

NEGOCIAÇÃO DE ÁGUA ENTRE DIFERENTES REGIÕES

*ALEXANDRE AUGUSTO MOREIRA SANTOS, AFONSO HENRIQUES MOREIRA SANTOS, OSCAR DE MORAES CORDEIRO NETTO E THIAGO ROBERTO BATISTA.

1. ABSTRACT

Trade of licensing rights between regions is possible, using two assets as base: high risk flow and low risk flow. Both flows are derived from the retention curve, previously defined for the water management unit, and it seems that it can be set through the basin committee proposal, and approved by its respective water resources council. Thanks to the market mechanism two agents would increase satisfaction levels equal to or superior to those they would have obtained only by consuming the goods they initially had. In this article it is established a water negotiation between different regions where the starting point correspond to the wealth of water from each of the two regions, since any improvement is not possible for any of the regions if there is no compensated exchanges between them.

Palavras-Chave: Alocação, negociação e otimização.

2. INTRODUÇÃO

Em decorrência do caráter exclusivamente público dos nossos recursos hídricos, constituindo patrimônio dos Estados ou da União, cabe a eles promoverem a transferência do direito de seu uso, para a sociedade, o que se faz por meio de um ato administrativo, outorga de direito de uso de recursos hídricos, mediante o qual o órgão concedente autoriza o uso da água, por um determinado espaço de tempo, e sob condições pré-estabelecidas.

A outorga de direito de uso da água é um mecanismo que subsidia o poder público no controle da quantidade e qualidade da água utilizada pelos usuários. Ela objetiva disciplinar e racionalizar o uso do recurso água, a fim de atenuar ou até mesmo eliminar os possíveis conflitos de uso.

É possível também a realização de trocas de direitos outorgáveis entre regiões, tendo como base dois bens: vazão com maior risco e vazão com menor risco. Ambas as vazões são obtidas a partir da curva de permanência, definidas previamente para cada unidade de gestão hídrica, definidas por meio de proposta do comitê de bacia e aprovada pelo respectivo conselho de recursos hídricos. Graças ao mecanismo de mercado, dois agentes poderão atingir níveis de satisfação iguais ou superiores àqueles que teriam obtido consumindo somente os bens que detinham inicialmente. Neste artigo estabelece-se uma negociação de água entre diferentes regiões, onde o ponto inicial corresponde à riqueza hídrica de cada uma das duas regiões, considerando não ser possível melhorar alguma para qualquer das regiões, caso não haja trocas compensadas entre elas.

O modelo de alocação de água amplamente adotado no Brasil tem, como paradigma, a manutenção de uma vazão mínima no corpo hídrico, sem preocupação quanto aos prejuízos de montante ou quanto à possibilidade de uso de parte da água excedente.

Conforme Ribeiro Junior (2004), as vazões mínimas de referência, também, chamadas de vazões residuais, são adotadas de forma abrangente, sem uma análise mais aprofundada das peculiaridades e necessidades de cada local, levando na maioria das vezes à adoção de valores completamente distorcidos das diversas realidades.

Os conflitos entre regiões e entre usuários se agravam, à medida que o estoque disponível de água se aproxima do limite outorgável, normalmente estabelecido de forma impositiva pela legislação, que se baseia em vazões de referência bastante reduzidas, em relação, por exemplo, a valores médios de longo prazo.

Assim, em grande parte do tempo, haverá suficiente quantidade de água no corpo hídrico sem que se possa disponibilizá-la para as mais diversas necessidades humanas, e por consequência, torna-se um fator determinante que inibe o desenvolvimento. O processo atual não permite que os usuários possam conviver com maiores riscos de falhas no atendimento.

3. METODOLOGIA

Para facilitar o desenvolvimento da metodologia, parte-se de um modelo de negociação com apenas duas regiões envolvidas, 1 e 2. Entretanto, a negociação entre maior número de regiões nada mais é que uma série de negociações bilaterais, entre essas regiões. Deve-se, buscar estratégias de convergência, estabelecendo uma sequência de acordos bilaterais adequada.

É possível a realização de trocas de direitos outorgáveis entre regiões, tendo como base dois bens: vazão com maior risco e vazão com menor risco. No desenvolvimento deste trabalho, optou-se por escolher as vazões de referência Q_{95} , como a de menor risco, e Q_{80} , como a de maior risco associado.

CAIXA DE EDGEWORTH

Para representar o funcionamento do mercado de trocas de dois bens, entre dois consumidores, lança-se mão de um gráfico, conhecido por caixa de Edgeworth, baseando-se essa explanação em Picard (2002).

