

# AVALIAÇÃO DO VALOR INDIRETO DA ÁGUA: APLICAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CORURIFE - ALAGOAS

*Thiago Alberto da Silva Pereira<sup>1</sup> & Carlos André Bulhões Mendes<sup>2</sup>*

**RESUMO** --- A água é um bem necessário para que haja vida no planeta, no entanto, este bem é escasso, finito e dotado de valor econômico, sendo importante estimar o seu valor. Segundo Seyam et al (2002) o valor da água é constituído pelo valor direto (devido aos benefícios oriundos do seu uso no local) e o indireto (gerado a partir de benefícios oriundos da dinâmica do ciclo hidrológico). Existem, na literatura, métodos que viabilizam o cálculo do valor direto da água, porém ainda há dificuldade para avaliar o valor indireto da água, se resumindo aos modelos propostos por Seyam et al (2002) todavia estes métodos necessitam de dados de vazões. Deste modo, este trabalho visa desenvolver, e aplicar na Bacia Hidrográfica do Rio Coruripe – Alagoas, uma metodologia para calcular o valor indireto da água de forma simplificada que não demanda dados de vazão. A partir das simulações realizadas percebe-se que, o modelo proposto pode ser útil em processo de outorgas, licenciamento ambiental e concessão de créditos agrícolas.

**ABSTRACT** --- Water is very important for life in the planet, although it is scarce, finite and got economic value, so is indispensable to assess its value. According to Seyam et al (2002) the water value is formed by the direct value (generated from benefits of using it locally) and the indirect (formed due to the hydrological cycle dynamics). There are only the models proposed by Seyam et al, 2002, that estimate the indirect value. Although those methods need inflow and outflow data. Thus, this study aim to development a methodology, and to apply in the hydrographic basin of the river Coruripe – Alagoas, to calculate the indirect value of water in a simply way that do not need theses data. This model also can be useful in sanctions, environmental licenses and the grant of agriculture credits.

**Palavras-chave:** valor da água e gestão de recursos hídricos.

---

<sup>1</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS. E-mail: [thiago\\_alb@hotmail.com](mailto:thiago_alb@hotmail.com).

<sup>2</sup> Professor Adjunto UFRGS, IPH. Caixa Postal 15029 CEP: 91501-970 Porto Alegre, RS. E-mail: [mendes@iph.ufrgs.br](mailto:mendes@iph.ufrgs.br)

# 1 - INTRODUÇÃO

A água é um recurso imprescindível para a vida no planeta, porém é crescente em todo o mundo o reconhecimento que este bem é escasso, sendo necessário geri-la de forma racional, utilizando técnicas de gerenciamento de demanda, como: outorgas, tomada de decisões negociadas, licenciamentos ambientais, subsídios, incentivos econômicos, multas, além da valoração da água através da cobrança pelo uso da água.

O valor da água, segundo Seyam *et al* (2002), é constituído pelo valor direto, ou seja, devido aos benefícios econômicos oriundos do seu uso no local (*in situ*) e o indireto gerado a partir de benefícios obtidos a partir da dinâmica montante-jusante, em função de uma interferência no ciclo hidrológico. Este é determinado em função da localização e das características temporais da região estudada.

Estudos que determinam o valor indireto da água podem ser justificados através da cobrança pelo uso da água instituída pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97). A cobrança pelo uso da água vem com intuito de reconhecer a água como um bem dotado de valor econômico e incentivar a racionalização de seu uso, são passíveis de cobrança os usos que alterem o regime hidrológico (Art. 20, Lei 9.433/97).

A cobrança pelo uso da água, instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos, deve ser aplicado levando em consideração a sazonalidade, a localização do usuário na bacia hidrográfica e modificação realizada no hidrograma natural do corpo de água, porém a realidade desse instrumento no Brasil não contempla estes aspectos. Assim, é imprescindível a definição de critérios de cobrança pelo uso da água que ponderem as características sazonais e as espaciais, sinalizando que a água nos períodos mais secos possui um valor maior, como também as captações de parcelas de água nas áreas a montante.

Alguns trabalhos acadêmicos fazem menção ao coeficiente de temporalidade e espacialidade em relação à cobrança pelo uso da água, porém são de forma arbitrária (Ribeiro *et al*, 1998) ou utilizam dados de vazões (Thomas, 2002 & Seyam *et al*, 2002). Todavia, a metodologia aqui proposta preenche a lacuna de cálculo destes critérios de forma simplificada e embasada sem fazer uso de dados de vazões. Assim, este trabalho visa desenvolver e implementar, na Bacia Hidrográfica de Rio Coruripe, um método para calcular o valor indireto da água em função da alteração realizada no regime hidrológico.

## 2 – VALOR INDIRETO DA ÁGUA

O valor indireto da água é oriundo dos benefícios econômicos que a água pode trazer no caminho o qual é percorrido, assim qualquer alteração no seu fluxo pode ser refletida num estágio posterior do ciclo hidrológico, quer seja no âmbito espacial ou temporal. Assim quanto maior a interferência nas etapas posteriores do ciclo hidrológico, maior será o valor indireto da água, logo se pode concluir que o fluxo da água é contrário ao do seu valor, conforme a figura 1, pois quanto mais a montante for à intervenção maior serão as alterações nos processos hidrológicos da bacia, consequentemente maior o valor indireto da água.

