

Avaliação de instrumentos econômicos alocativos na gestão de bacias hidrográficas usando modelo econômico-hidrológico integrado

Márcia G. Alcoforado de Moraes

Carlos Alberto Amorim

Bruno Edson Martins de Albuquerque Filho

Gabriela Mendes

RESUMO: Este artigo apresenta uma avaliação de alguns instrumentos econômicos alocativos: a outorga controlada e a cobrança – previstas como instrumento de gestão de recursos hídricos e instituída através da Política Nacional estabelecida pela Lei 9433/ 97 – no que se refere a sua efetividade no alcance dos objetivos a que se propõe a partir de uma referência que representa o ótimo social. Para isso utiliza-se um modelo econômico-hidrológico integrado para apoio a gestão de recursos hídricos, desenvolvido e aplicado, através de um Sistema de Apoio a Decisão Espacial (SADE-GBHidro), para a bacia do rio Pirapama no Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil, com recursos do CT-HIDRO/ FINEP. Simulações e resultados são alcançados para a outorga controlada e uma modalidade de cobrança com fins arrecadatórios. O modelo identifica a alocação ótima de água entre os diversos usos obtida com a maximização dos benefícios sociais restrita pelas restrições físicas, configurando uma meta socialmente ótima. Esta seria a de um decisor onisciente que diante de situações de escassez alocaria visando a um máximo de bem-estar para toda a sociedade. A meta social é uma referência a partir da qual podem ser avaliados os diversos instrumentos econômicos. Os resultados mostram que o mecanismo de outorga em suas diversas formas introduz perdas em relação ao ótimo social, e os ganhos quando ocorrem não compensam as referidas perdas. No que se refere a cobrança é avaliada a metodologia de cobrança por custo marginal e nela verifica-se a presença de perdas maiores, pois as mesmas incluem não só as perdas devido ao consumo reduzido como também àquelas devido a arrecadação do que se continua consumindo.

PALAVRAS-CHAVE: instrumentos econômicos alocativos; regulamentação pública; políticas públicas de água; outorga; cobrança, alocação ótima de água; modelos econômico-hidrológicos integrados.

ABSTRACT: This paper presents an evaluation for some demand management instruments: water rights and charge –, economic instruments established by the Brazilian Water Law of 1997 – in the effectiveness of reach an basin-optimum social level. For this an Integrated Economic-Hydrologic modeling at the basin scale was developed and is used with the support of a Spatial Decision Support System (SDSS), constructed within a new consorcio with CT-HIDRO/ FINE funds. It can provide essential information for policymakers in resource allocation decisions. The model is applied to the Pirapama river basin, in Pernambuco state, North-east of Brazil. Results and simulations are done for the water rights and for a type of charge with financial objectives. The model includes essential hydrologic, institutional, agronomic and economic relationships in a unique framework in order to identify the best allocation of the disposable water resources among their multiple uses in the first segment of the basin system: before the Pirapama reservoir. Therefore is established the basin-optimum social level .that would be the omniscient manager's decision. This basin-optimum social level is used for evaluation of the economic instruments. The results show that the water rights applied in different manners, introduces losses when compared with the basin-optimum social level, and the gains when occur don't compensate the referred losses. Related with the charge financial-objective, it has been observed greater losses: not only because of the reduced demand, but also because of the quantity consumed 'charges.

KEY-WORDS: demand management instruments, water policy; modeling at basin scale; water rights; charges; taxation, optimal water allocation; river basin model.

INTRODUÇÃO

A alocação ótima de recursos hídricos é uma questão atual, complexa e desafiadora. As linhas de pesquisa mais recentes buscam políticas que promovam uma alocação inter e intra-setorialmente eficiente no sentido econômico. É necessário também distribuir o bem-estar entre todos os envolvidos, além de assegurar a auto-sustentabilidade do recurso. Decidir por processos de alocação não é uma tarefa trivial¹. Para subsidiar os tomadores de decisão a estabelecer políticas que levem a eficiência econômica é necessária a identificação da alocação ótima de água entre os múltiplos usos - Economia Normativa. A partir daí, pode-se então comparar diversos instrumentos econômicos no que se refere ao alcance deste ótimo – Economia Positiva. Neste trabalho simulam-se através de modelos de otimização integrando componentes econômicas e hidrológicas, alguns mecanismos de cessão de outorgas, bem como algumas metodologias de cobrança e comparam-se os resultados com a meta social ótima, alocação obtida através da resolução de um problema de maximização de benefícios de todos os usuários da bacia, sujeito a restrições hidrológicas, agronômicas e institucionais.

Para isso utiliza-se um Sistema de Apoio a Decisão Espacial - SADE-GBHidro (Moraes et al, 2006) que está sendo desenvolvido com recursos do CT-Hidro/FINEP. O mesmo possibilita, através de uma interface amigável, a construção de modelos devidamente integrados com a base de dados geográfica de uma bacia e com os dados sócio-econômicos da mesma. Ademais são disponibilizadas através do mesmo conexões com o software de otimização GAMS (General Algebraic Modeling System), que resolve problemas de Programação Não-Linear grandes e complexos; bem como o apoio a construção de gráficos, que possibilitam a comparação de saídas dos diversos modelos construídos.

¹ Estudos realizados pelo IFPRI (International Food Policy Research Institute) e pelo Banco Mundial (Rosegrant e Biswanger, 1994) afirmam que a água potencialmente, pode ser alocada através de três processos: Sob alocação administrativa (outorgas) a autoridade pública ou quasi-pública (por exemplo, um comitê de bacia) identifica usos alternativos e simplesmente realoca direitos existentes para usos de mais alto valor; Sob cobrança e através de mercados de água - estes instituídos através de outorgas comercializáveis - usa-se a resposta dos usuários aos preços para realocar água.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A questão da alocação dos recursos escassos é uma questão central em Economia e o que se procura definir é um estado social desejável, ou uma meta social e econômica, e, portanto devem ser estabelecidas considerações normativas - Economia Normativa. Uma vez que se defina um estado social desejável é necessário determinar as formas de tentar alcançá-lo. Este é o papel da Economia Positiva. O recurso água, no que se refere a sua alocação, quebra alguns dos pressupostos que asseguram o atendimento do Primeiro Teorema do Bem-Estar². Diante disso, o resultado induzido pelo mercado diante da externalidade pode, e em geral, é ineficiente. As **Reações Governamentais** são classificadas como um tipo de resposta a externalidades que podem ajudar a retificar essas distorções de alocação (Eaton e Eaton, 1999). São necessárias quando não é possível resolver os problemas de externalidade privadamente, ou seja, sem qualquer intervenção governamental. Elas podem ser expressas através de dois tipos de políticas públicas: **Atribuição de Direitos de Propriedade e Regulamentações públicas**.

A **Atribuição dos direitos de propriedade** é uma política pública que viabiliza a negociação de soluções privadas. A questão da **Regulamentação Pública** aparece quando a abordagem dos direitos de propriedade estabelecidos e podendo ser transferidos não é praticável³. A taxa ou cobrança é um desses tipos de regulamentação. O outro são os padrões de emissão ou as alocações administrativas (no jargão de gestão de Recursos Hídricos: as outorgas controladas ou administrativas). A **Regulamentação Pública** é necessariamente imperfeita no sentido de que uma única solução é imposta a muitos problemas diferentes. No entanto, até num mundo imperfeito, os mercados podem levar a consideráveis ganhos de eficiência e outros benefícios (Rosegrant e Biswanger, 1994). Para verificar estes ganhos e benefícios, necessitamos estabelecer uma meta socialmente desejável (alvo regulador) - economia normativa - para um mundo imperfeito. Basicamente, existem dois critérios utilizados para fazer a comparação de estados sociais:

² Sendo um deles: o de que cada agente toma decisões de consumo e produção sem se preocupar com o que os outros agentes estão fazendo.