Cada ponto dentro da caixa possui quatro coordenadas, duas referentes à região 1 e duas referentes à região 2, entre as quais se pretende realizar as trocas de dois bens, como é o caso em análise. Supõe-se que cada região (consumidor) dispõe, inicialmente, de certa quantidade de cada um dos bens, considerando como abaixo:

W_h^i = recurso inicial do bem "h" do qual dispõe o consumidor "i".

x_h^i = variação do consumo do bem "h" pelo consumidor "i".

A economia abordada aqui está caracterizada por uma repartição inicial das riquezas sob forma de dotações das quais dispõe cada consumidor (W), com a possibilidade de se promoverem consumos adicionais (x), por meio de um movimento de trocas de produtos.

O diagrama de Edgeworth é construído utilizando um sistema duplo de eixos, conforme a Figura 1, formando um retângulo cujo comprimento medido horizontalmente é igual à quantidade total do bem 1 disponível na economia (ou seja $W_1^1 + W_1^2$) e cuja largura medida verticalmente é igual a mesma quantidade para o bem 2 (seja $W_2^1 + W_2^2$). Considera-se que cada um dos consumidores se coloca em vértices opostos do retângulo para estabelecer sua posição com referência à quantidade de que dispõe dos dois bens em negociação. Salienta-se que a quantidade total de cada bem está limitada à soma das quantidades individuais, em mãos de cada consumidor.

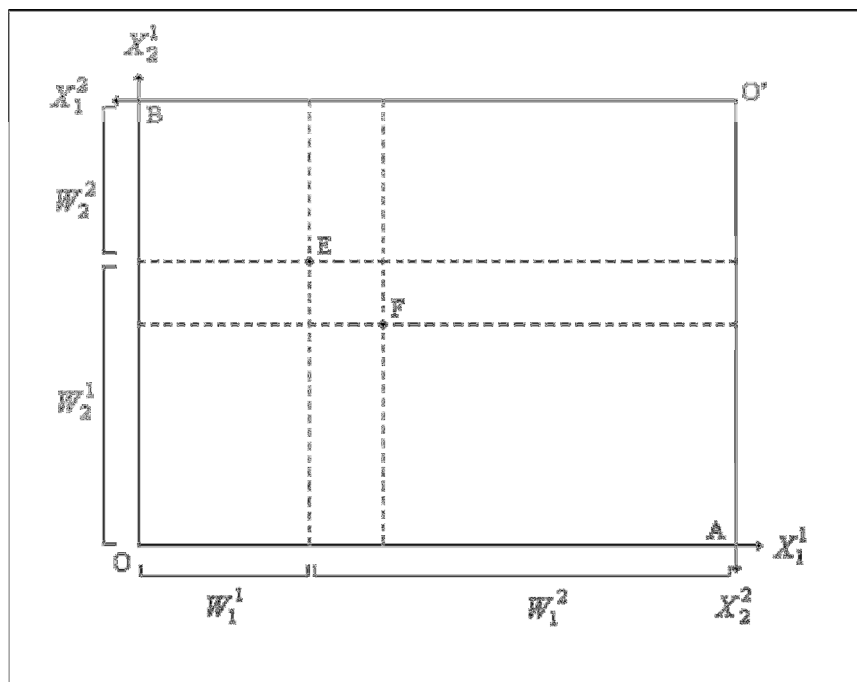


Figura 1 - Caixa de Edgeworth.

Fonte: Picard (2002).

O primeiro sistema de eixos tem por origem O e está orientado para a direita e para cima. Nesse primeiro sistema de eixos, o ponto E tem por coordenadas $(W_1^1; W_2^1)$, que corresponde à possibilidade inicial de consumo, referente ao consumidor 1. A variação da quantidade de bem 1, aceita pelo consumidor 1 (ou seja x_1^1) é escrita horizontalmente, e a variação do bem 2, aceita pelo consumidor 1 (ou seja x_2^1) é escrita verticalmente.

O segundo sistema de eixos tem por origem O' e está orientado para a esquerda e para baixo. A variação da quantidade do bem 1, aceita pelo consumidor 2 (ou seja x_1^2) é escrita horizontalmente, e a variação do bem 2 (ou seja x_2^2) é escrita verticalmente. Nesse segundo sistema de eixos, o ponto E tem por coordenadas $(W_1^2; W_2^2)$ e corresponde, então, à possibilidade inicial de consumo, referente ao consumidor 2.