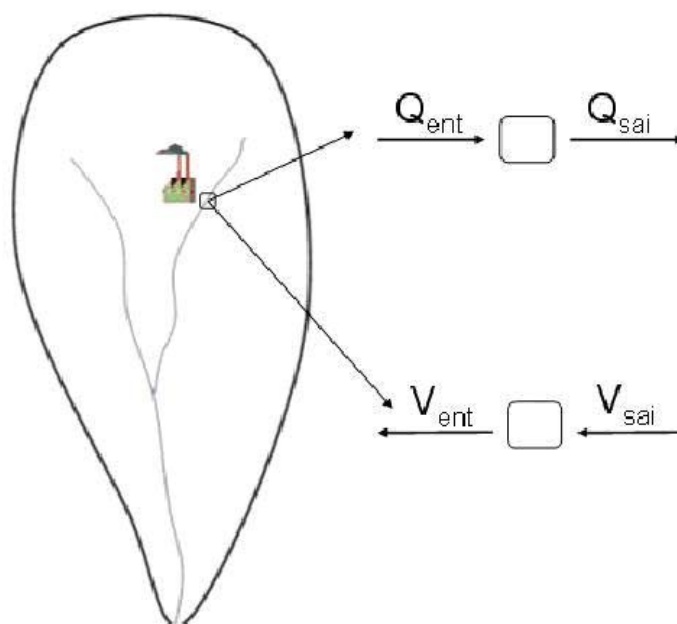


Figura 2 – Valor indireto da água oposto ao fluxo da água

Em um ponto qualquer a vazão de entrada contribui para a vazão total de saída. Diante disso, Seyam *et al* (2003) preza que, as razões entre seus valores sobre as vazões são iguais entre si, ou seja, a razão do valor indireto de entrada sobre a vazão de entrada é igual à razão do valor indireto de saída sobre a vazão de saída neste ponto, isto pode ser mais bem entendido a partir da equação 1.

$$\frac{V_{ent}}{Q_{ent}} = \frac{V_{sai}}{Q_{sai}} \quad (1)$$

Sendo:

$V_{ent}$  corresponde a valor indireto de entrada no ponto;

$Q_{ent}$  corresponde apenas à vazão que converge ao ponto estudado, excluindo-se as vazões a montante, ou seja, nos pontos de nascente a vazão de entrada ( $Q_{ent}$ ) é igual à vazão de saída ( $Q_{sai}$ ),

porém nos pontos mais a jusante esta variável ( $Q_{ent}$ ) representa apenas a vazão gerada a partir da área de drenagem deste ponto excluindo-se as áreas de contribuição dos pontos à montante;

$Q_{sai}$  igual à vazão de saída no ponto estudado;

$V_{sai}$  corresponde a valor indireto de saída no ponto;

Baseado na equação 1 e na procura de um modelo de avaliação do valor indireto da água que não necessite de dados de vazão obtém-se o modelo proposto.

### 3 – METODOLOGIA

O modelo proposto, baseado na teoria exposta acima, é descrito pela equação 2. Esta é descrita pela razão do volume modificado (demanda hídrica) pela intervenção dos usuários pelo volume no local.

$$\frac{V_{ent}}{V_{sai}} = \frac{D}{Q_{local}} \quad (2)$$

Onde:

$V_{ent}$  = valor indireto da água em unidades monetárias;

$V_{sai}$  = valor indireto de saída da água, admite-se valor unitário em unidades monetárias;

$D$  = Demanda Hídrica do usuário; e

$Q_{local}$  = Vazão no local de estudo.

As vazões são dadas pelo soma do escoamento superficial com o escoamento de base, conforme equação 3.

$$Q_m = Q_{sup} + Q_{base} \quad (3)$$

Na procura de uma formulação sem dados de vazão, considera-se que o escoamento superficial ( $Q_{sup}$ ) é calculado com o auxílio da equação 4.

$$Q_{sup} = 0,385 \cdot C \cdot A \cdot P \quad (4)$$

Onde:

$A$  = área à montante do ponto, em  $Km^2$ ;

$P$  = Pluviometria mensal em m;

$C$  = Coeficiente de escoamento; e

Por outro lado, a vazão de base será dada pela equação 5.

$$Q_{base} = 0,385 \cdot (1 - C) \cdot A \cdot P_{sem} \cdot \phi \quad (5)$$

Sendo  $A$ ,  $C$  com o mesmo significado da equação anterior;  $\phi$  é um parâmetro empírico, proporcional à permeabilidade das camadas mais superficiais do solo e à facilidade que tem de contribuir para a formação de escoamento através da percolação e  $P_{sem}$  definido arbitrariamente como a chuva média dos seis meses antecedentes ao mês estudado, isto porque se sabe que o

escoamento de base é mais lento que o escoamento superficial. Assim, a vazão em cada ponto ‘i’ é calculada segundo a equação 6, ou seja, equação de conservação de massa.

$$Q_{local}^i = \sum_{mon} Q_{sai} + Q_m^i \quad (6)$$

Onde:

$\sum_{mon} Q_{sai}$  = Soma de todas as vazões mensais de saída nos pontos a montante, calculada a partir da equação 7; e

$Q_m^i$  = Vazões mensais, calculadas segundo a equação 3, 4 e 5.