³ Por ora no Brasil este é o caso, pois a legislação brasileira, nem a nível federal nem estadual, prevê outorgas de direitos de uso comercializáveis.

O critério de Pareto e a Análise Custo-Benefício⁴. Na realidade, necessitamos estabelecer uma meta socialmente desejável (alvo regulador) --- economia normativa --- em uma situação onde o ótimo de Pareto não é alcançável. Para isso precisa-se de uma outra escala normativa: A Análise Custo-Benefício pode ser usada para gerar as informações necessárias a estipular alvos reguladores, quando o ótimo de Pareto não puder ser utilizado.

É essa então a fundamentação da nossa meta reguladora, ou alocação ótima, que será obtida resolvendo-se o problema de otimização de uma função que agrega os benefícios dos usuários agrupados por categorias de uso, bem como os custos sociais dados através da consideração dos custos individuais devidamente agregados. A partir dessa referência poderão ser avaliados os instrumentos de regulamentação pública utilizados e discutidos atualmente no Brasil - outorgas administrativas e taxação ou cobrança.

INSTRUMENTOS ECONÔMICOS ALOCATIVOS ESTABELECIDOS NA POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS: A OUTORGA E A COBRANÇA DE ÁGUA BRUTA

A lei no 9.433/97 de 08.01.1997 que dispõe sobre a Política e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos, representa segundo (Lanna, 1993 *apud* Ribeiro, 2000), a possibilidade de adoção do que é chamado de “modelo de gerenciamento sistêmico de integração participativa”, uma vez que propõe uma estrutura de gestão diferente da praticada até então, adotando uma visão sistêmica dos usos de água e prevendo a participação da sociedade nos processos decisórios. A lei estabelece como sendo (art. 5) instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos entre outros : III - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos e IV- a cobrança pelo uso de recursos

hídricos. Os mesmos se constituem nos instrumentos econômicos alocativos – voltados a corrigir distorções de alocação devido a externalidades - por ora *reações governamentais* permitidos na legislação brasileira, tanto em nível federal como estadual.

A outorga é um instrumento jurídico pelo qual o poder público, entendido como o órgão que possui a devida competência legal, confere ao administrado a possibilidade de usar privativamente um recurso que é público (Granziera, 1993 *apud* Ribeiro, 2000). O artigo 43 do Código de Águas define serem passíveis de outorga as águas públicas. Oito artigos da Lei no 9.433/97 dispõem sobre o instrumento de outorga (do artigo 11 ao artigo 18) transparecendo a grande importância que deve ter o instrumento no processo de modernização do setor de recursos hídricos no Brasil. (Ribeiro, 2000)

A cobrança pelo uso de recursos hídricos no Brasil, segundo disposto na Lei no 9.433/97, deve atender tanto ao objetivo econômico como ao arrecadatório. Esse último está explicitamente considerado no artigo 19, inciso III da Lei . (Ribeiro, 2000) O aspecto econômico é admitido no artigo 19 que informa que a cobrança intenciona reconhecer a água como bem econômico (I) e incentivar a racionalização de seu uso (II). O inciso I desse artigo dispõe, inclusive, que deve ser dado ao usuário uma indicação do *real valor* da água. Isto pode ser interpretado como a cobrança de um valor que seja indicativo dos custos externos que o uso da água esteja provocando.

A MODELAGEM ECONÔMICO-HIDROLÓGICA INTEGRADA IDENTIFICANDO A META SOCIALMENTE ÓTIMA NO RIO PIRAPAMA

A área de estudo de caso e a modelagem econômico-hidrológica integrada, tanto no que se refere ao aspecto de disponibilidade hídrica como de qualidade de águas, estão descritos em detalhes em (Moraes et al, 2008a) e (Moraes et al, 2008b).

Para identificar a alocação associada a meta social ótima, utilizou-se a função-objetivo representada pela agregação dos benefícios individuais líquidos agrupados por categorias de uso. Na aplicação em questão, realizada em todo o trecho a montante do reservatório Pirapama consideraram-se as funções benefício de quatro usos e respectivos usuários: Abastecimento Humano (municípios de Recife e Vitória), Abastecimento Industrial (agroindústrias JB, Sibéria e Liberdade), Geração de Energia Elétrica (PCHJB e PCHCIP) e áreas de fertirrigação.

⁴ A idéia da análise Custo-Benefício baseia-se no princípio da compensação de Kaldor-Hicks, segundo o qual poderia-se aumentar o bem-estar mesmo numa situação não-paretiana, em que se melhora a situação de algumas pessoas e piora-se a de outras. Isto se os que saem ganhando puderem compensar os que saem perdendo. Assim, o critério básico da análise de custo-benefício é o de maximizar os benefícios em relação aos custos. Os benefícios englobam tudo o que provoca aumento de bem-estar e os custos aquilo que o reduz. Dessa forma, o que se consegue com este critério é a maximização do bem-estar (Winch, 1971)

Para mensurar os benefícios econômicos dos usuários advindos de diversas alocações de água, foram obtidas funções de demanda inversa não-lineares (ver Moraes et al, 2008a).⁵ Com as mesmas identificadas para cada usuário (Figura 1) a partir de valores observados, obteve-se a função benefício líquido resultante de uma determinada alocação de água para cada usuário, num determinado mês através da integração das funções de demanda inversa.

$$B.Liq(usuário,t) = e^{C_1} \left[\frac{C_2^{(1/\eta)+1}}{(1/\eta)+1} - \frac{|C_2 - Q_{aloc}(usuário,t)|^{(1/\eta)+1}}{(1/\eta)+1} \right] - C_{medio} * Q_{aloc}(usuário,t) \quad (1)$$

Onde e^{C_1} , C_2 , η e C_{medio} são valores associados a função de demanda inversa de cada usuário. Os valores de C_1 e C_2 (condições de contorno que retratam a configuração de uso atual do usuário – conforme explicitado com detalhes em Moraes et al, 2008a) definem o preço no racionamento do usuário, ou seja, o ponto em que a curva de demanda intercepta o eixo dos preços, dado por P_1 . (ver equação 2 e Figura 1). Ademais a constante C_2 representa o chamado Consumo Autônomo, ou seja, o ponto no eixo das quantidades a partir do qual, não se teria mais benefícios com a oferta da água. O valor de η é o valor de elasticidade-preço associado ao tipo de uso. O valor de C_{medio} é o custo de obtenção da água e Q_{aloc} é a variável de decisão do modelo com a quantidade de água alocada para cada usuário e a cada mês, que deverá ser tal que atenda a todas as restrições hidrológicas, de controle e institucionais e ainda maximize a soma dos benefícios de todos os usuários em todos os meses.

$$P_1 = e^{C_1} \times C_2^{1/\eta} \quad (2)$$

O valor do preço no racionamento (P_1) expressa a taxa máxima de benefícios brutos por metro cúbico obtida pelo usuário. Em média (se a curva de demanda fosse linear), poderíamos dizer que a taxa de benefícios brutos por metro cúbico, estaria

no ponto médio entre este máximo (P_1) e o custo médio de obtenção da mesma, ou seja C_{medio} .⁶

$$\frac{P_1 - C_{medio}}{2} \quad (3)$$

Para identificarmos a taxa de benefícios líquidos que é o que o modelo maximiza, precisaríamos diminuir dos benefícios brutos o valor dos custos associados, resultando no total de benefícios líquidos dado por:

$$\frac{P_1 - C_{medio}}{2} * Q_{req} - C_{medio} * Q_{req} \quad (4)$$

sendo marginalmente (ataxa por metro cúbico) dada por:

$$\frac{P_1 - C_{medio}}{2} \quad (5)$$

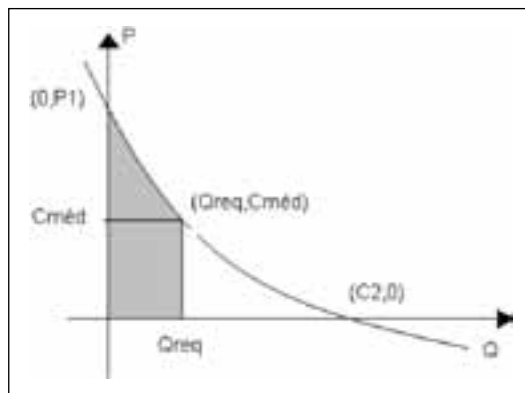


FIGURA 1. Função de demanda inversa representativa de um usuário de água

Finalmente, agregando os valores dos benefícios líquidos ao longo dos meses, obtém-se no horizonte de tempo de 1 ano do modelo o benefício líquido

⁵ Partiu-se do pressuposto de que as elasticidades são constantes ao longo da curva e através da resolução de uma equação diferencial obteve-se uma função de demanda inversa, posteriormente adaptada para representar valores práticos.