Nessa economia, cada agente dispõe inicialmente de certa quantidade de cada um dos bens – os parâmetros W_h^i . Contudo, limitado pela oferta máxima de cada um dos bens, pode-se alterar as quantidades iniciais, acrescentado ou retirando x_h^i unidades, definindo um novo ponto F , também situado na caixa de Edgeworth. Assim, na Figura 1 o ponto F define uma nova repartição dos consumos dos dois bens, tanto para o consumidor 1, como para o consumidor 2.

No entanto, nessa nova situação, o nível de satisfação de ambos os consumidores será diferente da satisfação inicial, isso é, estar-se-á sobre uma nova curva de indiferença.

Uma vez fixados os dois sistemas de coordenadas, são construídas curvas de indiferença para cada um dos consumidores, conforme os conceitos desenvolvidos anteriormente. As curvas relativas ao consumidor 1 correspondem ao sistema de eixos com origem no ponto O e terão sua concavidade voltada para cima. As curvas relativas ao consumidor 2 correspondem ao sistema de eixos com origem no ponto O' e terão sua concavidade voltada para baixo.

Na caixa de Edgeworth da Figura. 2, as linhas de indiferença serão identificadas da seguinte forma:

I_n^i = curva de indiferença do consumidor "i", referente a um nível de utilidade "n".

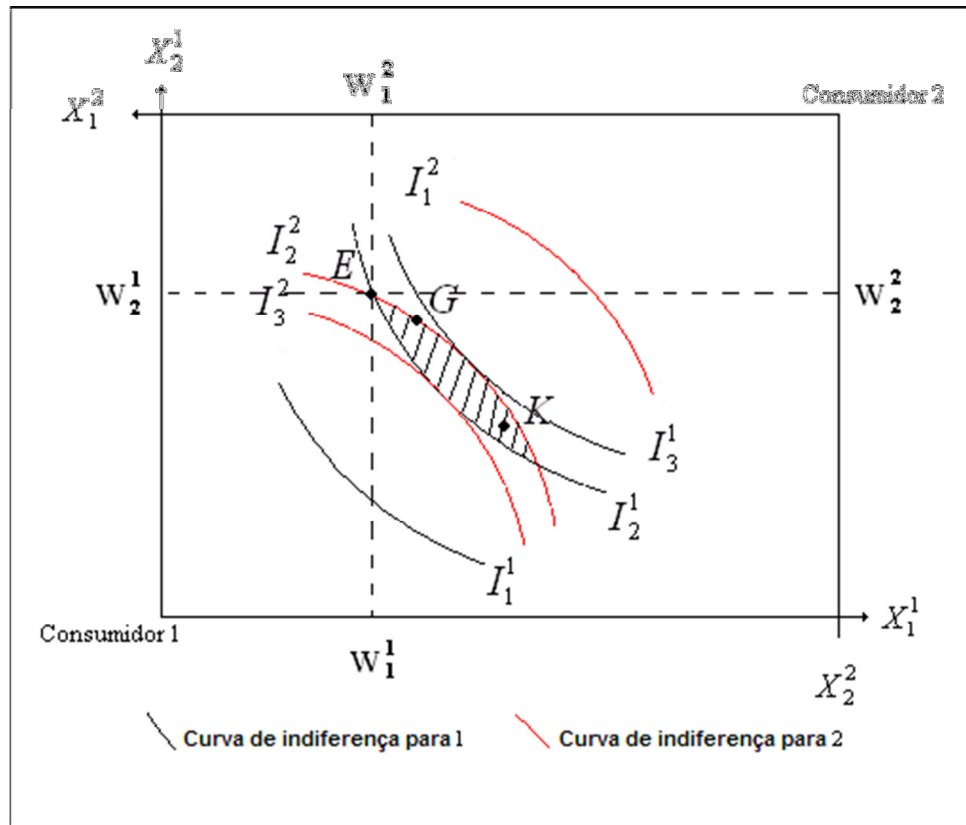


Figura. 2 - Região de vantagem mútua e a curva de contrato.

As curvas I_1^1, I_2^1 e I_3^1 correspondem à preferência do consumidor 1. Considerando que suas dotações iniciais $(W_1^1; W_2^1)$ correspondem ao ponto E, a curva I_2^1 corresponde ao nível de satisfação atingido pelo consumidor 1, se esse consome integralmente suas dotações. As curvas I_1^1 e I_3^1 correspondem, respectivamente, a um nível de satisfação mais fraco e mais elevado.

