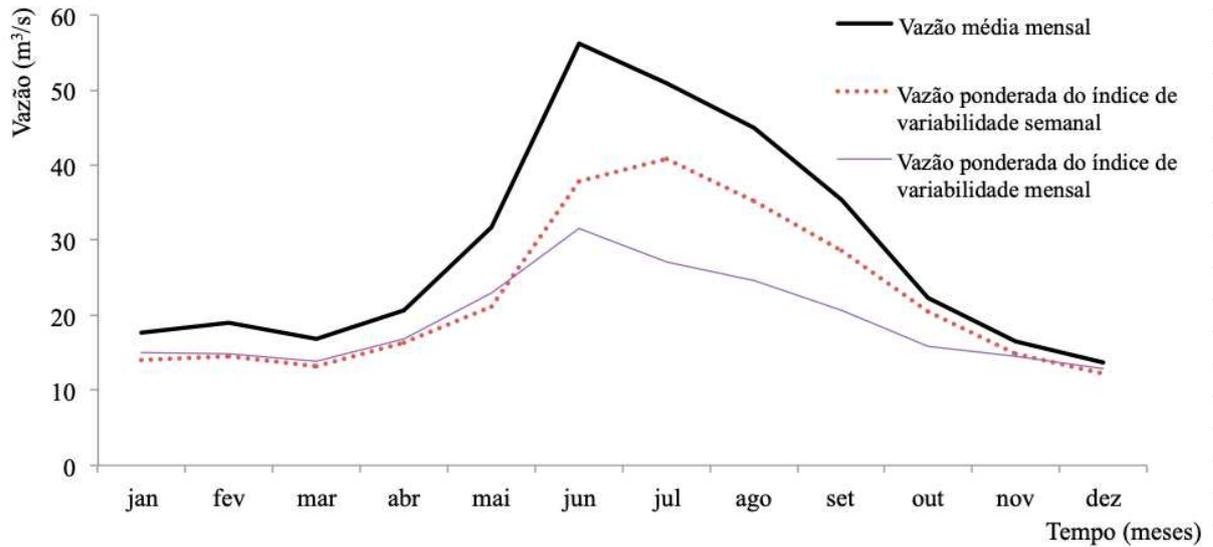


**Gráfico 8** - Índice de variabilidade média de janeiro a dezembro, segundo dados na escala semanal - estação fluviométrica Engenho Mato Grosso /PE (Período: 01/01/1997 a 31/12/2006)



Com uso da proporção da variabilidade confrontando com o aporte do escoamento total foi possível ponderar a vazão escoada, segundo o limite de variabilidade de fluxo ao longo do ano hidrológico, conforme Gráfico 9. Nesse Gráfico, observa-se os valores médios da vazão ponderados do índice de escala semanal superiores aos ponderados do índice de escala mensal nos meses junho a novembro e vice-versa nos demais meses.

**Gráfico 9:** Vazões médias mensais ponderadas dos índices de variabilidade calculados para a escala semanal e mensal - estação fluviométrica Engenho Mato Grosso /PE (Período: 01/01/1997 a 31/12/2006)



Fonte: construído com os dados da pesquisa.

Os índices calculados segundo dados mensais proporcionaram maior variabilidade de junho a novembro (em média, 109,96%). De janeiro a maio e no mês de dezembro, a variabilidade semanal foi ligeiramente superior a variabilidade mensal (em média, 19,92%). Denota-se assim que, próximo a região de pico (junho e julho), nos meses de maiores vazões (como já citado em ITEP (2011)), verifica-se as maiores variabilidades médias mensal/semanal, bem como nos meses seguintes, no decaimento do escoamento (agosto a novembro).

## 6 CONCLUSÃO

A presente metodologia desenvolvida neste trabalho, cálculo de índices de variabilidade, segundo funções lineares na delimitação ascensão e recessão do escoamento, apresenta-se como ferramenta que auxilia na definição a confecção do hidrograma ambiental, subsidiando na tomada de decisões, quanto a alocação de outorga, bem como na valoração da água em períodos em que cada aporte é dominante.

