

Análise de conflitos em bacias interestaduais

Aurelúbia Crismere da Silva Rufino
Zédná Mara de Castro Lucena Vieira
Márcia Maria Rios Ribeiro

RESUMO: Bacias hidrográficas compartilhadas por várias unidades políticas apresentam alto potencial de ocorrência de conflitos pelo uso e alocação dos recursos hídricos. A gestão de recursos hídricos deve englobar mecanismos que facilitem a resolução desses conflitos, utilizando ferramentas que permitam a análise de conflitos e a indicação de soluções possíveis. Este trabalho analisa o conflito interestadual na definição da vazão de fronteira do Rio Piranhas-Açu, entre os Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, no Brasil. Foi usado o Modelo Grafo para Resolução de Conflitos (Fang et al., 1993), mostrando a viabilidade de utilização desse método na definição de informações para apoio à decisão e na indicação das possíveis soluções para o conflito. Os resultados desta análise coincidem com as soluções obtidas no processo de negociação entre os gestores da Bacia.

PALAVRAS-CHAVE: Recursos hídricos compartilhados, conflito, vazão de fronteira.

ABSTRACT: Watersheds shared among several politic units present a high potential for conflicts over water resources use and allocation. Water resources management must comprise mechanisms that can facilitate the conflict resolution, by using tools that allow conflict analysis and point out possible solutions. This paper analyses the interstate conflict over the border discharge value of Piranhas-Açu River, with Paraíba and Rio Grande do Norte States (Brazil) as involved parties. The Graph Model for Conflict Resolution (Fang et al., 1993) was used, showing the feasibility of this procedure for defining information to assist decision-making and for pointing out the possible solutions to the conflict. This analysis results agree to those obtained during the negotiation process between all watershed managers.

KEY-WORDS: Shared water resources, conflict, border discharge value.

INTRODUÇÃO

O aumento da demanda mundial pelo uso da água, em virtude da expansão demográfica e do desenvolvimento econômico e industrial, associado à gestão ineficiente desse recurso, tem sido fonte de constantes conflitos de uso e alocação da água, especialmente nas bacias hidrográficas pertencentes a duas ou mais unidades políticas (países ou estados).

Segundo Haftendorn (1999), os conflitos mais significativos em águas transfronteiriças, internacionais ou interestaduais, ocorrem em função de disputas quanto ao uso, problemas de poluição e acesso equitativo aos recursos em situação de escassez absoluta ou relativa. Assim:

no caso em que o rio representa a fronteira entre as unidades políticas, podem ocorrer incertezas de jurisdição e propriedade, com superposição de regulação sobre as águas;

- a poluição das águas por um Estado a montante, pode afetar a qualidade para uso a jusante;
- o uso excessivo das águas pelo Estado a montante, pode levar a uma provisão insuficiente para os Estados a jusante, caracterizando a desigualdade de acesso aos recursos hídricos entre as várias unidades políticas;
- a ineficiência da gestão hídrica pelos Estados pode dificultar a determinação da quantidade e qualidade da água a ser disponibilizada na fronteira, para usos a jusante;
- as externalidades, entendidas geralmente como os custos ou benefícios que um ator pode causar a outro ou ao meio ambiente, ocorrem principalmente de montante para jusante, o que confere um maior poder de barganha às unidades políticas situadas a montante.

Existem 261 bacias hidrográficas internacionais, correspondendo a cerca de metade da superfície terrestre (Mimi e Sawalhi, 2003), muitas das quais têm sido palco, ao longo dos anos, de diversos conflitos hídricos. Como exemplos, podem ser citados os conflitos:

- ☒ na Bacia do Rio Colorado, entre os Estados Unidos e o México, devido ao aumento da quantidade de nitrato e salinidade nas águas do rio, por parte dos Estados Unidos; o conflito foi solucionado em 1973, quando os Estados Unidos concordaram em reduzir a salinidade da água e assegurar uma qualidade aceitável para uso a jusante (Haftendorn, 1999);
- ☒ na Bacia do rio Tumen, entre a China e a Rússia, relacionado com a deterioração ecológica e problemas ambientais na Rússia; a China, país a montante, poluía o rio de tal forma que os peixes continham um alto nível de substâncias químicas, o que demonstrava que as águas em sua jusante não se prestavam para uso municipal ou industrial (Hunter, 1998).