As curvas I_1^2, I_2^2 e I_3^2 correspondem às preferências do consumidor 2, relativas ao segundo sistema de eixos. Considerando que a curva I_2^2 também passa pelo ponto E, e corresponde à satisfação do consumidor 2, quando consome integralmente suas dotações iniciais $(W_1^2; W_2^2)$, as curvas de indiferença I_1^2 e I_3^2 correspondem, respectivamente, a um nível de satisfação mais fraco e mais elevado.

Para o consumidor 1, toda posição de consumo, situada acima da curva I_2^1 é preferível à posição inicial "E", e, para o consumidor 2, todo ponto situado abaixo da curva I_2^2 é julgado superior à posição inicial "E".

Como se pode concluir a partir da análise da Figura 2, a parte grifada representa o conjunto de pontos, correspondentes às quantidades consumidas dos dois bens, nos quais ambos os consumidores obtêm vantagens, em relação à situação inicial, definida pelo ponto E. Portanto, é uma "região de vantagem mútua".

Um consumidor, a partir de um ponto inicial, só pode buscar uma nova posição de melhor vantagem, com a concordância do outro consumidor, que, no mínimo, não aceitará perdas em sua situação inicial. Esse movimento leva ao equilíbrio de Pareto, ou ótimo paretiano.

A partir do ponto E, verifica-se que é possível melhorar a utilidade referente ao consumidor 1, sem diminuir a utilidade referente ao consumidor 2, passando do ponto inicial para o ponto G. Nesse caso, o consumidor 2 permanece sobre sua linha de indiferença I_2^2 , enquanto o consumidor 1 atinge um nível de satisfação superior àquele correspondente ao ponto E.

É possível melhorar simultaneamente a satisfação dos dois consumidores, localizando um ponto K, qualquer, situado no interior da região de vantagem mútua.

NEGOCIAÇÃO DE ÁGUA

Tendo um ponto qualquer como referência, dentro da região de vantagem mútua, conforme apresentado na caixa de Edgeworth, um determinado movimento pretendido por um dos consumidores pode resultar em ganho, perda ou indiferença para o outro consumidor. Para estabelecer o equilíbrio geral, é necessária a realização de trocas baseada na busca de vantagem mútua para os agentes. Graças ao mecanismo de mercado, é que dois agentes poderão atingir níveis de satisfação iguais ou superiores àqueles que teriam obtido consumindo somente os bens que detinham inicialmente.

Há de se lembrar que o ponto inicial, correspondente à riqueza hídrica de cada uma das duas regiões, representa um equilíbrio de Nash, uma vez que não é possível melhorar alguma para qualquer das regiões, caso não haja trocas compensadas entre elas.

A partir do ponto inicial, os movimentos se processam segundo a lógica do equilíbrio de Nash, buscando o ponto possível de maior ganho para ambos, conhecido como Ótimo de Pareto.

Determinação das curvas de indiferença para cada região

Neste ponto, é válido diferenciar a vazão outorgável, oriunda da política pública, que passa a ser notada por (Q_{o1}), da vazão efetivamente outorgável, resultante das trocas, representada por (Q_{e1}).

Uma região está indiferente em relação a dois bens, no caso vazões, quando a satisfação é mantida com a variação das quantidades dos mesmos. A partir da Esperança da Utilidade Total para o consumo dos dois bens, pode-se construir uma curva de indiferença, variando Q_{o1} e Q_{o2} , conforme se apresenta:

$$E(U_1(Q_{o1}, Q_{o2})) = P_1 * U(Q_{o1}) + P_2 * U(Q_{o2}) = \text{constante}$$

$$U(Q_{o1}) = \frac{Q_{o1}}{Q_{el}} \left(\frac{Q_{o1}}{Q_{o1}} \right)^\beta$$

$$U(Q_{o2}) = \frac{Q_{o2}}{Q_{el}} \left(\frac{Q_{o2}}{Q_{o1}} \right)^\beta$$

$$Q_{el} = 1$$

$$P_1 \cdot Q_{o1} \left(\frac{Q_{o1}}{Q_{o1}} \right)^\beta + P_2 \cdot Q_{o2} \left(\frac{Q_{o2}}{Q_{o1}} \right)^\beta = \text{constante}$$

Equação 1

Aplicando-se a Equação 1 obtêm-se as curvas de indiferença para as duas regiões A e B, que devem ser construídas dentro da Caixa de Edgeworth, utilizando-se dois conjuntos de eixos ordenados, colocados de forma oposta, conforme já apresentado anteriormente. A distância entre os eixos verticais é a soma das vazões Q_{o1} da região A, com Q_{o1} da região B. A distância entre os eixos horizontais é a soma das vazões Q_{o2} da região A com Q_{o2} da região B, conforme apresentado Figura 3.