⁶ Na verdade, sendo a curva de demanda linear a área sob a mesma que dá os benefícios brutos associados a um valor de demanda requerida será a área de um trapézio (ver Figura 1) e portanto dada por $\frac{P_1 + C_{med}}{2} * Q_{req}$. Ao dividirmos este valor pela Q_{req} , teríamos exatamente o valor da taxa mencionada.

de cada usuário. A Função-objetivo será a soma dos benefícios líquidos de todos os usuários individuais, o que representa o benefício social líquido a ser maximizado. O interessante nessa abordagem de calcular os benefícios líquidos a partir das curvas de demanda de cada um é que está levando-se em conta a questão da eficiência econômica de cada usuário, pois estão se considerando perdas, elasticidade-preço, ponto de operação atual e benefícios brutos associados.⁷

O preço do racionamento (P_1), que influencia diretamente no benefício líquido marginal médio (ver equação 5), obtido a partir dos dados de configuração de uso atual de cada usuário, é determinado pelos valores de perdas do usuário (ver Figura 2 - quanto maiores as perdas e tudo o mais constante menor o P_1), pela elasticidade-preço (quanto maior a elasticidade-preço e tudo o mais constante menor o P_1), e pelo ponto de operação atual (Q_{req} , C_{med}) com o seu respectivo benefício bruto estimado (área sob a curva). Dessa forma, usuários com menores perdas e todos os demais parâmetros idênticos terão maiores valores de benefício líquido médio, o que significa que serão poupados diante de uma redução de disponibilidade hídrica em relação ao de maiores perdas. Da mesma forma, só variando a elasticidade-preço, valores menores da mesma⁸ também implicarão em proteção.

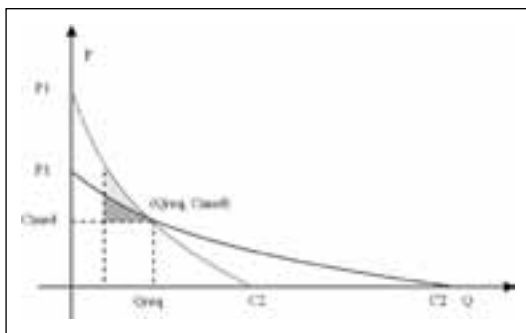


FIGURA 2. Curvas de demanda de usuários com perdas diferentes

⁷ Como o modelo, simulando a meta social, decide as alocações procurando maximizar o benefício líquido, é esperado que, diante de uma menor oferta hídrica, retire mais dos usuários cujos valores marginais de benefício líquido são menores, ou seja, os menos eficientes no uso da água.

⁸ O que implica numa maior dependência do usuário da água

Além disso, os valores de custo médio também impactam no benefício líquido médio, sendo que de forma inversa, conforme se viu na equação 5. Usuários com menores valores de custos médios para um mesmo ponto de operação, implicam em um maior valor de benefício líquido marginal médio, o que resulta em maiores reduções de benefício líquido diante da mesma redução de quantidade alocada. (ver Figura 3). Dessa forma, sob o critério de maximização de benefício social, privilegiaria-se o usuário de menores custos médios.

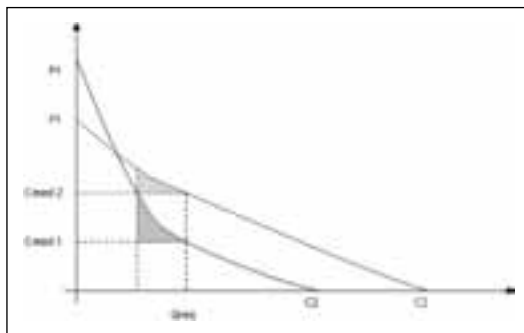


FIGURA 3. Curvas de demanda para usuários com custos médios diferentes

Com essa análise pretende-se ressaltar que adotar o critério de maximização de benefícios líquidos - construídos a partir das funções de demanda inversa de cada um dos usuários- para decidir as reduções entre usuários diante de uma disponibilidade hídrica menor leva em conta os valores marginais desses benefícios e portanto implicitamente privilegia numa eventual necessária redução os usuários mais eficientes, pois privilegiam-se aqueles que possuem as menores perdas, as menores elasticidades-preço e os menores custos médios, ou seja aqueles que possuem em média os maiores valores de benefícios líquidos marginais.

A MODELAGEM ECONÔMICO-HIDROLÓGICA INTEGRADA SIMULANDO CRITÉRIOS DE CESSÃO DE OUTORGAS PARA A BACIA DO PIRAPAMA

A Modelagem Econômico-Hidrológica integrada (Rosegrant et al, 2000) permite uma repre-

sentação realística da bacia⁹ ao mesmo tempo que mensura os benefícios econômicos por usuário resultantes da alocação de água, sendo portanto um instrumento importante na análise e comparação dos diversos mecanismos alocativos discutidos no Brasil e já estudados para a bacia do Pirapama.

Em (Ribeiro, 2000) sugerem-se três critérios de cessão de outorgas: dois baseados em um valor de vazão máxima outorgável¹⁰ para todos os usuários em determinados pontos de controle¹¹: sendo que um dos critérios define a vazão máxima outorgável para todo o período simulado enquanto que o outro varia em função dos meses do ano. No terceiro critério não há propriamente o conceito de vazão máxima outorgável. A vazão outorgada é o menor valor entre a demanda requerida pelo usuário e a vazão disponível na seção estudada.¹² Decidiu-se avaliar no presente trabalho a outorga administrativa segundo o critério onde não há o conceito de vazão máxima outorgável (denominado doravante critério 1) e aquele baseado no valor de vazão máxima outorgável variando em função dos meses do ano (denominado critério 2). Para simular a adoção de ambos os critérios no modelo construiu-se uma função-objetivo que representasse a soma dos erros ao quadrado entre a demanda requerida e a quantidade de água alocada para cada usuário e para cada mês para o período total de 1 ano. (função-objetivo não linear)¹³ (ver equação (6), onde i representa os usuários e t os meses). Na verdade, uma vez cedido um direito de outorga é assim que procede-se: tenta-se minimizar os desvios no atendimento de forma a respeitar o direito concedido.

$$F - OBJ = \sum_i \sum_t (Q_{aloc_{i,t}} - Q_{req_{i,t}})^2 \quad (6)$$

As restrições não se alteram, o que significa que o modelo procurará alocar a quantidade requerida (outorgada) agora minimizando o desvio no atendi-

mento, desde que as restrições sejam atendidas. O que fará a diferença nos dois critérios de cessão de outorgas será a disponibilidade hídrica considerada. Para simular uma vazão outorgável conforme o denominado critério 2, será considerado que os aportes hídricos simulados nos diversos trechos, que representam os valores médios mensais de cada um deles no ano estudado, serão reduzidos para 80% do valor original.¹⁴ Através da comparação dos resultados das alocações ótimas dos dois critérios, poderá se avaliar a efetividade deste mecanismo, em mais de uma forma, em relação ao alcance da alocação socialmente ótima.