O hidrograma com as vazões médias mensais ponderadas dos índices de variabilidade calculados, foi observado que, nos meses em que o escoamento de base é mais dominante, a análise das delimitações, segundo metodologia deste trabalho, não proporciona muita diferença entre as escalas semanal ou mensal. No entanto, nos meses de cheia, incluindo meses iniciais do decaimento do escoamento, tal abordagem proporcionará valores bem distintos.

## **7 RECOMENDAÇÃO**

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se aplicar a proporção da variabilidade segundo índices propostos na metodologia descrita neste trabalho, confrontando com os aportes dos escoamentos superficial direto e de base, permitindo uma visão mais detalhada frente as subdivisões fluviais.

## REFERÊNCIAS

AKSOY, H.; KURT, I.; ERIS, E. Filtered smoothed minima baseflow separation method. **Journal of Hydrology**, v. 372, p. 94–101, June 2009. Disponível em: DOI: 10.1016/j.jhydrol.2009.03.037. Acesso em: 11/11/2018

ALMEIDA, M. A.; CURI, W. F. . Gestão do uso de água na bacia do Rio Paraíba, PB, Brasil com base em modelos de outorga e cobrança. **Revista Ambiente e Agua**, v. 11, p. 989-1005, 2016. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v11n4/1980-993X-ambiagua-11-04-00989.pdf>>. Acesso em: 31/11/18.

ALVES-CAVALCANTI, E.R.S.; GALVÍNCIO, J. D ; NASCIMENTO, K. R. P. ; SANTANA, S. H. C. ; SOUZA, W. M. ; COSTA, V. S. O. . Análise da tendência temporal da precipitação pluviométrica interanual e intra-anual no semiárido pernambucano. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p. 76-98, 2018.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Enquadramento**. Disponível em: <[http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/planejamento/PlanejamentoRH\\_enquadramento.aspx](http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/planejamento/PlanejamentoRH_enquadramento.aspx)> . Acesso em: 30/11/2018.

ANA. Agência Nacional das Águas 2017. **HidroWeb: Séries históricas**. Disponível em <[www.hidroweb.ana.gov.br/](http://www.hidroweb.ana.gov.br/)>. Acesso em: 23/11/2017.

ANA. Agência Nacional de Águas. **A evolução dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2002.

ANA. Agencia Nacional de águas. **Alternativas organizacionais para gestão de recursos hídricos**. Unidade 1, 2013a. Disponível em: < <http://capacitacao.ead.unesp.br/course/view.php?id=354>>. Acesso: 16/11/2018.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Cobrança Pelo Uso de Recursos Hídricos**. Brasília/DF, 2014. Disponível em: < <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2014/CadernosdeCapacitacaoemRecursosHidricosVol7.pdf>>. Acesso em: 30/11/2018.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Inventário das estações fluviométricas**. 2 ed., Brasília, 2009. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/infohidrologicas/InventariodasEstacoesFluviometricas.pdf>>. Acesso em: 10/11/2017.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos**, Brasília: 2013c.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos**. Brasília/DF, 2011. Disponível em: < <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/OutorgaDeDireitoDeUsoDeRecursosHidricos.pdf>>. Acesso em: 30/11/2018.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Planos de Recursos Hídricos e Enquadramento dos Corpos de Água**. Brasília/DF, 2013b. Disponível em:

<[http://www.cbh.gov.br/EstudosETrabalhos/20140108101800\\_CadHidrico\\_vol5\\_completo.pdf](http://www.cbh.gov.br/EstudosETrabalhos/20140108101800_CadHidrico_vol5_completo.pdf)>. Acesso em: 30/11/2018.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Sistemas de Informação na gestão de águas: conhecer para decidir** Brasília/DF, 2016. Disponível em: <[http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2016/CadernosdeCapacitacaoemRecursosHidricos\\_v.8.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2016/CadernosdeCapacitacaoemRecursosHidricos_v.8.pdf)>. Acesso em: 30/11/2018.

ANTUNES, J. L. F.; CARDOSO, M. R. A. Uso da análise de séries temporais em estudos epidemiológicos. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, 2015. 24, 565-576.