Também em bacias interestaduais tem sido possível identificar a ocorrência de conflitos em recursos hídricos, mesmo em países considerados de grande disponibilidade hídrica, como é o caso do Brasil, em função das disparidades regionais. Assim é que, por exemplo, a região Nordeste do Brasil, com grande parte do seu território caracterizada como semi-árido, sofre com a escassez decorrente dos baixos índices pluviométricos e a consequente dificuldade de acesso aos recursos hídricos necessários à promoção do seu desenvolvimento econômico; e a região Sudeste, embora com índices pluviométricos mais altos e uma melhor distribuição das chuvas ao longo do ano, padece da escassez induzida pelo alto grau de urbanização, industrialização e utilização de agricultura irrigada. Exemplos desses conflitos são:

- ☒ na região Sudeste do Brasil:

– a transposição das águas da bacia do rio Paraíba do Sul, compartilhada pelos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, para a bacia do rio Guandu, no Estado do Rio de Janeiro, realizada para atender, inicialmente, à geração de energia elétrica, hoje se presta a outros usos adicionais; tal situação tem desencadeado conflitos relacionados à adoção de critérios de outorga e cobrança da água nas duas bacias, visto a primeira ser de domínio da União e a segunda de domínio do Estado do Rio de Janeiro;

- ☒ na região Nordeste do Brasil:

– a bacia do rio São Francisco, compartilhada por sete Estados (Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal, Bahia, Pernambuco, Sergipe e Alagoas), é palco de conflito, em função de projeto de transposição de parte das águas do rio São Francisco para a perenização de rios do semi-árido do Nordeste setentrional, que compreende os Estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará. Os embates políticos e técnicos dividem os diversos atores em dois grupos: em uma vertente, estão os que defendem a transposição como forma de promover o desenvolvimento sócio-econômico dos Estados receptores; de outro lado, estão aqueles que consideram o projeto insustentável, alegando que o mesmo trará consequências graves à economia e ao meio ambiente do país, e argumentando que a bacia não tem água suficiente para disponibilizar para usos externos. Apesar do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco ter sido contrário à transposição, salvo para abastecimento humano, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, com poder de decisão sobre projetos que afetam mais de um Estado, aprovou as outorgas preventivas solicitadas no âmbito do projeto;

– na bacia do rio Piranhas-Açu, compartilhada pelos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, o conflito deveu-se à definição da vazão de fronteira a ser liberada pelo Estado da Paraíba; após sucessivas reuniões de articulação interestadual, sob coordenação da ANA – Agência Nacional de Águas, foi estabelecida a vazão de fronteira, para efeito do Marco Regulatório da bacia.

A sobreposição das condições físicas, sócio-econômicas, políticas e legais, nas bacias compartilhadas, torna a administração e alocação de seus recursos hídricos uma atividade extremamente difícil, fazendo indispensável a coordenação das políticas hídricas, a troca de informações e a tomada de decisão conjunta pelos estados ou países envolvidos no conflito.

O estabelecimento de acordos, uma das soluções mais eficazes para problemas relacionados aos recursos hídricos compartilhados, é dificultado pela grande incompatibilidade de políticas e de interesses das partes envolvidas nos conflitos. Diante disso, faz-se necessário o uso de ferramentas de apoio à tomada de decisão, capazes de proporcionar um melhor entendimento do conflito e de facilitar a obtenção de uma solução de consenso entre as partes em disputa.