Importante destacar que a variável  $Q_{local}$  não representa a disponibilidade hídrica no local, mas serve como um ponderador para auxiliar na procura de uma metodologia que represente o conceito do valor indireto da água, refletindo as características hidrológicas num determinado ponto e instante.

Quanto às vazões de saídas, estas são encontradas através do uso da equação abaixo, salientando que para bacias de cabeceiras, a parcela  $\sum_{mon} Q_{sai}$  é nula. Destaca-se também que nos meses a demanda não é atendida integralmente pelas outras parcelas da equação abaixo ( $\sum_{mon} Q_{sai}$  e  $Q_m^i$ ) a vazão de saída ( $Q_{sai}$ ) é nula.

$$Q_{sai}^i = \sum_{mon} Q_{sai} + Q_m^i - D_i \quad (7)$$

#### 4 - ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio Coruripe possui uma área de drenagem de 1.562 km<sup>2</sup>, abrange treze municípios alagoanos. A bacia hidrográfica está localizada na parte central do Estado, conforme Figura 2. O rio Coruripe, genuinamente alagoano, é um dos mais importantes corpos hídricos constituintes da complexa rede hidrográfica do Estado.

A bacia do rio Coruripe é considerada importante dentro do Estado em virtude da relevância econômica com sua vasta atividade sucro-alcooleira, possuindo também cerca de 200.000 mil habitantes nos municípios constituintes (PDRH – Coruripe, 2002). Além da cana-de-açúcar, a bacia apresenta uma base econômica bastante diversificada, compreendendo cultivos em larga escala de

milho, feijão, fumo e coco; fazendo com que o planejamento do uso dos recursos hídricos seja um importante fator no desenvolvimento da bacia e conseqüentemente do Estado de Alagoas (Carvalho, 2006).

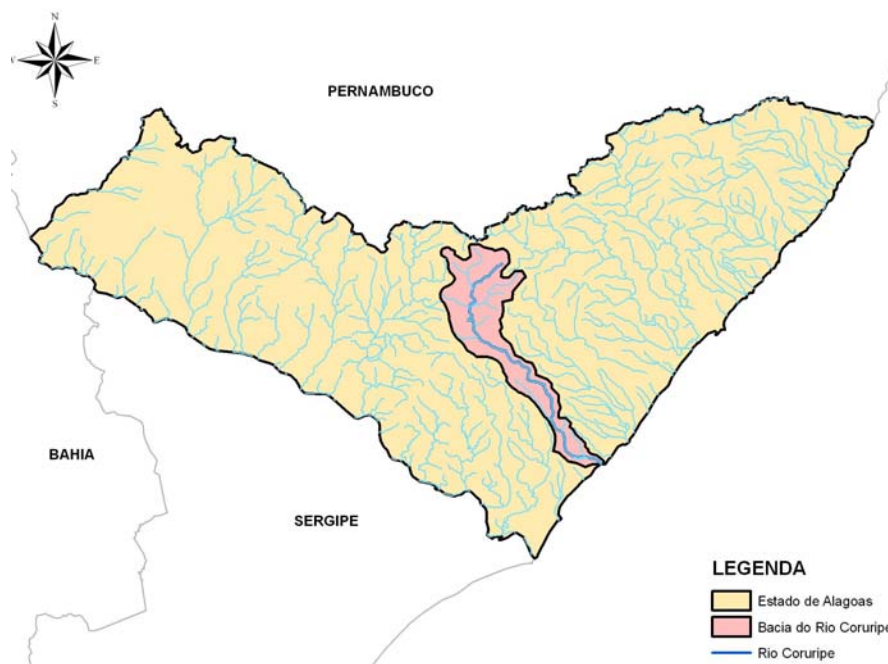


Figura 2 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Coruripe

#### 4.1 Coleta de dados

Para proceder com a simulação dos valores indireto da água fazendo uso do modelo proposto é necessário coletar dados sobre a região de estudo, assim segue-se uma explanação da coleta destes dados.

##### 4.1.1 Características Físicas

Para a coleta das características geofísicas da bacia, fez uso do modelo numérico do terreno (MNT) da bacia obtido de Carvalho (2006), vide figura 3a. O MNT, uma vez que reproduz matematicamente a distribuição espacial das características vinculada à superfície real, serviu para encontrar os dados geométricos da bacia (áreas de drenagem) com uso do programa IDRISI.