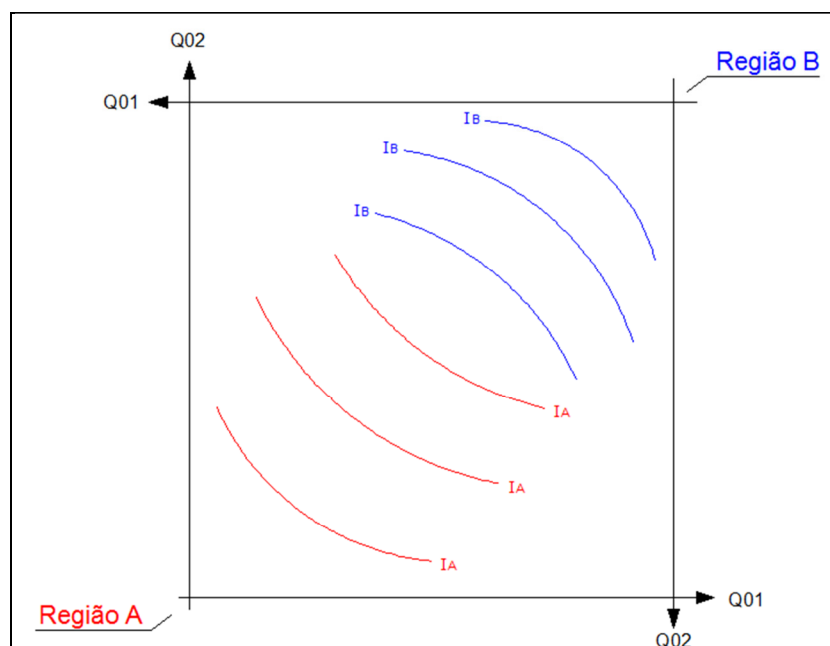


Figura 3 - Curvas de indiferença de A e B na caixa de Edgeworth.

Mecanismos de busca do ponto ótimo de negociação

Para determinação do ponto ideal de troca, apresenta-se um modelo gráfico e um modelo de busca computacional.

O conceito fundamental é que não se busca o máximo ganho de um, de outro ou da soma dos dois. O que se busca é a melhora contínua para ambos os agentes, até se encontrar um ponto em que isso não seja mais possível, pois a melhora para um resultaria em perda para outro.

Método gráfico de busca

O método gráfico tem base no traçado das curvas de indiferença de ambos os usuários, considerando como a melhor situação o ponto onde a reta, que passe pelo ponto inicial (P), corte a curva de contrato, e, nesse ponto (O), seja tangente às respectivas curvas de indiferença, conforme a Figura 4.

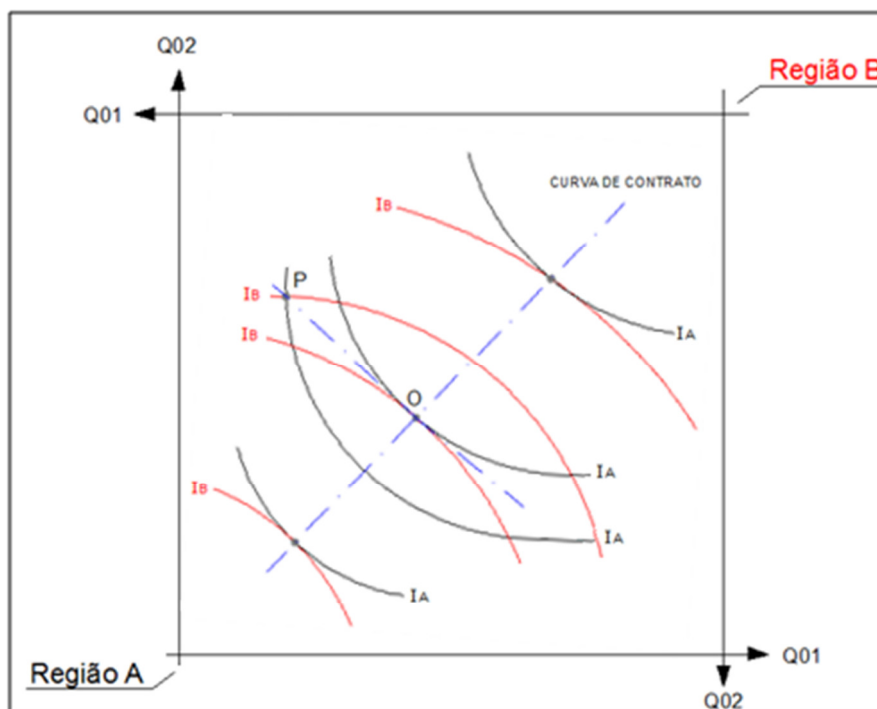


Figura 4 – Método gráfico de busca.