Entre essas ferramentas, encontram-se os métodos de análise e resolução de conflitos – os quais se constituem em técnicas de análise multiobjetivo aplicadas a problemas que envolvem mais de um

decisor, com objetivos conflitantes (Fraser e Hipel, 1984) –, com destaque para aqueles baseados na Teoria dos Jogos, os quais utilizam a modelagem do conflito, objetivando a estruturação do problema e a indicação da sua evolução, de acordo com as ações das partes envolvidas, de modo a avaliar as soluções possíveis. Como exemplos destes métodos, podem ser citados o Modelo de Análise de Conflitos (Fraser e Hipel, 1984), CONAN (Howard, 1987), INTERACT (Bennett et al., 1993) e o Modelo Grafo para Resolução de Conflitos (Fang et al., 1993).

O objetivo deste trabalho é descrever a aplicação deste último método, o Modelo Grafo para Resolução de Conflitos (Fang et al., 1993), na análise do conflito relativo à definição da vazão de fronteira na bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu.

O MODELO GRAFO PARA RESOLUÇÃO DE CONFLITOS (GMCR)

O Modelo Grafo para Resolução de Conflitos (The Graph Model for Conflict Resolution – GMCR) foi

desenvolvido por Fang et al. (1993), sendo matematicamente fundamentado na Teoria dos Jogos e na Teoria dos Grafos. Constitui-se em uma técnica para apoio à tomada de decisão multiparticipante e multiobjetivo, podendo ser utilizado como uma metodologia interativa para suporte à decisão ou, em sua versão computacional, como Sistema de Apoio à Decisão (SAD), facilitando sobremaneira a sua aplicação ao estudo de conflitos. Aplicações do modelo podem ser encontradas em Hipel et al. (1997); exemplos brasileiros estão descritos em Malta (2000) e em Vieira e Ribeiro (2005).

A estrutura de aplicação do GMCR é apresentada na Figura 1 e explicada a seguir.

No GMCR, o conflito é modelado em termos dos *jogadores* (tomadores de decisão), das *opções* (ações que cada jogador pode empreender), dos *estados* (conjunto de combinações das opções dos diversos jogadores) e das *preferências* (posição relativa de cada estado, de acordo com a escolha de cada jogador). Ainda nesta etapa de modelagem, são construídas as listas de alcance de cada jogador, considerando-se

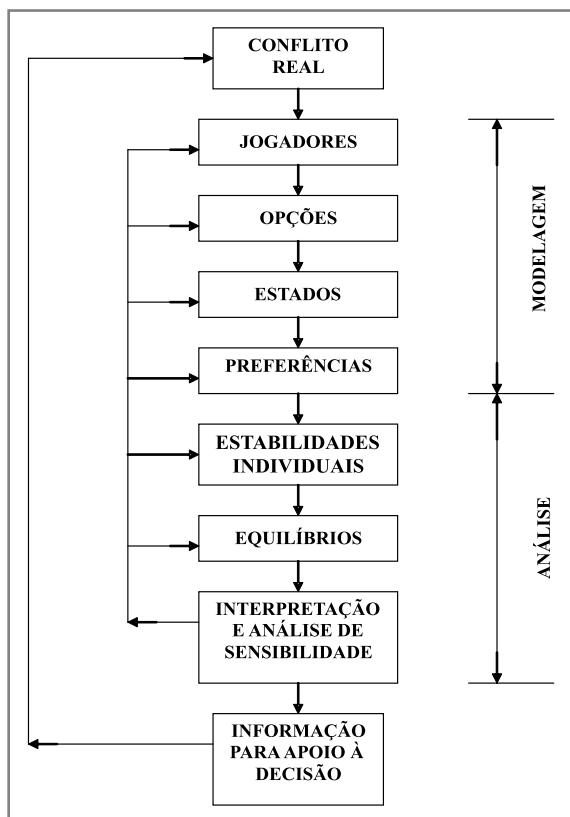


Figura 1. Estrutura de aplicação do GMCR (adaptado de Fang et al., 1993)

os seus possíveis movimentos unilaterais, a partir de um dado estado k (por exemplo, em um jogo com dois jogadores (i e j), cada um com duas opções, o jogador i pode mudar o conflito do estado k_1 (NNNN) para o estado k_2 (NSNN), mas não para o estado k_3 (NNNS), visto que tal mudança só pode ser feita pelo jogador j). A partir das listas de alcance, e de acordo com a atribuição das preferências dos jogadores, é possível ao GMCR detectar quando o movimento de um jogador se constitui em uma melhora (saída para um estado de maior preferência) ou piora (saída para um estado de menor preferência) estratégica. Esta informação é essencial ao cálculo da estabilidade dos estados factíveis do conflito, em função dos *critérios de estabilidade* considerados, os quais se constituem na representação matemática dos comportamentos sociológicos que podem ser assumidos pelos jogadores em uma situação de conflito (Fang et al., 1993).