##### 4.1.2 Usuários e Demandas hídricas

Carvalho (2006) identificou os usuários da bacia, seus Pontos de Captação, e o classificou conforme a característica da demanda. As localizações geográficas dos usuários na bacia estão apresentadas na figura 3b, como também as demanda são apresentada quanto ao seu tipo tabela 1.

Os pontos I2, I3, I4 e IR9 não serão utilizados neste estudo, pois estes são abastecidos pela Barragem Coruripe I e neste trabalho é proposto um modelo de valoração da água para os casos que não existe estrutura de armazenamento.

Tabela 1 – Pontos de Estudos.

PC	Nome do Ponto de Captação	Vazão	PC	Nome do Ponto de Captação	Vazão
		(m <sup>3</sup> /s)			(m <sup>3</sup> /s)
<b>Demanda Humana</b>			<b>Demanda para a Irrigação</b>		
H1	Coruripe	0,0632	IR1	Junqueiro – 01	0,021
H2	Teotônio Vilela	0,0583	IR2	Junqueiro – 02	0,035
H3	Limoeiro de Anadia	0,0234	IR3	Junqueiro – 03	0,04
<b>Demanda para a dessedentação</b>			IR4	Junqueiro – 04	0,032
A1	Limoeiro de	0,0014	IR5	Junqueiro – 05	0,083
A2	Limoeiro de	0,0011	IR6	Junqueiro – 06	0,083
A3	Junqueiro	0,0021	IR7	Teotônio Vilela–01	0,0830
A4	Teotônio Vilela	0,0012	IR8	Teotônio Vilela-02	0,136
A5	Coruripe_01	0,0000	IR9	Coruripe – 01	0,51
A6	Coruripe_02	0,0002	IR10	Coruripe – 02	0,089
A7	Coruripe_03	0,0009	IR11	Teotônio Vilela–03	0,83
<b>Demanda para a indústria</b>			IR12	Teotônio Vilela–04	0,139
I1	Reunidas Seresta S/A	0,1735	IR13	Junqueiro – 07	0,0612
I2	Usina Coruripe 01	0,202	IR14	Campo Alegre–01	0,0992
I3	Usina Coruripe 02	0,42	IR15	Campo Alegre–02	0,0314
I4	Usina Coruripe 03	0,196	IR16	Campo Alegre–03	0,1983

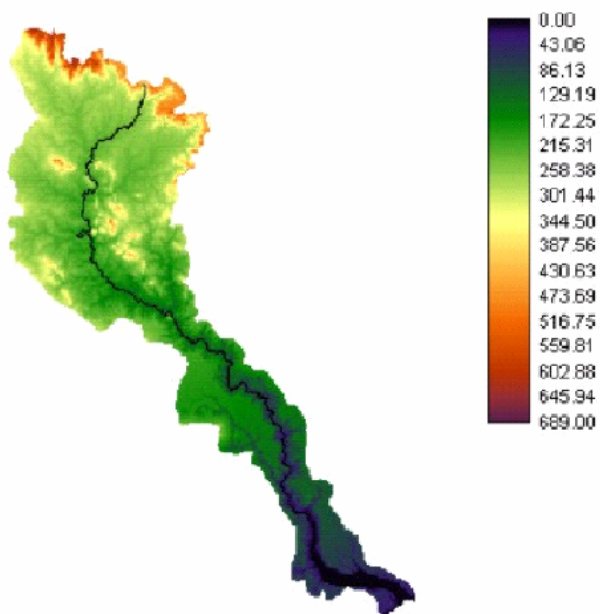


Figura 3a – MNT da Bacia Hidrográfica do Rio Coruripe.

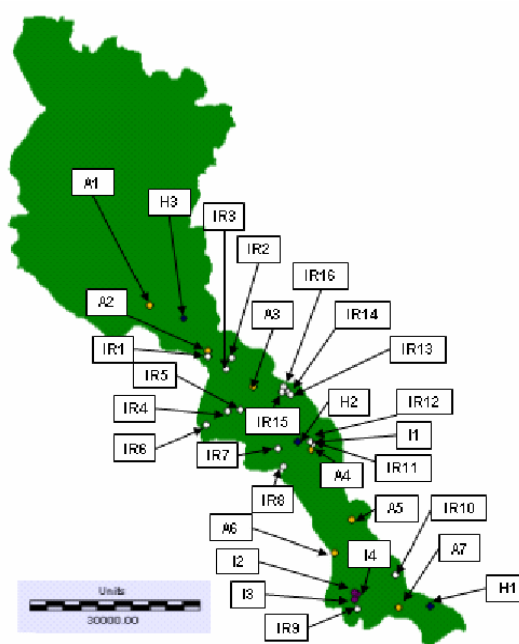


Figura 3b – Pontos de Demanda na Bacia Hidrográfica do Rio Coruripe

### 4.1.3 Pluviometria

Para aquisição dos dados pluviométricos, foi realizado um levantamento a partir de uma consulta ao banco de dados do Sistema de Informações Hidrológicas HidroWeb (ANA, 2007), através do portal: <http://hidroweb.ana.gov>. Foram necessárias análises das estações pluviométricas, sendo realizados os preenchimentos de falhas e a análise de consistência dos dados. Depois das análises, utiliza-se apenas as seguintes estações: 936041, 936031, 936052, 936056, 1036011 e 936026 e 936022; e o período de simulação é de janeiro de 1978 à dezembro de 1991. Foi utilizado o método de Thiessen para calcular a chuva média na bacia. A disposição espacial dos postos selecionados e polígono de Thiessen pode ser visto pela figura 4a.