A Política Nacional de Recursos Hídricos estabelece que em situações de escassez o abastecimento humano deve ser priorizado. Para simular esta priorização incorporou-se o critério 3 que minimiza desvios no atendimento sem vazão máxima outorgável, sendo que coloca-se um peso no termo do somatório que representa o desvio no atendimento relacionado ao abastecimento humano, que no caso seriam os atendimentos a Vitória e Recife.

A MODELAGEM SIMULANDO METODOLOGIAS DE COBRANÇA

No que se refere a cobrança, (Ribeiro, 2000) analisa quatro metodologias para cálculo de um valor de referência, ou preço básico unitário a ser cobrado, tanto no que se refere a captação como a diluição. Duas óticas podem ser adotadas: a econômica e a arrecadatória, sendo que algumas das metodologias possibilitam incluir no cálculo da cobrança ambos os aspectos. No primeiro aspecto, busca-se a eficiência econômica no uso da água e no segundo, uma arrecadação que recuperará ou financiará os programas de investimentos na bacia.

Os estudos (Carrera-Fernandez, 1999) para a bacia do Pirapama analisam aspectos teóricos e metodológicos da cobrança pelo uso de Recursos Hídricos, e propõe uma política de preços ótimos, que seriam preços que maximizariam a diferença entre benefícios e custos sociais e ao mesmo tempo minimizaria os impactos distributivos na economia.

Diante de tantas metodologias de cobrança propostas, urge formas de avaliar os efeitos destes mecanismos alocativos do ponto de vista econômico,

⁹ Pois considera restrições hidrológicas, agronômicas e institucionais

¹⁰ Definido como uma parcela da vazão (80%) com probabilidade de excedência de 90% no período simulado.

¹¹ São locais de interesse onde se necessita conhecer disponibilidade hídrica, a vazão outorgável, as demandas, etc.

¹² Os usuários têm suas demandas requeridas integralmente atendidas, assim as condições hidrológicas permitam.

¹³ Uma abordagem alternativa seria a maximização do atendimento proporcional ao valor requerido. (função-objetivo linear)

¹⁴ Como já visto, o valor de vazão máxima outorgável adotado não é exatamente o que simulamos. Precisaria-se ao invés de valores médios mensais, da estatística Q_{90} , o que é perfeitamente possível de se obter.

ou seja, em que medida os mesmos estariam contribuindo para uma racionalização do uso da água e para um máximo de bem-estar social. Com o intuito de mostrar a viabilidade da metodologia na avaliação de uma metodologia de cobrança, escolheu-se a cobrança pelo Custo Marginal de expansão e racionalização de oferta (ótica arrecadatória)¹⁵. A referida forma de cobrança objetiva ratear os custos e investimentos da bacia igualmente entre seus usuários.

A metodologia de cobrança é inserida na modelagem como um acréscimo no custo de obtenção da água. Assim, a partir da introdução da cobrança, os usuários deverão pagar para obter a água além dos seus custos para captação, um preço definido pela metodologia (Cmédio aumentará). O impacto deste preço para o usuário, de acordo com a lei da demanda¹⁶, será uma retração no consumo. Esta inserção dos preços nos custos dos usuários irá diminuir seus benefícios líquidos (ver equação (1)). A forma de cobrança será simulada dentro do modelo, não só introduzindo-se estes novos custos dentro das funções benefício líquido dos usuários, como também através da modificação da função-objetivo original (equação 1), que passa a ser a mesma utilizada para simular a cessão de outorgas (ver equação (6))

Na verdade, uma vez estabelecidos preços para os diversos usuários o órgão gestor sempre procurará atender a todas as demandas requeridas, isto significa que o seu objetivo ao alocar a água é minimizar o somatório dos desvios no atendimento de todos.¹⁷ A mudança nos custos devido a cobrança implicará em novos pontos de operação para os diversos usuários, pois, considerando-se que nenhuma mudança tecnológica nos processos produtivos nem no comportamento do usuário se dá (curto prazo)- ou seja, as mesmas funções de demanda inversa serão consideradas - deve-se esperar uma retração no consumo de todos os usuários ao resolver o seu próprio problema de maximização de benefícios individuais. Esta retração implicará numa redução do excedente do consumidor - chamaremos de perdas potenciais -

e significa que mesmo com disponibilidade hídrica a instituição da cobrança incorpora perdas aos usuários com a retração no consumo. Além dessa análise pode-se simular reduções na oferta hídrica para avaliar as perdas adicionais devido às mesmas.

RESULTADOS

Para entender os resultados obtidos é importante conhecer (ver Figura 4) a configuração atual dos usuários considerados na bacia do Pirapama ao longo do rio no trecho modelado. Observando-a pode-se entender alguns conflitos de uso existentes:

O município de Vitória, e as agroindústrias Sibéria e Liberdade retiram água de afluentes de 1º. Nível e portanto o uso de nenhum outro usuário influencia no aporte disponível para estes. No entanto, o seu uso (de Vitória, Liberdade e Sibéria) impacta na disponibilidade dos usuários consuntivos e não-consuntivos a jusante deles no rio principal. Assim, por exemplo, a redução na alocação de Vitória disponibiliza maiores vazões para a pequena central Hidroelétrica PCHCIP e para o município de Recife. Da mesma forma, reduções em Liberdade e Sibéria aumentariam a disponibilidade para Recife. No que se refere a destilaria

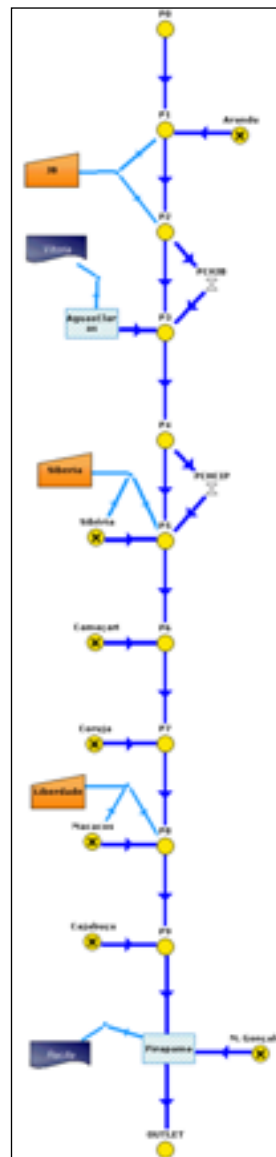


FIGURA 4. Configuração dos usos atuais modelados no Rio Pirapama (figura gerada pelo SADE-GBHidro)

¹⁵ A mesma está descrita em (Ribeiro, 2000).

¹⁶ (Varian, 1997) define que no caso de um bem normal, quando o preço deste bem sobe, sua demanda deve diminuir.

¹⁷ Matematicamente isto é feito através da equação citada que representa a função objetivo a ser minimizada representando o somatório dos desvios ao quadrado entre a demanda requerida e a quantidade de água alocada para cada usuário e para cada mês para o período total de 1 ano.