Após a modelagem inicia-se a etapa de análise, a qual compreende duas fases:

- a análise de estabilidade – em que a estabilidade de cada estado é calculada a partir do ponto de vista de cada jogador, de acordo com vários critérios de estabilidade (um estado é considerado estável para o jogador se este não tem incentivos para se mover dele, por troca unilateral de estratégia), permitindo a definição do *conjunto de equilíbrios* (estados que são estáveis para todos os jogadores), que se constituem nas possíveis soluções para o problema;
- a interpretação dos resultados – em que os equilíbrios encontrados são interpretados e submetidos a uma análise de sensibilidade (nova(s) modelagem(ns) do conflito, com a alteração de parâmetros do modelo original – jogadores, opções, estados e/ou preferências), de modo a verificar a manutenção (ou não) dos equilíbrios encontrados anteriormente, e permitir que sejam avaliadas as consequências de falhas de informação ou percepção dos jogadores, e anuladas eventuais interferências do analista na modelagem do conflito.

O cálculo da estabilidade considera os seguintes critérios de estabilidade:

- Racional, ou de Nash, **R** (Nash, 1950, 1951) – o jogador i não analisa as reações possíveis ao seu movimento e espera que o conflito se mantenha no estado de sua escolha. Tem pequena

visão de futuro (1 movimento) e não admite piores estratégicas para nenhum jogador;

■ Meta-racionalidade Geral, **GMR** (Howard, 1971) – o jogador i analisa as possíveis reações ao seu movimento, mas ignora suas próprias possíveis contra-reações. A visão de futuro é média (número de jogadores) e pode haver piora estratégica dos oponentes (sanção);

■ Meta-racionalidade Simétrica, **SMR** (Howard, 1971) – o jogador i considera não apenas suas próprias possibilidades de movimento e as reações dos outros jogadores, mas também as suas chances de contra-reação. Tem média visão de futuro (número de jogadores) e admite piora estratégica dos oponentes (sanção);

■ Estabilidade Seqüencial, **SQ** (Fraser e Hipel, 1979) – o jogador i analisa se está impedido de mover-se para um estado mais preferido (por ele), porque uma seqüência de movimentos dos outros jogadores resultará em um estado menos preferido (para ele) do que o estado inicial. A visão de futuro é média (número de jogadores), mas nunca admite piora estratégica para nenhum jogador (movimento = melhoramento);

■ Estabilidade de Movimento Limitado, **L_h** (Kilgour, 1985) – o jogador i antecipa que conseguirá o menos preferido de todos os estados que podem ocorrer, como resultado da iniciativa de cada um dos outros jogadores. A visão de futuro é variável (h movimentos) e pode haver piora estratégica do jogador e dos oponentes;

■ Estabilidade Não Míope, **NM** (Brams e Wittman, 1981) – corresponde ao limite da estabilidade L_h quando h tende a infinito. A visão de futuro é alta e pode haver piora estratégica do jogador e dos oponentes.

Para todos esses critérios de estabilidade as análises são consideradas simétricas, uma vez que realizadas da mesma forma para todos os jogadores. Em alguns casos, no entanto, pode ser mais indicado levar em consideração modelos assimétricos (em que a definição de estabilidade difere entre os jogadores), e o GMCR considera, então, o critério denominado:

■ Equilíbrio de Stackelberg, **ST** (von Stackelberg, 1934 *apud* Fang et al., 1993) – o jogador i (líder) tem a habilidade de forçar a sua decisão aos demais jogadores (seguidores).