### 4.1.4 Características do solo

Em relação às características dos solos, Carvalho (2006) desenvolveu uma classificação utilizando o uso do solo e seu tipo, obtendo uma categorização quanto à drenagem do solo e sua infiltração. A classificação foi feita em quatro diferentes características entre solo com infiltrações baixas, moderadas, altas e muito altas e pode ser observada na figura 4b.

Quanto à permeabilidade das camadas mais superficiais do solo e à facilidade que tem de contribuir para a formação de escoamento através da infiltração e percolação, foi coletado através de Pereira (2007), encontrando um valor de  $\phi$  igual a 0,0746.

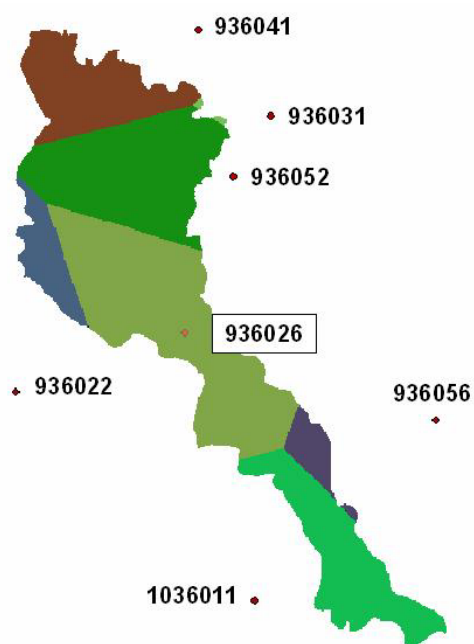


Figura 4a – Postos pluviométricos e polígono de Thiessen.

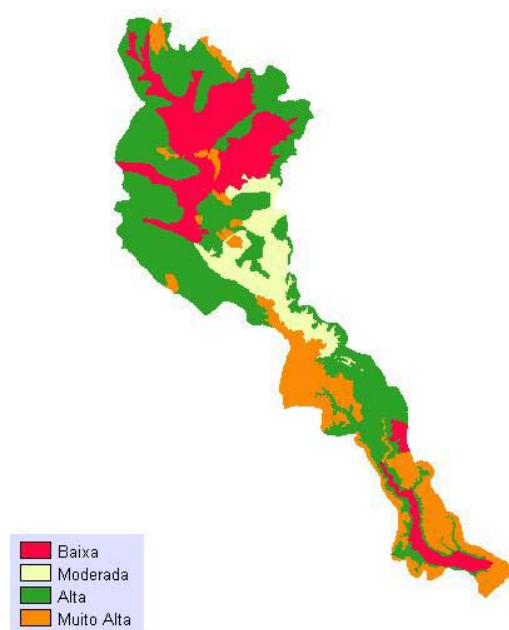


Figura 4b – Característica do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Coruripe.



## 5 - SIMULAÇÃO DO VALOR INDIRETO DA ÁGUA

Antes de realizar a simulação do modelo proposto para avaliar, serão admitidas algumas simplificações, as quais são citadas a seguir.

- As características de permeabilidade, ou seja, contribuição para formação da vazão de base são constantes em toda bacia;
- Nas simulações não serão considerados os efeitos da intrusão salina no escoamento, sobretudo na parte inferior da bacia, como também não serão estudados sistemas hídricos com estruturas de armazenamento e amortecimento, quer seja natural ou artificial;
- O coeficiente de escoamento de cada ponto estudado é encontrado através da ponderação de área e fazendo uso da tabela 2, a partir da classificação realizada por Carvalho (2006).

Tabela 2 – Atribuições do coeficiente de escoamento.

<b>Tipo</b>	<b>C</b>
Baixa	0,15
Moderada	0,20
Alta	0,30
Muito Alta	0,35

Assim, foi possível realizar as simulações de valor indireto da água nos 26 pontos de estudo (demanda) da tabela 1 e fazendo uso da equação 2.

## 6 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para melhor compreensão os 26 pontos estudados foram divididos em quatro classes de acordo com sua localização na bacia, assim segue esta subdivisão:

- Parte alta: A1, A2, H3, IR1, IR2, IR3 e IR4.
- Parte média - alta: A3, IR5, IR6, IR13, IR14, IR15 e IR16.
- Parte média - baixa: A4, H2, IR7, IR8, IR11, IR12 e I1.
- Parte baixa: A5, A6, A7, H1 e IR10.

Nas figuras abaixo (5 a 8) seguem os resultados das simulações nos pontos de estudos para posteriores análises.