Método computacional de busca

O método computacional parte de um determinado ponto, com os valores iniciais dos produtos de cada uma das regiões, onde se interceptam curvas de indiferença dos dois usuários. A partir de trocas incrementais, vai-se permitindo aos agentes, de maneira alternada, melhorar suas posições.

O método computacional reproduz o algoritmo a seguir apresentado, com base nas indicações apresentadas na Figura 5:

- 1- Parte-se de um ponto inicial M;
- 2- A área de busca está situada entre as curvas de indiferença que passam pelos pontos M e N;
- 3- Inicialmente, o consumidor A fica com a esperança da utilidade fixada;
- 4- Dá-se um incremento negativo em Q_{02} , compensando-o com aumento em Q_{01} ;
- 5- Calcula-se qual seria o novo Q_{01} para se manter inalterada a esperança para A, chegando-se ao novo ponto (1).
- 6 - Parte-se para uma redução do Q_{01} de B, compensando com um aumento de Q_{02} ;
- 7- Busca-se qual será o novo valor de Q_{02} para manter inalterada a esperança da utilidade de B, que corresponde ao ponto (2);
- 8 - Volta-se ao passo 4, e, assim por diante, até se chegar a um ponto de convergência, representado pelo ponto (O), em que as curvas de indiferença dos dois consumidores são tangentes e a partir do qual a utilidade total de um deles não pode melhorar sem que piore a utilidade do outro.

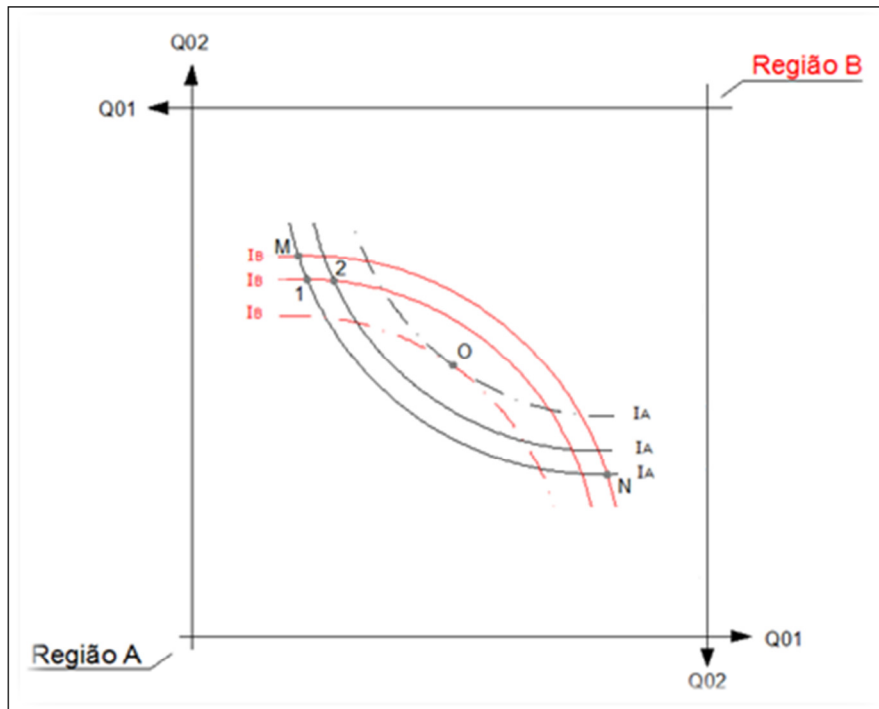


Figura 5 -Método computacional de busca.

A sequência de pontos será: M, 1, 2, 3,... O e o processo será tanto mais refinado, quanto menor for a quantidade das vazões oferecidas para as trocas.

Incorporação de restrições na permuta de bens

Até então, tanto por modelagem gráfica, quanto computacional, a busca pelo ponto ótimo se dá para todas as proporções dos bens, ou seja, busca-se o ponto ótimo não levando em conta possíveis restrições. Essas restrições se referem às vazões nos exutórios das áreas em negociação. Mas, há de se lembrar que essas áreas não são as únicas a impor restrições à negociação. As áreas intermediárias (i), entre a negociante de montante (m) e a negociante de jusante (j), também têm de ter respeitadas as limitações em seus exutórios. A Figura 6 apresenta um esquema, destacando a região de montante (m), de jusante (j) e as intermediárias, denominadas genericamente (i).