A análise dos equilíbrios apontados, pelo cálculo das estabilidades e pela análise de sensibilidade, permite o fornecimento de informações para apoio à tomada de decisão por parte dos atores envolvidos no conflito.

A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRANHAS-AÇU E O CONTEXTO DO CONFLITO

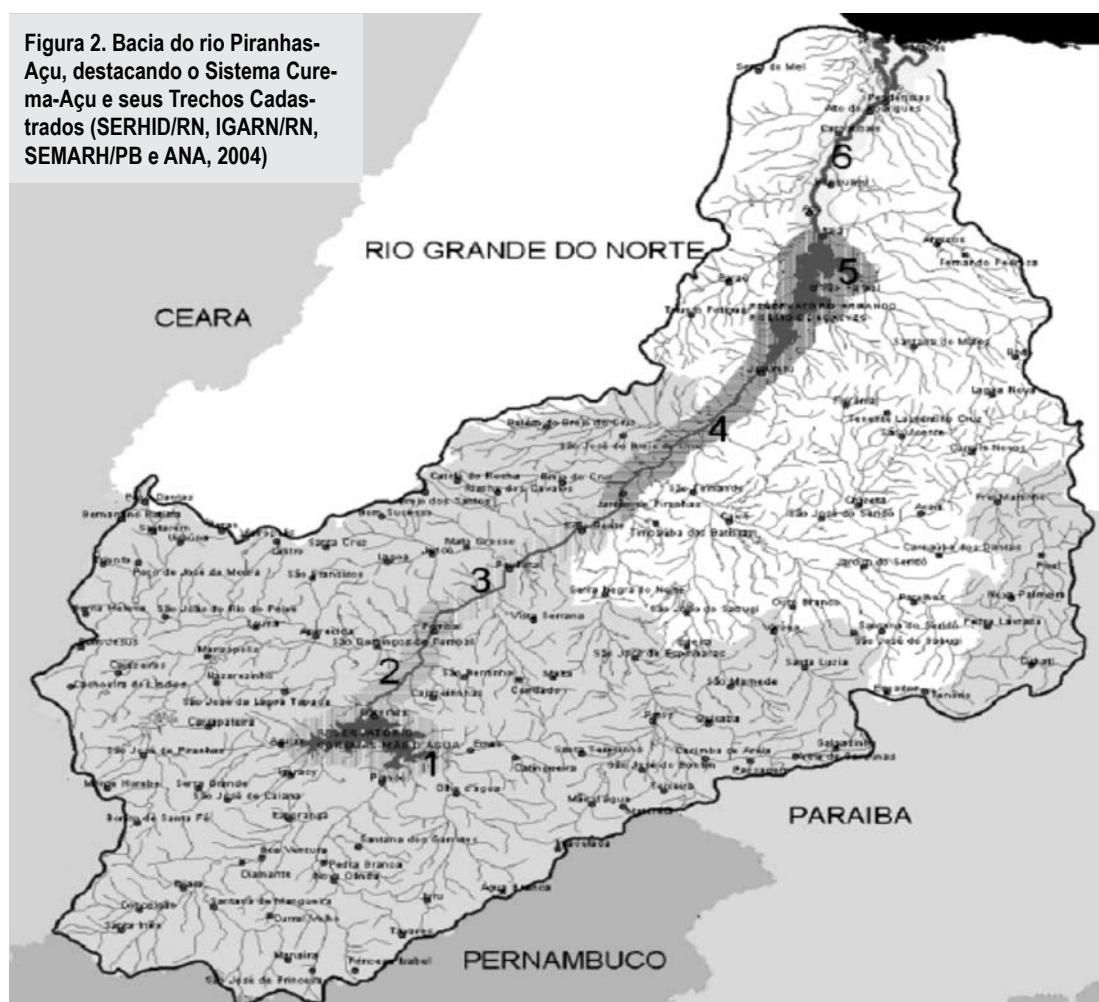
A Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu (Figura 2), com uma área de 43.681,50 km², sendo 26.183,00 km² (60% da área) no Estado da Paraíba, e 17.498,50 km² (40% da área) no Estado do Rio Grande do Norte, situa-se no Nordeste do Brasil e abrange, total ou parcialmente, 147 municípios (102 na Paraíba e 45 no Rio Grande do Norte). Conta

com uma população total de 1.363.802 habitantes, sendo que 914.343 habitantes (67%) no Estado da Paraíba, e 449.459 habitantes (33%) no Estado do Rio Grande do Norte (Braga et al., 2004). O rio Piranhas é, portanto, rio de domínio da União, devendo ser a sua gestão compartilhada entre a Paraíba, o Rio Grande do Norte e a União, sendo esta representada pela ANA - Agência Nacional de Águas.