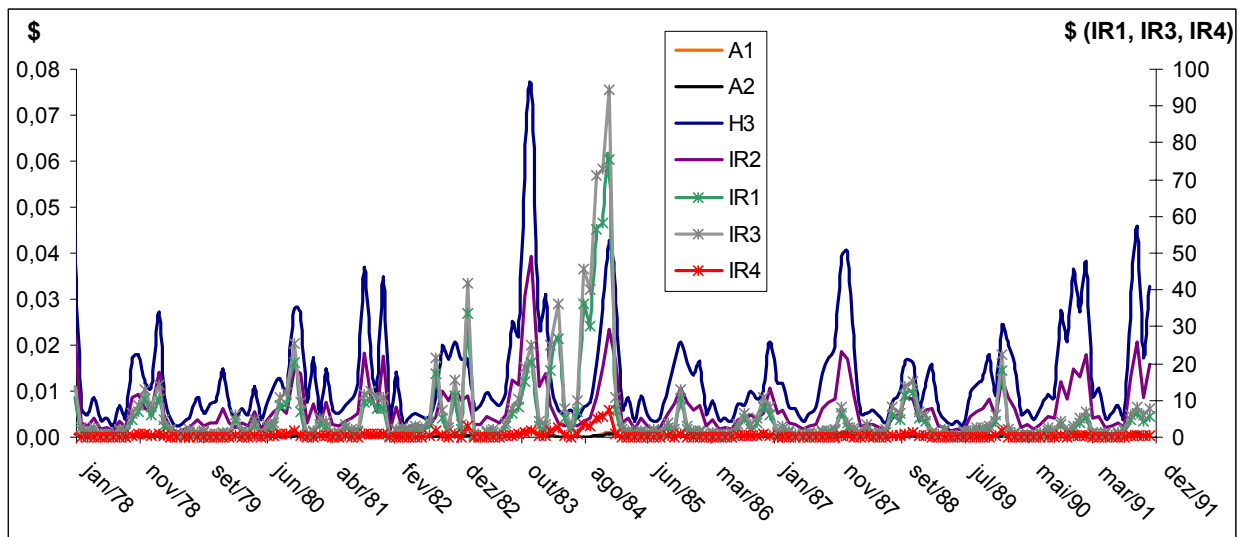


Figura 5 – Simulação na parte alta.

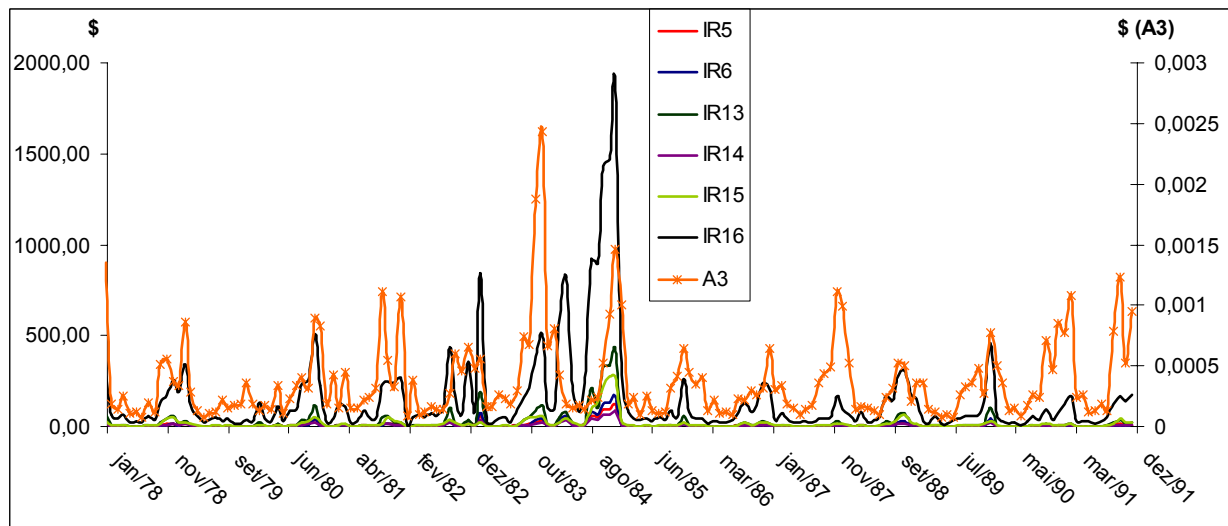


Figura 6 – Simulação na parte média – alta.