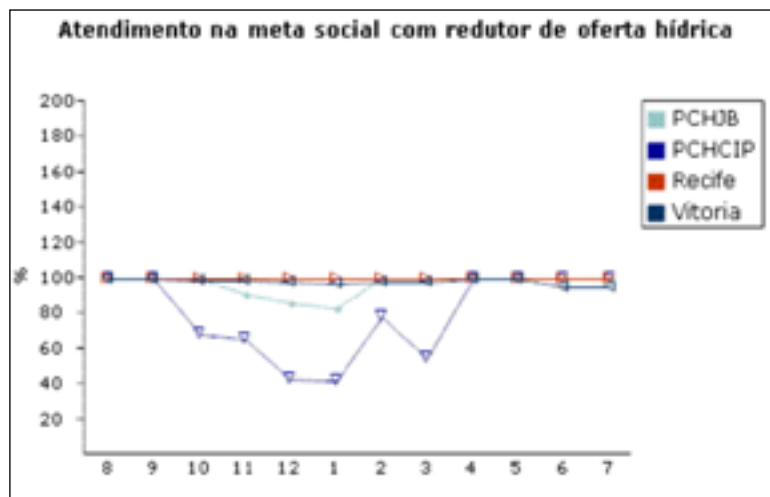


FIGURA 5. Atendimento proporcional por mês na meta social ótima com redutor de oferta hídrica (figura gerada pelo SADE-GBHidro)

JB, que retira água do rio principal e fica a montante de todos os demais, caracteriza-se um conflito de uso com todos os usuários consuntivos e não-consuntivos do rio principal, ou seja PCHJB, PCHCIP e Recife.

Inicialmente, foram obtidos os resultados do modelo representativo da meta social ótima (função-objetivo dada pela equação 1) As destilarias requerem só no período de safra (Setembro a Janeiro) e são totalmente atendidas. Observam-se reduções no atendimento (quantidades de água alocadas) restritas a PCHCIP e Vitória, estas muito pequenas. Se formos analisar em termos de perdas nos benefícios econômicos resultantes, verificamos que as mesmas são muito pequenas. Num total de R\$ 51 milhões de reais no ano possível¹⁸, diante das reduções necessárias, perde-se em torno de R\$ 2 mil reais. Este comportamento é esperado e significa que diante de uma situação em que se pode atender praticamente todas as demandas, a meta social é muito similar

a soma do máximo que cada agente pode obter. Simulando-se uma menor oferta hídrica, através da aplicação de uma redução nas vazões médias mensais utilizadas, procura-se representar uma situação onde não se consegue mais atender a todas as demandas requeridas em todos os meses. A meta social ótima caracteriza-se por reduções preferenciais na alocação em relação a demanda requerida dos usuários com menores benefícios marginais líquidos médios, que são os municípios e as PCH's, sendo essas últimas as que sofrem as maiores reduções proporcionais¹⁹. (ver Figura 5)

Apenas as agroindústrias continuam tendo suas demandas requeridas integralmente atendidas. As alocações médias no ano obtidas com a maximização dos benefícios econômicos diante de uma redução da oferta hídrica estão apresentadas na Tabela 1. São apresentados também os dados que retratam a configuração de uso atual dos usuários, utilizados na construção das funções de demanda inversa de cada um.

¹⁸ Isto representa a soma de todos os máximos benefícios líquidos econômicos por agente, ou seja, o que cada agente tendo suas demandas requeridas totalmente atendidas resulta em benefícios líquidos individuais. Está se considerando aqui todos os usos a menos da fertirrigação.

¹⁹ Por terem os menores benefícios marginais líquidos médios.

TABELA 1

Valores associados aos usuários consuntivos que expressam configuração de usos atuais e resultados de alocação da meta social ótima com redutor simulando 60% de disponibilidade hídrica

Usuários demandantes	Vazão requerida Mensal (*) (m³/s)	Custo médio (*) (R\$/ m³)	Perdas de água bruta (*)	Elasticidade Preço-Demanda (*)	Benefício estimado associado a vazão requerida (área sob a curva) (R\$/seg) (*)	Consumo Autônomo C2 (m³/seg (**))	Preço no Racionamento P1 (R\$/m³ (**))	Valor Alocado Ótimo médio ao longo do ano com 60% de disponibilidade hídrica (m³/s) (***)	Benefícios Marginais Líquidos Médios em Reais/m³ (****) $\left(\frac{P_1 - C_{med}}{2}\right)$
Recife	5,120	0,877	45%	0.13	5,0173	184,98	1,089186	5,1181	0,106093
Vitória	0,119	0,877	45%	0.13	0,1166	4,056	1,089159	0,1169	0,106079
JB	0,433	1,015	20%	0.99	2,0026	0,723	8,249549	0,4333	3,617274
Sibéria	0,060	1,015	20%	0.99	0,1679	0,075	4,590190	0,0600	1,787595
Liberdade	0,370	1,015	20%	0.99	1,3529	0,505	6,312188	0,3700	2,648594
PCHJB	0,684	0,0024	0%	0.28	0,0064	1,577	0,018636	0,6616	0,008095
PCHCIP	1,887	0,0017	0%	0.28	0,0124	4,351	0,013019	1,4973	0,005655

(*) Esses dados foram obtidos com os usuários e utilizados na construção das funções de demanda inversa para cada um deles.

(**) Os valores de consumo autônomo e Preço no racionamento são determinados a partir dos primeiros.

(***) Finalmente, o valor alocado ótimo é o resultado do modelo com redutor de disponibilidade hídrica, obtido pela maximização das funções de benefício resultantes dos referidos dados.

(****) A última coluna dá a medida dos benefícios líquidos médios de cada usuário por metro cúbico, a partir de P1 e Cmed.

Proporcionalmente, diante de uma oferta hídrica com um redutor de 60%, as maiores reduções de vazões médias alocadas em relação às requeridas são impostas a PCHCIP (20,65%), PCHJB (3,27%), seguidas por Vitória (1,76%) e Recife (0,04%).

²⁰As agroindústrias são plenamente atendidas, pois o benefício marginal das mesmas é maior do que a dos usuários que poderiam ser beneficiados pela redução nas alocações das mesmas, que são todos os demais²¹. As reduções na PCHJB ocorrem apenas

na safra, que coincide com os meses secos, devido ao uso da destilaria JB. Já as reduções na PCHCIP são maiores e ocorrem não só na safra, persistem nos meses seguintes. Isto pois a mesma conflita não apenas com a JB, mas também com Vitória, pois menores alocações para o município, implicam em maiores liberações de Águas Claras resultando em mais água fluindo na PCH²².

as duas PCH's que estão a jusante, Recife e até Vitória, pois esta última poderia reduzir suas liberações para Recife que tem prioridade sobre a mesma. Já Sibéria e Liberdade ao reduzir suas alocações beneficiaria Recife. No entanto, nada disto ocorre.

²² Como ambos (JB e Vitória) segundo o critério dado pela última coluna da Tabela 1, tem maior prioridade do que a PCHCIP, não há reduções em JB e as reduções em Vitória são

²⁰ Pode-se observar na última coluna, que esses usuários são exatamente os que possuem os menores benefícios líquidos marginais médios. Na verdade, o que ocorre é uma priorização entre os usuários usando esse critério, uma vez que as restrições hidrológicas tenham sido atendidas.