A importância da Bacia do Piranhas-Açu resulta de nela estarem localizados o sistema de reservatórios Curema-Mãe D'Água (na Paraíba) e a barragem Armando Ribeiro Gonçalves (no Rio Grande do Norte), considerados estratégicos para o desenvolvimento sócio-econômico dos dois Estados.

Com o grande avanço na carcinicultura no Baixo Açu (Trecho 6 na Figura 2), a ANA recebeu, no

Figura 2. Bacia do rio Piranhas-Açu, destacando o Sistema Curema-Açu e seus Trechos Cadastrados (SERHID/RN, IGARN/RN, SEMARH/PB e ANA, 2004)



primeiro semestre de 2003, um elevado número de pedidos de outorga, que ultrapassava a capacidade de regularização dos sistemas hídricos da Bacia. Como medida preventiva, a Agência decidiu suspender a concessão de outorgas.

Dante de tais problemas e objetivando promover a gestão integrada, descentralizada e participativa da bacia, a ANA, através de suas Superintendências de Apoio a Comitês e de Outorga e Cobrança, desencadeou, em Junho de 2003, um processo de articulação institucional com os Órgãos Gestores dos Estados (SEMARH – Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais do Estado da Paraíba; AAGISA – Agência de Águas, Irrigação e Saneamento da Paraíba; SERHID – Secretaria Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte; e IGARN – Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte) e o DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, visando a definição de um Marco Regulatório e de um Plano de Regularização e Ordenamento dos Usos dos Recursos Hídricos na Bacia do rio Piranhas-Açu (Sistema Curema-Açu). Estas parcerias foram oficializadas pela assinatura, em 18 de fevereiro de 2004, de Convênio de Integração entre a ANA, os Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, e o DNOCS.

Para serem alcançados os objetivos do Convênio, fizeram-se necessários estudos sobre as demandas atuais e futuras dos dois Estados, e sobre a capacidade de regularização dos reservatórios Curema-Mae D'Água e Armando Ribeiro Gonçalves.

A definição das demandas atuais foi obtida a partir do cadastramento dos usuários da bacia, abrangendo a área que se estende desde o Açude Curema-Mae D'Água até a foz do rio Piranhas-Açu no Oceano Atlântico (trechos 1 a 6 da Figura 2). Foram cadastrados 2.678 usuários, sendo 1.634 usuários na Paraíba (61%) e 1.044 usuários no Rio Grande do Norte (39%). A definição das demandas futuras foi feita a partir da projeção das demandas atuais, considerando, ainda, os usos outorgados não cadastrados e os pedidos de outorga, conforme dados apresentados pelos dois Estados e pela ANA.

A Tabela 1 apresenta as demandas atuais (para 2003) e futuras (para 2015) dos dois Estados, discriminando os tipos de usos da água considerados para a Bacia do rio Piranhas-Açu.

Uma vez que não foram realizados estudos de batimetria dos reservatórios, as vazões regularizadas, adotadas como referência de planejamento, foram as seguintes (considerando-se, no entanto, que haverá ajustes sistemáticos no planejamento ao longo dos 10 anos):

■ Sistema de Reservatórios Curema-Mae D'Água (Paraíba): 7,90 m³/s, com 95% de garantia, de acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos;

■ Reservatório Armando Ribeiro Gonçalves (Rio Grande do Norte): 19,40m³/s, com 90% de garantia, segundo os dados do Estudo da Transposição do Rio São Francisco.