APAC. **Agência Pernambucana de Águas e Clima**. Disponível em: <[http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page\\_id=2&subpage\\_id=3](http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=2&subpage_id=3)>. Acesso em: 01/12/2018.

ASMUS, Gabriela Farias et al. Vulnerabilidade em saúde no contexto de mudanças ambientais: O caso das doenças de transmissão hídrica em Caraguatatuba, Litoral Norte-SP. **Tese de Doutorado**, UNICAMP. Campinas, Outubro de 2014.

BARROS, Maykon Rodrigo Gomes de. Aplicação de funções lineares na delimitação dos pulsos de vazões na estação fluviométrica Engenho Mato Grosso/PE. Sumé, PB: [S.N], 2018. **Monografia**, Universidade Federal de Campina Grande - Curso de Bacharel em Engenharia de Biosistemas, 2018.

BAPTISTA, G. C. Z; SEVERO, D. L. Variabilidade espacial e temporal da precipitação de Santa Catarina. **Geosul**, v. 33, n. 68, p. 184-200, 2018.

BUNN, S. E.; ARTHINGTON, A H. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. **Environmental management**, v. 30, n. 4, p. 492-507, 2002.

CAROLO, F. Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos: Instrumento Para o Desenvolvimento Sustentável. Estudos das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de Brasília Centro de Desenvolvimento Sustentável. Brasília – DF, Janeiro de 2007. Disponível em: <[http://www.repositorio.unb.br/bitstream/10482/2949/1/2007\\_FabianaCarolo.pdf](http://www.repositorio.unb.br/bitstream/10482/2949/1/2007_FabianaCarolo.pdf)>. Acesso em: 09/12/2018.

CONDEPE/FIDEM. **Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco**, Relatórios das bacias hidrográficas-2007, 1996. Disponível em: <[http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS\\_ANEXO/z3%20mon%2007;170203;20090320.pdf](http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/z3%20mon%2007;170203;20090320.pdf)> Acesso em: 15/12/2018

COSTA, A. S.; CARIELLO, B. L.; BLANCO, C. J. C.; PESSOA, F. C. L. Regionalização de curvas de permanência de vazão de regiões hidrográficas do estado do Pará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 4, p. 413-422, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862012000400005>> Acesso em: 02/12/2018

CRUZ, J. C.; TUCCI, C. E. M. Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.13, p.111-124, 2008.

CRUZ, R.C. 2000. A implementação da outorga do uso da água na Bacia do Rio Santa Maria: o papel do conteúdo informativo e complexidade dos níveis hidrológicos e da avaliação dos tipos funcionais de áreas úmidas na definição da vazão de proteção ambiental. **Proposta de projeto para desenvolvimento de Tese**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-Graduação em Ecologia. 14 p. (Projeto).

CURI, W. F.; CELESTE, A. B.; CURI, R. C.; BARBOSA, A. C. L. Um modelo de outorga para bacias controladas por reservatórios: Desenvolvimento do modelo que contempla demandas múltiplas e variáveis mensalmente. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, p. 73-82, 2011.

DA CRUZ FERREIRA, Danielle Andreza. Distribuição espaço-temporal do Aedes (Stegomyia) aegypti (Diptera: Culicidae) e casos de dengue e avaliação de variáveis climáticas em Porto Alegre (RS). **Dissertação de Mestrado**, UFMG, Belo Horizonte, MG. 2015.

FSUP. Flood Studies Update Programme: Work Package 5.2 - Base Flow Index derived from soils. **Draft Final Report**. Project no.1718/WP 5.2DFR/Version no.1/Rev no. 1; August, 2009.

GHIZZO FILHO, J.; Nazaré Otília Nazário ; FREITAS, P. F. ; Pinto, GA ; SCHLINDWEIN, A. D. **Análise temporal da relação entre leptospirose, níveis pluviométricos e sazonalidade, na região da Grande Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 2005-2015**. Arquivos Catarinenses de Medicina, v. 47, n. 3, p. 116-132, 2018.

GOTADO, Rafael et al. Distribuição espacial e temporal das chuvas no estado de Santa Catarina. **Geosul**, v. 33, n. 67, p. 253-276, 2018.