²¹ No caso da JB, reduções nas suas alocações beneficiariam

TABELA 2

Resumo com as perdas(*) em milhares de reais no ano diante de uma disponibilidade hídrica de 60% para a meta social e a cessão de outorgas simulada de três formas

Perdas em Milhares de reais no ano/Usuários	Meta Social	Outorgas sem vazão máxima outorgável sem prioridades (Critério 1)	Outorgas com vazão máxima outorgável (Critério 2)	Outorgas sem vazão máxima outorgável com prioridade no Abast Humano (Critério 3)
Recife	0,004	0	124,530	0
Vitória	0,208	189,713	245,579	0,782
JB	0	1.285,052	5.522,872	1.620,047
Sibéria	0	0	1.095,305	0
Liberdade	0	0	1.043,980	0
PCHJB	0,361	0,216	1,533	0,203
PCHCIP	17,771	11,996	21,551	16,770
Total	18,343	1.486,978	8.055,353	1.637,802

(*) Diferença entre os valores máximos de benefícios líquidos anuais por agente e os benefícios resultantes das alocações ótimas diante de cada um dos critérios

Os benefícios resultantes das alocações na meta social ótima, diante de uma redução na oferta hídrica, mostram que as perdas aumentam (em relação a 100% das vazões médias mensais – eram de R\$ 2 mil e passam para R\$18 mil no ano) e entre os usuários, seguem a mesma ordem das reduções nas alocações, ou seja, sofrem as maiores perdas proporcionais os usuários de menores benefícios marginais líquidos médios. Com esse critério, obteriam-se menores reduções de benefícios a cada metro cúbico não alocado e maximizaria-se o benefício de todos. Isto é comprovado ao se comparar os resultados para a mesma situação de oferta hídrica sendo que a alocação feita simulando a cessão de outorgas.(ver Tabela 2)

pequenas. Na verdade, essas últimas ocorrem para atender a Recife que ganha com as reduções nas alocações de Vitória e tem um benefício marginal discretamente maior, sendo a PCHCIP indiretamente beneficiada.

Pode-se observar que as perdas realmente se elevam bastante ao tentarmos minimizar os desvios no atendimento, com quaisquer dos três critérios. O critério 2 é o pior deles, como dever-se-ia esperar, já que o mesmo considera, por segurança, valores alocáveis menores que a já reduzida oferta hídrica. Não só as perdas totais são as maiores, como também todas as perdas individuais se ampliam em relação ao ótimo social. No critério 1, onde se aloca o ofertado e não se dá prioridades a nenhum uso, as maiores perdas são introduzidas devido as reduções a JB e Vitória. Observando-se a configuração dos desvios de atendimento proporcionais dos usuários, a menos das agroindústrias, (ver Figura 6), nota-se que as reduções em PCHCIP e PCHJB diminuem discretamente em relação a meta social (ver Figura 5 e Tabela 2), juntamente com Recife, enquanto as de Vitória se ampliam bastante.

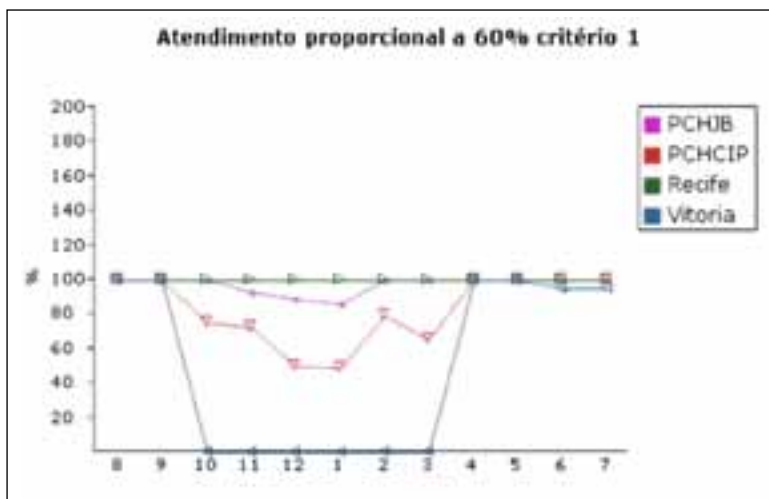


FIGURA 6. Atendimento proporcional no mecanismo de outorga sem vazão máxima outorgável

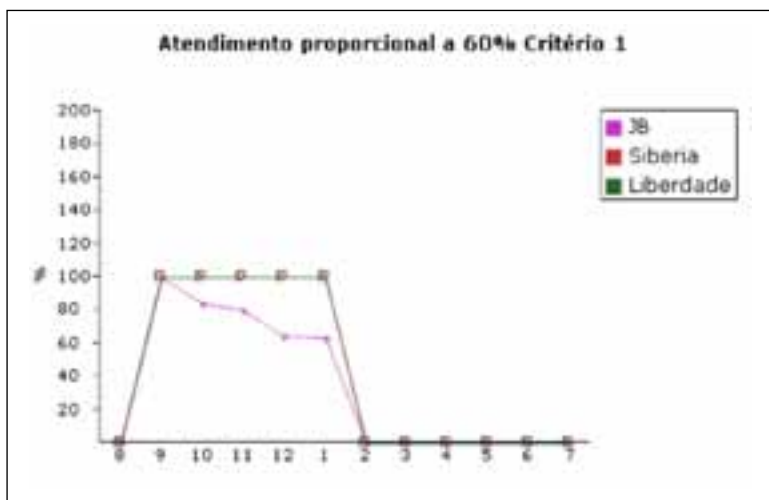


FIGURA 7. Atendimento proporcional das agroindústrias a 60% sob o critério 1

Através da Figura 7, vê-se a situação das agroindústrias e pode-se observar que a destilaria JB passa a sofrer reduções em relação a meta social, que vão se ampliando nos meses mais secos.

Na verdade, as reduções tanto da JB como de Vitória, ocorrem para diminuir os desvios no atendimento a PCHCIP, que tem um valor requerido considerável e cujo não atendimento eleva a soma dos erros ao quadrado, que se pretende minimizar neste critério. O impacto do uso da minimização dos desvios no atendimento, nos benefícios resultantes começa a mostrar o custo da opção pelo instrumento de outorga. Pode-se observar que os ganhos dos usu-

ários que se beneficiam neste último critério nem de longe compensam as perdas introduzidas.

Sob o critério 3 (com prioridades), as perdas totais aumentam se comparadas àquelas obtidas sob o critério 1 (sem prioridades), chegando a R\$ 1,637 milhões de reais no ano, concentradas quase que totalmente na destilaria JB, já que as reduções de Vitória diminuem bastante.

Deve-se ressaltar na comparação entre os resultados da aplicação dos diversos critérios de cessão de outorgas e da meta social o fato de que as restrições hidrológicas são as mesmas em todos os critérios. Isto significa que as diferenças entre as alocações diante

de uma mesma situação de oferta hídrica mostram o efeito da mudança de objetivo/ critério na decisão de quem deve perder ou ganhar quando não há água para todos.

Deve-se observar que dentre as três formas de simulação do mecanismo de outorga: i) A que impõe uma vazão máxima outorgável aumenta sobremaneira as perdas totais e de todos os usuários individuais. ii) O mecanismo de outorga sem vazão máxima outorgável e sem prioridade aumenta as perdas totais em relação a meta social, mas individualmente aumenta as perdas para Vitória e JB. No caso de Recife e as duas PCH's as perdas individuais diminuem, mas nem de longe compensam as perdas introduzidas. iii) Ao introduzir as prioridades, as perdas individuais de Vitória ainda aumentam sendo que menos que no critério 1, as perdas individuais de JB se elevam mais e os ganhos continuam ocorrendo para Recife e as duas PCH's sendo que são menores ainda. Portanto as perdas totais se elevam.

Esse resultado mostra a distância do mecanismo de outorga, em suas diversas modalidades, em relação ao ótimo social. Ademais, mostram que o usuário a quem se impõe maiores perdas diante das três formas de cessão de outorgas é um usuário (JB), que dentre os demais, apresenta os melhores indicadores, no que se refere ao uso eficiente e racional da água. (ver Tabela 1). Deve-se ressaltar que este usuário possui um dos menores valores requeridos, e portanto não atendê-lo completamente ao mesmo tempo que não introduz grandes desvios no atendimento impacta fortemente nos benefícios resultantes. Portanto, mostra-se que a cessão de outorgas e a tentativa de assegurar o direito de quem as recebe pode levar a grandes perdas, bem como a penalização de quem faz um uso racional e eficiente da água.