TABELA 1
Demandas atuais e futuras na Bacia do rio Piranhas-Açu ((SERHID/RN, IGARN/RN, SEMARH/PB e ANA, 2004)

Tipo de uso	Demandas atuais (m ³ /s)			Demandas futuras (m ³ /s)		
	PB	RN	Total	PB	RN	Total
Abastecimento humano e dessedentação animal ¹	0,697	1,381	2,078	1,128	2,188	3,316
Irrigação difusa	2,397	2,608	5,005	3,844	8,801	12,645
Irrigação em perímetros	1,000	4,704	5,704	4,500	18,940	23,440
Indústria	0,004	0,133	0,137	0,005	0,435	0,440
Piscicultura	0,036	0,287	0,323	0,083	0,311	0,394
Carcinicultura	0,000	0,805	0,805	0,000	8,054	8,054
Outros ²	0,000	3,506	3,506	0,000	7,307	7,307
Total	4,134	13,424	17,558	9,560	46,036	55,596

¹ – inclui abastecimento humano e animal difuso e por adutoras; ² – inclui perenização, turismo, lazer, etc.

O conflito que se apresenta, neste contexto, é da definição da vazão de fronteira entre os dois Estados:

- ⦿ o Estado do Rio Grande do Norte reivindica uma vazão mínima de 1,50 m³/s, a ser regulizada na divisa da Paraíba com o Rio Grande do Norte. Ressalta-se que o maior uso das águas desta bacia se encontra neste Estado e que a solicitação da liberação da vazão mínima de 1,50 m³/s na divisa PB/RN objetiva a garantia do abastecimento de água da cidade de Jucurutu/RN, além da perenização do trecho do rio Piranhas-Açu, da divisa PB/RN até a montante do reservatório Armando Ribeiro Gonçalves/RN;
- ⦿ o Estado da Paraíba, considerando as suas demandas futuras, afirma não ter condições de liberar a vazão reivindicada pelo Rio Grande do Norte, propondo então, como vazão de fronteira, uma vazão de 0,80 m³/s.

Dante disso, criou-se um impasse entre os Estados, tendo em vista que havia duas propostas diferentes quanto à vazão de fronteira PB/RN a ser adotada nos estudos, a fim de subsidiar a elaboração do Marco Regulatório da bacia.

A MODELAGEM DO CONFLITO

Com o objetivo de ajustar o modelo – através da incorporação de novas informações e/ou revisões de

jugamentos, de forma a permitir a análise dos resultados obtidos com as modificações – e de identificar melhor o papel e o poder de cada participante no processo, na condução ou alteração dos possíveis resultados para o conflito, o conflito foi submetido a três tipos de modelagem:

- ⦿ Conflito 1 – com apenas dois jogadores (Paraíba e Rio Grande do Norte), sendo considerados cinco casos, de maneira a permitir a alteração das preferências dos jogadores, em relação aos estados do conflito;
- ⦿ Conflito 2 – com três jogadores (Paraíba, Rio Grande do Norte e ANA), onde foram definidos dois grupos de simulações (A e B), de acordo com as preferências dos jogadores; e
- ⦿ Conflito 3 – com quatro jogadores (Paraíba, Rio Grande do Norte, ANA e DNOCS), em que foram realizadas seis simulações, em função da alteração de preferências dos jogadores.

Essas modelagens encontram-se identificadas, respectivamente, nas Tabelas 2, 3 e 4, sendo indicados os jogadores considerados em cada conflito, as opções disponíveis a cada jogador, e as premissas utilizadas nas várias simulações, para efeito de atribuição das preferências dos jogadores.

Vale salientar que a modelagem de conflitos requer a especificação de um ponto no tempo, sendo o estado inicial do conflito referenciado como '*status quo*'.