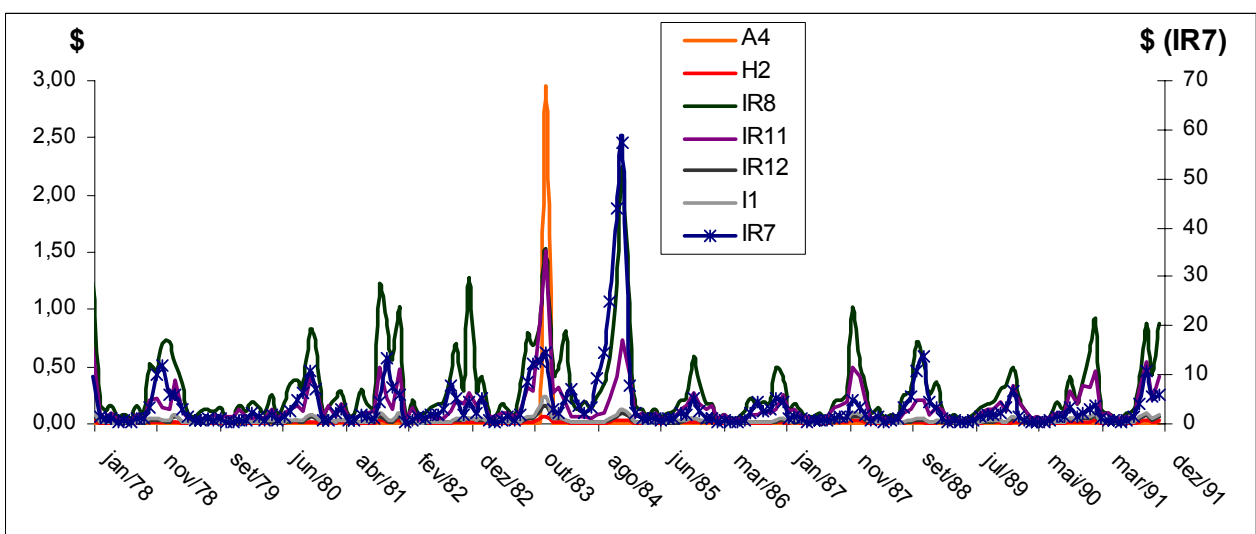


Figura 7 – Simulação na parte média - baixa.

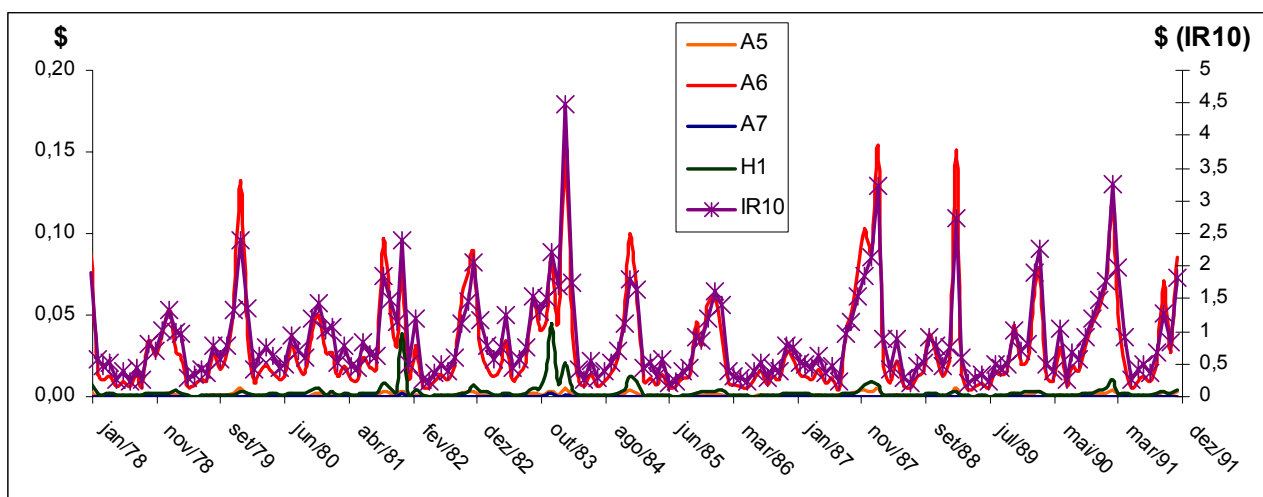


Figura 8 – Simulação na parte baixa.

Analisando no enfoque da localização, pode-se destacar que os pontos IR1, IR3 e IR4 na parte alta; A3 na parte média - alta; IR5, IR6, IR13, IR14, IR15 E IR16 na parte média – baixa e IR 10 na parte baixa possuem valores bem maiores, pois se tratam de pontos que estão em sub-bacia de cabeceiras, ou seja, não estão no rio principal (Coruripe), portanto possuem áreas de drenagens (à montante) pequenas. Observando as figuras acima, constata-se mais uma vez o valor da água é contrário ao seu fluxo, logo o maior valor encontrado na parte é 75,28; seguido de 1900,49 na parte média – alta e 57,33 na parte média – baixa e por fim 4,48 na parte baixa. A exceção na parte média – alta, fica a cargo do ponto IR 16, isto se deve, além da sua localização de nascente, da sua demanda que é muito elevada em relação aos outros pontos e do seu regime de chuva.