Com relação à cobrança, os primeiros resultados foram obtidos para a metodologia de custo marginal que é uma cobrança com objetivo arrecadatório, onde se optou por cobrar só aos usos de abastecimento humano e agroindustrial. O uso para geração de energia não foi considerado em virtude de ser não-consuntivo, quer dizer, não há impacto quantitativo sobre o rio, o que pode ser um argumento para justificar a não taxação para as PCH's. Além disso, as curvas de demanda das PCH's mostram que elas têm um pequeno valor de preço no racionamento²³.

²³ Seria o preço (P_i) a pagar diante de uma disponibilidade nula de água, um valor que na teoria seria infinito e a partir de

A imposição da cobrança pelo custo marginal levaria os custos da PCHCIP por exemplo, para R\$ 0,1914 por m^3 o que ultrapassaria muito o valor do preço no racionamento, levando a uma não demanda pelo usuário ou uma quantidade negativa.

Uma vez estabelecida esta metodologia de cobrança para os usos humano e agroindustrial, isto representou um aumento percentual nos custos médios para os dois usos considerados em torno de 3%²⁴. No curto prazo²⁵ cada agente seguindo sua curva de demanda muda o seu ponto de operação de forma a maximizar os seus benefícios líquidos, supondo o comportamento racional. Com isso, o efeito imediato esperado será a retração no consumo e novos benefícios líquidos máximos por agente, que vamos chamar de benefícios potenciais (ver Tabela 3), já que é necessário haver água para todos na quantidade requerida, para que eles se concretizem. As perdas potenciais²⁶ se constituem na diferença desses benefícios potenciais sem e com cobrança pela metodologia de custo marginal.²⁷

Estas perdas são diferenciadas para Recife e Vitória em valor absoluto, mas representam a mesma proporção, ou seja, em torno de 24% do valor do benefício potencial sem cobrança. Isto ocorre pois os parâmetros utilizados na construção das funções demanda para os dois usuários de abastecimento humano foram os mesmos (perdas, custos médios, elasticidade-preço, benefício estimado por metro cúbico ou tarifas) além do valor de cobrança dessa metodologia. Assim, para esses dois usuários a

valores práticos encontrou-se com o deslocamento da curva de demanda os valores de 0,019 e 0,013 R\$/ m^3 para PCHJB e PCHCIP respectivamente. Esses e os valores dos demais usuários encontram-se na Tabela 1.

²⁴ Mais especificamente a cobrança por custo marginal introduziu nos custos médios de ambos os usos o valor de 0,02696 R\$/ m^3 o que aumentou os custos médios das agroindústrias de 1,015 R\$/ m^3 para 1,042 R\$/ m^3 um aumento percentual de 2,65%, já para os municípios passou-se de 0,877 R\$/ m^3 para 0,9044 R\$/ m^3 , representando um aumento de 3,07%.

²⁵ Está se pressupondo aqui que não há tempo para redução de perdas nem reajuste de tarifas ou alteração de fatores que influenciem nos custos médios além da cobrança por água bruta.

²⁶ Estas perdas são as variações (no caso reduções) no excedente do consumidor diante da mudança de preços.

²⁷ Elas medem a perda de excedente resultante do fato de que o consumidor está pagando mais por toda a água que continua consumindo, bem como o valor do consumo perdido.

TABELA 3
Benefícios e Perdas Potenciais no curto prazo por usuário

Usuários	Benefícios Potenciais sem cobrança em Milhões de reais no ano	Benefícios Potenciais sob Cobrança por Custo Marginal em Milhões de reais no ano	Perdas potenciais em Milhões de reais no ano com a introdução da cobrança por custo marginal
Recife	16,312	12,317	3,994
Vitória	0,379	0,286	0,092
JB	20,252	20,101	0,151
Sibéria	1,386	1,366	0,020
Liberdade	12,666	12,537	0,128
PCHJB	0,1331	0,1331	0
PCHCIP	0,2565	0,2565	0
Total	51,3868	46,998	4,388

implantação da cobrança leva a uma retração na quantidade consumida de aproximados 13% do valor atual, mesmo sem restrições hídricas.

No caso das agroindústrias há diferenças entre as mesmas no que se refere ao benefício estimado por metro cúbico utilizado, pois as mesmas têm um mix de produtos diferentes (a JB produz álcool e aguardente, a Sibéria só aguardente e Liberdade só álcool) resultantes da água e da cana moída. Os demais parâmetros são os mesmos (perdas, elasticidades, custos médios e preços). Isto leva a proporções de perdas diferenciadas entre si, de mesma ordem de grandeza (JB tem 0,74%, Sibéria 1,5% e Liberdade 1%), mas bem diferentes das relativas ao abastecimento humano. As retrações no consumo são de aproximadamente 0,37%, 0,76% e 0,51% respectivamente. No caso das PCH's não se introduziu nenhum valor de cobrança como já explicado e portanto não se altera ponto de operação nem se introduz perdas potenciais ou reduções no excedente do consumidor.

Dessa forma, as maiores variações no excedente do consumidor devido a introdução da cobrança por custo marginal são as dos usuários de abastecimento humano e mais especificamente a de Recife, por ser o maior demandante deste uso. Isto ocorre mesmo tendo os dois tipos de uso cobrados (Abastecimento Industrial e Humano) custos médios (1,015 e 0,877 R\$/m³ respectivamente), e aumentos dos mesmos com a cobrança próximos (2,65 e 3% respectivamente). A característica principal da função de demanda pela água que determinou essas diferenças foi a taxa

média de benefícios líquidos por usuário (ver última coluna da Tabela 1) para cada m³ utilizado. Este valor dá uma medida da eficiência do agente no uso da água e implica em menores reduções de quantidade diante de aumento de custos.

A Tabela 4 repete os valores de perdas potenciais para os usuários (variação no excedente do consumidor) diante da implantação da cobrança por custo marginal e as suas duas componentes que são a perda do excedente devido ao fato de estar se pagando mais e a redução devido ao consumo perdido. Observa-se que mesmo numa situação de água para todos, o valor da arrecadação potencial total não é suficiente para cobrir o custo total de gerenciamento da bacia, a partir do qual foram calculados os valores cobrados por esta metodologia de cobrança, dado por 5,187 milhões de reais no ano.²⁸

Ao se introduzir o redutor de disponibilidade hídrica e se rodar o modelo com os custos médios incluindo a cobrança por custo marginal, além das variações no excedente induzida pela cobrança, novas reduções deverão ser imputadas para que as restrições físicas sejam atendidas. Essas na verdade são reduções devido ao consumo perdido que não pode ocorrer por não haver água para todos. O critério de otimização é que vai guiar a escolha de quem fica sem água. Caso

²⁸ Isto é facilmente explicável já que os cálculos dos valores cobrados não levam em conta a retração no consumo, que ocorre ao se inserir os preços.