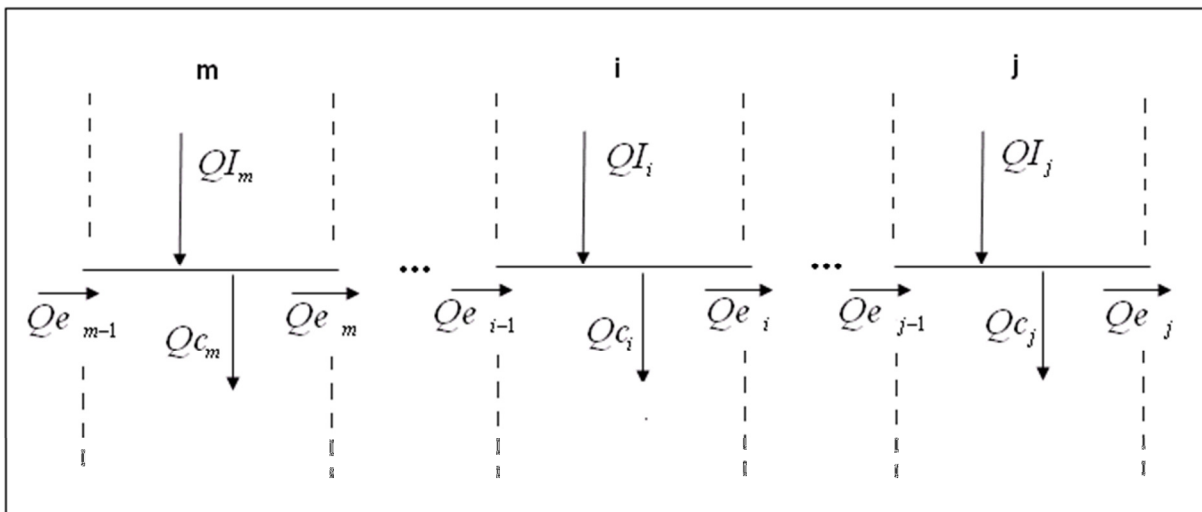


Figura 6- Regiões de montante, jusante e intermediárias.

Onde:

- Qe -vazão do exutório da região
- Qr -vazão de restrição no exutório
- QI -vazão incremental da região
- Qc -vazão consumida na região

Assim, têm-se as seguintes restrições:

$$Qe_m \geq Qr_{m_m}$$

$$Qe_i \geq Qr_{i_m}$$

$$Qe_j \geq Qr_{j_m}$$

Sendo:

$$Qe_m = Qe_{m-1} + QI_m - Qc_{m_m}$$

$$Qe_i = Qe_{i-1} + QI_i - Qc_{i_m}$$

$$Qe_j = Qe_{j-1} + QI_j - Qc_{j_m}$$

Dessas equações, verifica-se que a vazão nos exutórios, desde que seja respeitada a vazão de restrição, define a quantidade máxima de água a ser consumida.

Portanto, mesmo que as unidades de gestão que estejam em negociação não sejam limítrofes, ao se obedecer a suas vazões de restrição, estará garantindo-se que não haverá qualquer prejuízo nas demais regiões.

Quando se usa o método gráfico, para busca do ponto ótimo de permuta, as restrições são representadas por retas, que definem áreas de infactibilidade. Assim, observando a Figura 7 a reta que parte do ponto inicial até o ponto ótimo pode ser entendida como o caminho de “melhora” das satisfações dos agentes. Esse caminho é interrompido ao se alcançar uma restrição. Nesse caso, encontra-se um “segundo ótimo”, que é esse ponto de interseção.