Quanto à temporalidade, nota-se que os maiores valores se apresentam em Dezembro de 1983 e 1984, devido à pluviometria da região, pois estes períodos apresentam os menores valores de precipitação nas estações catalogadas. Assim, dependendo da influência dos postos, calculado a partir do método de Thiessen, os valores extremos superiores podem alternar entre o ano de Dezembro de 1983 ou Dezembro de 1984.

## 7 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A carência de uma rede hidrometeorológica densa, aliado à característica das dimensões do país, faz com que a ausência de dados confiáveis seja uma realidade, sobretudo nas regiões mais afastadas, dificultando a gestão de recursos hídricos nestes locais.

Da teoria exposta, extraem-se instrumentos para propor um modelo de cálculo do valor indireto da água simplificado que não necessita de dados de vazão, tornando-se ágil nas decisões em gerenciamento de recursos hídricos e outros, pois se necessitam apenas de dados de chuvas; o

coeficiente de escoamento, característica do solo e dados geométricos da bacia além da demanda do usuário. Os dados de chuvas são fáceis de obter, no Brasil é a rede de pluviômetro e pluviógrafos é mais densa que a rede de estações fluviométricas. Existem muitos estudos voltados à determinação do coeficiente de escoamento devido ao uso do solo e suas características quanto à permeabilidade; os dados geométricos da bacia podem ser encontrados através de técnicas de geoprocessamento e a demanda do usuário é simplesmente fornecida pelo mesmo. Logo, é possível estabelecer um modelo simplificado e de fácil aplicação.

A metodologia aplicada na Bacia Hidrográfica do Rio Coruripe pode ser ferramenta útil na tomada de decisões, este ponderador (as razões) pode auxiliar: no processo de escolha de critério da cobrança pelo uso da água; nas questões ligadas a parcela outorgável das vazões; na elaboração de estudo de impacto ambiental (eliminando um pouco da subjetividade que predomina neste processo); na integração das esferas administrativas de recursos hídricos e de meio ambiente; nos aspectos de incentivos fiscais e econômicos, nas figuras dos impostos e taxa de juros diferenciados para liberação de crédito dos empreendimentos.

Sugere-se numa próxima etapa deste trabalho aplicar esta metodologia em sistemas hídricos com estruturas de armazenamento e amortecimento, quer seja natural ou artificial; considerando os efeitos de remanso, sobretudo devido à instalação de obra de infra-estrutura hídrica e por intrusão salina. Recomenda-se também utilizar estudos mais avançados na determinação das características do solo. Na aplicação desta metodologia em cobrança pelo uso da água deve-se proceder com parcimônia, utilizando também critérios que pondere o tipo de uso e a eficiência do uso da água.

Com este trabalho não se pretende incentivar a realidade atual da ausência de dados hidrológicos de qualidade, mas sim encontrar maneiras de gerenciar os recursos hídricos com essa limitação, mesmo que seja de uma forma primária, pois se sabe que os melhores resultados são obtidos de técnicas com dados hidrológicos confiáveis e consistentes.

## **BIBLIOGRAFIA**

### a) Artigos em revista

SEYAM, I.M., HOEKSTRA, A.Y., SAVENIJE, H.H.G. (2002). *“Calculation methods to assess the value of upstream water flows and storage as a function of downstream benefits”*. Physics and Chemistry of the Earth. Report Series nº 27, pp. 977 – 982.

SEYAM, I.M., HOEKSTRA, A.Y., SAVENIJE, H.H.G. (2003). “*The water value-flow concept*”. Physics and Chemistry of the Earth. Report Series n° 28, pp. 175 – 182.

b) Artigos em Anais de Congresso ou Simpósio

RIBEIRO, M. M. R.; LANNA, A. E. & ROCHA M. S. W. (1998). “*Estruturas de Cobrança pelo Uso da Água: Reflexões Sobre Algumas Alternativas*”. In Anais do Simpósio Internacional sobre Gestão de Recursos Hídricos, Gramado, Out. 1998.

c) Dissertações

CARVALHO, F. da S. (2006). “*Localização de Reservatórios Através de Técnicas de Otimização em Ambiente de Geoprocessamento: Estudo de Caso na Bacia do Rio Coruripe, em Alagoas*”. 138f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) Instituto de Pesquisa Hidráulicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

THOMAS, P. T. (2002). “*Proposta de Uma Metodologia de Cobrança pelo Uso da Água Vinculada À Escassez*”. 2002. 139f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2002.

d) Legislações

BRASIL.(1997). Lei Federal n.º 9.433, de 08 de janeiro de 1997. “*Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos*”. Disponível em: <<http://www.cnrhsrh.gov.br/>>. Acesso em: 28 de julho de 2006.

e) Monografias

PEREIRA, T. A. S. (2007). “*Análise de Critérios de Outorga e de Cobrança Pelo Uso da Água Na Bacia Hidrográfica do Rio Coruripe*”. Monografia (Graduação). Universidade Federal de Alagoas. Maceió [96]f.

f) Outros

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS [SEMARH].  
2002. *“Plano Diretor de Recursos Hídricos: Bacia Hidrográfica do Rio Coruripe”*. Alagoas. Latin  
Consult.