TABELA 4

Tabela comparativa entre as perdas potenciais com a introdução da cobrança e a arrecadação anual que será gerada com os novos pontos de operação e a redução potencial de bem-estar

Usuários	Perdas potenciais em Milhões de reais no ano com a introdução da cobrança por custo marginal (*)	Arrecadação potencial em Milhões de reais no ano com os novos pontos de operação (**)	Redução potencial do bem-estar em milhões de reais no ano com a introdução da cobrança por custo marginal (***)
Recife	3,994	3,698	0,296
Vitória	0,092	0,085	0,007
JB	0,151	0,150	0,001
Sibéria	0,020	0,020	0
Liberdade	0,128	0,128	0
PCHJB	0	0	0
PCHCIP	0	0	0
Total	4,385	4,081	0,304

(*) Variação no excedente do consumidor

(**) Perda do excedente resultante do fato do consumidor estar pagando mais pelo que consome

(***) Perda do consumidor devido ao consumo perdido

TABELA 5

Resumo para a cobrança por custo marginal das perdas* em milhares de reais no ano diante do consumo perdido por uma disponibilidade hídrica de 60% para os diversos critérios de otimização

Perdas em Milhares de reais no ano/ Usuários	Maximização de benefícios líquidos	Minimização dos desvios no atendimento sem prioridades	Minimização dos desvios no atendimento com prioridades
Recife	0	0	0
Vitória	0,052	143,142	0,621
JB	0	1.277,179	1.575,260
Sibéria	0	0	0
Liberdade	0	0	0
PCHJB	0,359	0,215	0,203
PCHCIP	16,941	11,989	15,979
Total	17,558	1.432,526	1.592,063

* Diferença entre o máximo benefício líquido de cada agente com cobrança por custo marginal e os valores resultantes da alocação ótima diante de cada um dos critérios. Na verdade, essas são reduções devido ao consumo perdido.

seja maximizar os benefícios totais, as perdas maiores ficam com os menos eficientes, que são as PCH's que arcam com quase a totalidade das mesmas. Caso seja minimizar os desvios no atendimento, as perdas deslocam-se para os usuários que requerem pouco (Vitória e JB) e conflitam com os que requerem muito (PCHCIP e Recife). Como neste último critério não se considera o fato de pequenas reduções de alocação em JB levam a grandes reduções de benefícios líquidos resultantes, as perdas aumentam muito. Finalmente, ao se introduzir as prioridades no Abastecimento Humano, Vitória é poupada e as suas perdas diminuem bastante, concentrando ainda mais as perdas em JB. (ver Tabela 5)

Observar que da mesma forma que no mecanismo de outorga, a cobrança por custo marginal com e sem prioridades – simulada através da inclusão do valor cobrado no custo médio e do critério de minimização dos desvios no atendimento com e sem prioridades – introduz perdas devido ao consumo perdido ao se reduzir a oferta hídrica, pois nem todos os pontos de operação poderão ser atingidos. No entanto, já havendo uma retração no consumo, devido a introdução deste mecanismo econômico as perdas são um pouco menores (ver colunas 2 e 3 da Tabela 5 e colunas 2 e 4 da Tabela 2). Esta redução nas perdas porém é muito pequena e atinge basicamente aos mesmos usuários. Dessa forma, mostra-se que a introdução desta metodologia de cobrança impõe retrações de consumo que introduzem elevadas perdas de benefícios líquidos aos usuários e numa situação de escassez está bem distante da meta social ótima, não diminuindo portanto os conflitos, pois mesmo com a retração do consumo, não há água para todos e nenhuma proteção aos mais eficientes. Deve-se ressaltar que isto poderia ser justificado pelo referido mecanismo não ter objetivos econômicos e sim arrecadatários. Mas mesmo objetivando a arrecadação os objetivos não são atingidos: há reduções também nos valores arrecadados totais, que passam a ser em milhões de reais no ano - 4,08 para a meta social com cobrança; 3,96 para a cobrança por custo marginal

sem prioridades e 3,998 para a mesma modalidade de cobrança com prioridades.

Assim, as perdas com a introdução dessa metodologia seriam maiores do que as obtidas com o mecanismo de outorga, a menos do que considera a vazão outorgável (critério 2). Isto pois a metodologia de cobrança impõe além das perdas devido a restrições de disponibilidade hídrica equivalentes ao mecanismo de outorga, perdas com a retração no consumo esperadas diante das funções de demanda inversa levantadas. Ademais os valores obtidos com a arrecadação não são suficientes para atender ao custo de gerenciamento a partir da qual os preços foram calculados.

CONCLUSÕES E CONTINUIDADE DA PESQUISA

O tipo de avaliação mostrado neste trabalho é de fundamental importância, para a definição de políticas públicas que atendam aos objetivos a que se propõem e induzam no usuário um uso racional e eficiente da água. Os resultados mostram que o mecanismo de outorga em suas diversas formas introduz perdas em relação ao ótimo social, e os ganhos quando ocorrem não compensam as referidas perdas. No que se refere a cobrança é avaliada a metodologia de cobrança por custo marginal e nela verifica-se a presença de perdas maiores, pois as mesmas incluem não só as perdas devido ao consumo reduzido como também àquelas devido a arrecadação do que se continua consumindo. Outras metodologias de cobrança, não só com fins arrecadatários, foram analisadas usando a modelagem e o SADE-GBHidro. (Mendes, 2007)

Deve-se ressaltar que a estrutura do modelo permite facilmente que se analisem os mecanismos voltados para a qualidade de águas (outorga de diluição e cobrança pela diluição de efluentes), bastando para isso que se escolham as metodologias para precificar este tipo de uso.

Referências

- CARRERA-FERNANDEZ, J. (1999). "Estudo de Cobrança pelo uso da água na bacia hidrográfica do Rio Pirapama". Relatório de Consultoria, CPRH, Agosto de 1999.
- EATON, B. C.; Eaton, D. F. (1999). *MicroEconomia*, Sexta Edição, Editora Saraiva, São Paulo. ISBN: 85-02-02718-2.
- MENDES, G. (2007). "Avaliação de metodologias de cobrança através de modelo econômico-hidrológico Integrado: O caso da bacia do rio Pirapama". Dissertação no Programa de Pós-Graduação em Economia, UFPE, 2007.

MORAES, M.M.G.A. ; Sampaio, Y. ; Cirilo, J. A.; Cai, X. (2008a). "Apoio a Decisão na gestão de Recursos Hídricos usando modelo econômico-hidrológico integrado para alocação ótima de água: Uma aplicação na bacia do rio Pirapama." *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 13, p. 29-42, 2008a.

MORAES, M.M.G.A. ; Sampaio, Y. ; Cirilo, J. A.; Cai, X. (2008b) "Modelo econômico-hidrológico integrado para gestão de bacias hidrográficas: abordagem piece-by-piece para incorporar a capacidade de autodepuração dos rios e limites de trofia dos reservatórios." *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 13, p. 43-56, 2008b

MORAES, M. M. G. A.; Albuquerque Filho, B. E. M; Rocha, S. P. V.; Silva, D. F. (2006) "Sistema de Apoio a Decisão Espacial para Gestão de Bacias Hidrográficas Incorporando Modelagem Econômico-Hidrológica Integrada para Alocação de Água: SADE-GBHidro." Artigo submetido e apresentado no VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Gravatá..

RIBEIRO, M. M. R.,(2000). "Alternativas para a outorga e a cobrança pelo uso da água", Tese de doutoramento, UFRGS, Janeiro de 2000.

ROSEGRANT, M.W.; Ringler, C.; McKinney, D.C.; Cai, X.; Keller, A.; DONOSO, G. (2000). "Integrated Economic-Hydrologic Water Modeling at the basin scale: The Maipo River Basin", *Agricultural Economics*, p.33-46

ROSEGRANT, M. W. E Biswanger, H. P.(1994). "Markets in tradable water rights: potential for efficiency gains in developing country water resource allocation", *World Development journal*, number 22, pages 1613-1625.

VARIAN, H. R.(1997), "Microeconomia: Princípios Básicos", Segunda Edição Americana, Editora Campus Ltda, Rio de Janeiro. ISBN: 85-7001-810-X.

WINCH, D. M.(1971), "Analytical Welfare Economics", Penguin Books Ltd., Harmondsworth, Middlesex, England. ISBN: 84-206-2112-9.

Márcia G. Alcoforado de Moraes Professora Adjunta do Departamento de Economia da Universidade Federal de Pernambuco. marciagamoraes@yahoo.com.br.

Carlos Alberto Amorim Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Pernambuco

Bruno Edson Martins de Albuquerque Filho Mestrando em Ciência da Computação do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco

Gabriela Mendes Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Pernambuco