GRANZIERA, M. L. M.. A fixação de vazões de referência adequadas como instrumento de segurança jurídica e sustentabilidade ambiental na concessão de outorgas de direito de uso de recursos hídricos. **Revista de Direito Ambiental**, v. 70, p. 127-148, 2013.

ITEP/OS. Instituto de Tecnologia de Pernambuco. Unidade Gestora de Projetos Barragens da Mata Sul – UGP Barragens. **Estudo de Impacto Ambiental da Barragem Barra de Guabiraba- EIA**. Recife, 2011.

LEMONS, A. F; SILVA, D. D da ; MARQUES, F. A.; Avaliação de metodologias de regionalização de vazões mínimas de referência para bacia do rio São Francisco. **Engenharia na Agricultura (Impresso)**, v. 17, p. 392-403, 2009.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Recursos hídricos: direito brasileiro e internacional**. São Paulo: Malheiros, p.58, 2002.

MARQUES, F. de A. Sistema multi-usuário de gestão de recursos hídricos. 2006. 126 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MEDEIROS, P. C.; SOUZA, F. A. S.; RIBEIRO, M. M. R. Aspectos conceituais sobre o regime hidrológico para a definição do hidrograma ambiental. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 6, n. 1, p. 131-147, 2011. Disponível em: < doi:10.4136/ambi-agua.179 >. Acesso: 18/04/2018.

MEDEIROS, Y.; FONTES, A.; CASTRO, M., 2015. **Plano de operação de reservatórios para atendimento aos requerimentos da vazão ambiental**. Comitê brasileiro de barragens, XXX seminário nacional de grandes barragens foz do iguaçu – PR, pp. 3.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 357/2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 30/11/2018.

MMA. Ministério do Meio Ambiente: **Plano Nacional de Recursos Hídricos. Síntese Executiva**, Secretaria de Recursos Hídricos. - Brasília, 2006.

MORAIS, J. L. M.; FADUL, E.; CERQUEIRA, L. S. Limites e desafios na Gestão de Recursos Hídricos por Comitês de bacias hidrográficas um estudo nos estados do nordeste do Brasil. **Revista Eletrônica de Administração**, Porto Alegre, vol. 24, nº 1, 2018 – p. 238-264. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1413-23112018000100238&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1413-23112018000100238&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)> Acesso em novembro de 2018

MORETTIN, P.A; TOLOI, C.M. **Séries Temporais**. 2. ed. São Paulo Editora Atual, 2004.

MORTATTI, J. BORTOLETTO JÚNIOR, M. J.; MILDE, L. C. E.; PROBST, JEAN-LUC. Hidrologia dos Rios Tietê e Piracicaba: séries temporais de vazão e hidrogramas de cheia. **Revista de Ciência & Tecnologia**, V. 12, N. 23, p. 55-67, 2004. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/237508991>>. Acesso em: 02/11/2018.

NOVAES, R. C. Cooperação e conflito nas águas da Bacia do Rio Paraíba do Sul: limites e possibilidades de Gestão Integrada no “Trecho Paulista”. **Tese Doutorado em Ciência Ambiental**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006.

PEIXINHO, Frederico Cláudio. Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos. **Anais... XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços**. São Paulo, 2010. Disponível em <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/evento\\_PAP003029.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/evento_PAP003029.pdf)> Acesso em: 09/12/2018

PEREIRA, J.S.; LANNA, A.E.L. 1996. Análise de critérios de outorga dos direitos de uso da água. Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 3, 1996, Salvador. **Anais**. Salvador: ABRH. P. 335-342

PINTO, J. A. O. **Avaliação de métodos para a Regionalização de curvas de Permanência de vazões para a bacia do Rio das velhas**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Universidade Federal de Minas Gerais. 2006.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. In: **Revista Estudos Avançados: Dossiê Água**. Instituto de Estudos Avançados da USP. V. 33, nº 63, maio/ago/2008, p. 43-60 Acesso em: 04/12/2018.

POSSAS, M. **Fonte hídrica**. Disponível em:

<<http://fontehidrica.blogspot.com/2011/11/outorga-de-uso-da-agua.html>> Acesso em: 04/12/2018.