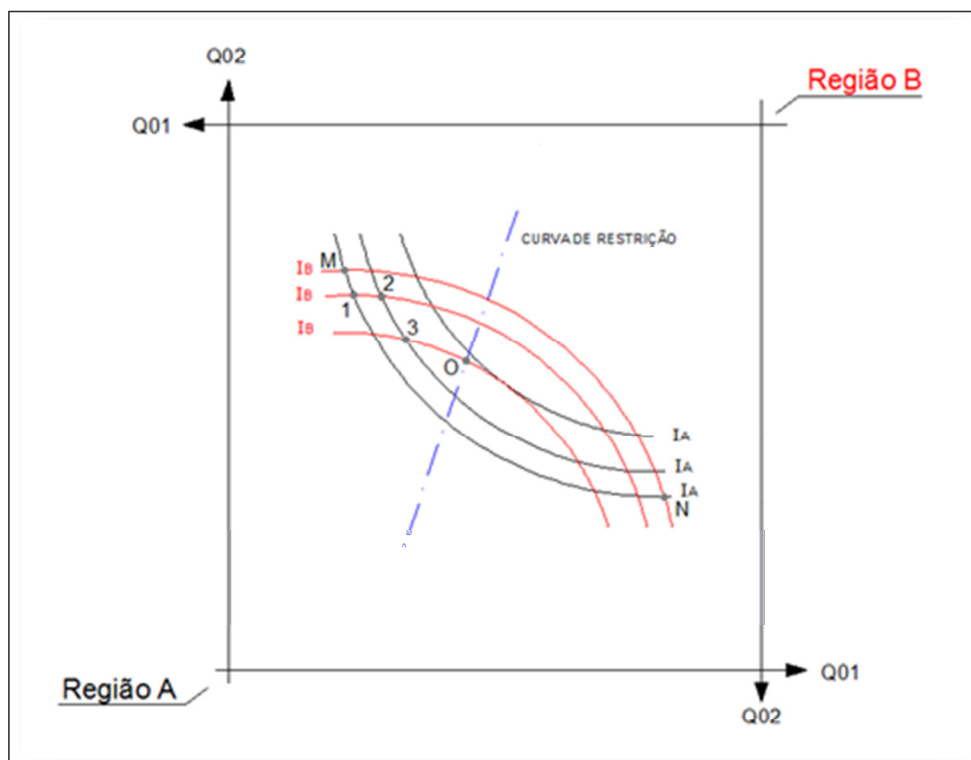


Figura 7 - Busca do ponto ótimo, com restrição.

No método computacional, as restrições são verificadas a cada incremento, estacando-se o processo de otimização logo que se rompa uma delas, devendo ser verificadas as duas condições de risco adotadas, no caso deste trabalho, de 95% e de 80%.

5. DESCOBERTAS E DISCUSSÃO

A prática das negociações entre as regiões de uma bacia hidrográfica, promovida pelo respectivo comitê de bacia, quando esse já estiver instalado, ou mesmo pelo órgão gestor, desde que tomados os devidos cuidados no sentido de integrar os demais segmentos no processo de negociação, será a melhor forma de se avaliarem e introduzirem melhorias no método proposto. O método proposto não se prende a trocas entre apenas duas regiões e pode, sem maiores dificuldades, ser expandida para um número genérico de regiões, visto não ter um problema de dimensionalidade, como em uma enumeração completa.

6. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que a ferramenta desenvolvida neste trabalho apresenta aos competidores diferentes cenários para a alocação territorial da água disponível na bacia, dependendo das premissas iniciais que pactuem.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALTAR, A. M. (2001). **Sistema de Apoio à Decisão para Avaliação Econômica da Alocação de Recursos Hídricos: Aplicação à Barragem do Rio Descoberto**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, Brasil.

BRAGA, B., BARBOSA, P. S. F. e Nakayama, P. T. (1998). **Sistema de suporte à decisão em Recursos Hídricos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 3, n. 3, pp. 73-95.

CAMPOS, J. N. B., STUART, T. M. C. e COSTA, A. M. (2002). **Alocação e Realocação do Direito do Uso da Água: Uma Proposta de Modelo de Mercado Limitado no Espaço**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 2, pp. 5-16.

CARRARO, C., MARCHIORI, C. e SGOBBI, A. (2005). **Applications of Negotiation Theory to Water Issues**. FondazioneEni Enrico Mattei, Nota di Lavoro 65.2005. 45p.

Carrera Fernandez, J. e GARRIDO, R. J. (2002). **Economia dos Recursos Hídricos**. Editora da UFBA, 1ª Ed., Salvador, Brasil. 458p.

DICK, R. M. e MENDOZA, M. (1996). **Alternative Water Allocation Mechanisms: Indian and International Experiences**. *Economic and Political Weekly*, v. 31, n. 13, pp. A25-A30.

DINAR, A., ROSEGRANT, M. W. e MEINZEN-DICK, R. (1997). **Water Allocation Mechanisms – Principles and Examples**. World Bank, Agriculture and Rural Development Department, Washington, DC. 43 p.

DINAR, A., ALBIAC, J. e SÁNCHEZ-SORIANO, J. (2008). **Game Theory and Policy Making in Natural Resources and the Environment**. EditoraRoutledge. Nova York. 368p.