RIBEIRO, M. M. R.; LANNA, A. E. L. Instrumentos regulatórios e econômicos – aplicabilidade à gestão de águas e à bacia do Rio Pirapama, PE. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 4, p. 41-70, 2001. Disponível em: <[http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/Disciplinas/GestaoRecHid/instrumentos\\_RibeiroLanna\\_2001.pdf](http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/Disciplinas/GestaoRecHid/instrumentos_RibeiroLanna_2001.pdf)>. Acesso em: 31/11/2018.

RIBEIRO, W. C. Geografia Política da Água. São Paulo: An-nablume, 2008. p. 162.

SANTOS, A. A. M. **Alocação territorial de longo prazo de vazões outorgáveis com diferentes garantias**. 2010. 202f. Doutorado (Tese em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2010. Disponível em: <[https://ptarh.unb.br/wp-content/uploads/2017/05/2010-Alexandre\\_Augusto\\_Moreira\\_Santos.pdf](https://ptarh.unb.br/wp-content/uploads/2017/05/2010-Alexandre_Augusto_Moreira_Santos.pdf)>. Acesso em: 30/11/18

SILVA, R. O. B. da; Montenegro, S. M. G. L.; Souza, W. M. de; Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas do estado de Pernambuco. **Eng. Sanit. Ambient.**, v.22 n.3, p.579-589, maio/jun 2017.

SILVEIRA, C. A.; CASTRO, F. B. G. ; SILVA, R. C. ; GODEFROID, R. S. ; SANTOS, V. L. P. **Análise Microbiológica da Água do Rio Bacacheri**, Curitiba - PR. Engenharia Sanitaria e Ambiental, 2018.

SIQUEIRA, I. S., QUEIROZ, J. C. B., AMIN, M. M., & CÂMARA, R. K. C.. The Relationship of the Incidence of Dengue Cases with the Precipitation in the Urban Area of Belém-PA, 2007 to 2011 Through Multivariate Models of Time Series. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 2, p. 380-389, 2018.

SOARES, P. A.; PINHEIRO, A.; SOARES, K. H.; ZUCCO, E. Estimativa da disponibilidade hídrica em pequenas bacias hidrográficas com escassez de dados fluviométricos. **Revista de estudos ambientais**, v. 12, p. 29-38, 2010.

TOMASONI, M.A; PINTO, J.E.S.; SILVA, H.P. A questão dos recursos hídricos e as perspectivas para o Brasil. **GeoTextos**, v. 5, n. 2, p. 107-127, 2009.

TRAUTWEIN JR, B. **Avaliação de métodos para previsão de consumo de água para curtíssimo prazo: um estudo de caso para a empresa de saneamento**. 107 p. 2004. Tese de Doutorado. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba-PR.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: **Ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS, 2007. 944p.

TUCCI, C.E.M. Parâmetros do Hidrograma Unitário para bacias urbanas brasileiras. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre- RS. ABRH Vol 8 n.2 (abr/jun) 195-199 p. 2003. Disponível em: <<http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/01/arthu03.pdf>>. Acesso: 02/12/2018.

TUCCI, C.E.M.; MENDES, C.A. **Avaliação Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica**. MMA/SQA, Brasília, DF. 2006, 300p. Acesso em: 01/12/2018.

TUCCI, C. E. M. Hidrograma ambiental. Outubro 2009. Disponível em <<http://blog.rhama.net/2009/10/04/hidrograma-ambiental/>>. Acesso em: Dezembro/2018.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Água como Substrato**. Limnologia. Oficina de Texto, São Paulo/SP. 2008. 632p.

VERGARA, F. E.; REIS, F. C.; MAGALHÃES, L. N. L. Proposta de vazão de referência Q<sub>90</sub> para o Rio Formoso na Bacia do Araguaia. **Engenharia Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 84-102, 2013.

VIEIRA, S. A.; OSORIO, D. M. M.; QUEVEDO, D. M.; ADAM, K. N.; PEREIRA, M. A. F.. Metodologia de imputação de dados hidrometeorológicos para análise de séries históricas para avaliação de impactos das mudanças climáticas–bacia do rio dos Sinos, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 23, 2018.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo, McGraw-Hill, 1975. 245p.