**TABELA 2
Jogadores, opções e simulações para o Conflito 1**

Jogador (i)	Opção (m)
J1 – Paraíba (SEMARH/AAGISA)	1 – Vazão de fronteira PB/RN de 0,8 m ³ /s 2 – Negociar solução de compromisso
J2 – Rio Grande do Norte (SERHID/IGARN)	3 – Vazão de fronteira PB/RN de 1,5 m ³ /s 4 – Negociar solução de compromisso
Simulações	
CASO 1: J1 e J2 atribuem maior preferência à solução em que sua reivindicação é atendida e, ao mesmo tempo, à solução na qual seu oponente se dispõe a negociar a solução de compromisso. CASO 2: J1 e J2 atribuem maior preferência às soluções que atendam suas próprias reivindicações. CASO 3: J1 atribui maior preferência à solução de compromisso e J2 atribui maior preferência às soluções que atendam sua reivindicação. CASO 4: J2 atribui maior preferência à solução de compromisso e J1 atribui maior preferência às soluções que atendam sua reivindicação. CASO 5: J1 e J2 atribuem maior preferência à solução de compromisso.	

TABELA 3
Jogadores, opções e simulações para o Conflito 2

Jogador (i)	Opção (m)
J1 – Paraíba	1 – Vazão de 0,8 m ³ /s por 10 anos 2 – Vazão de 1,5 m ³ /s por 5 anos + vazão de 1,0 m ³ /s por mais 5 anos
J2 – Rio Grande do Norte	3 – Vazão de 1,5 m ³ /s por 10 anos 4 – Vazão de 1,5 m ³ /s por 5 anos + vazão de 1,0 m ³ /s por mais 5 anos
J3 – ANA	5 – Apoiar a Paraíba (opção 1) 6 – Apoiar solução de compromisso (opções 2 e 4) 7 – Apoiar o Rio Grande do Norte (opção 3)
Simulações (Grupos A e B)	
Grupo A – simulações em que o vetor de preferências da ANA (J3) não varia (a ANA atribui maior preferência à solução de compromisso (opção 6)) e os vetores de J1 e J2 variam conforme considerado nas simulações A1 a A4.	
Grupo B – simulações em que há variação do vetor de preferências da ANA (J3), alternando-se a maior preferência entre as opções 5, 6 e 7. Variam também os vetores de preferências de J1 e J2, conforme considerado nas simulações B1 a B4.	
Simulação A1/B1	J1 atribui maior preferência aos estados com a opção 1; J2 àqueles com a opção 3.
Simulação A2/B2	J1 e J2 atribuem maior preferência à solução de compromisso (estados com as opções 2 e/ou 4).
Simulação A3/B3	J1 prefere mais os estados com opção 2, e J2 aqueles com a opção 3.
Simulação A4/B4	J1 prefere mais os estados com a opção 1, J2 atribui maior preferência à solução de compromisso (opção 4).

TABELA 4
Jogadores, opções e simulações para o Conflito 3

Jogador (i)	Opção (m)
J1 – Paraíba	1 – Vazão de 0,8 m ³ /s por 10 anos
J2 – Rio Grande do Norte	2 – Vazão de 1,5 m ³ /s por 10 anos
J3 – ANA	3 – Solução de compromisso (Vazão de 1,5 m ³ /s por 5 anos + vazão de 1,0 m ³ /s por mais 5 anos)
J4 – DNOCS	4 – Apoiar a Paraíba (opção 1) 5 – Apoiar solução de compromisso (opção 3) 6 – Apoiar o Rio Grande do Norte (opção 2)
Simulações (1 a 6)	
Simulação 1	J1 e J2 atribuem maior preferência às suas respectivas opções, enquanto J3 e J4 preferem mais a solução de compromisso.
Simulação 2	Todos os jogadores atribuem maior preferência à solução de compromisso.
Simulação 3	J1, J3 e J4 atribuem maior preferência à solução de compromisso e J2 dá maior preferência à sua própria opção (2).
Simulação 4	J1 atribui maior preferência à própria opção (1) e J2, J3 e J4 preferem mais a solução de compromisso.
Simulação 5	J1 e J2 atribuem maior preferência às suas respectivas opções, enquanto J3 e J4 apóiam a pretensão de J1.
Simulação 6	J1 e J2 atribuem maior preferência às suas respectivas opções, J3 prefere mais a solução de compromisso e J4 apóia a pretensão de J2.

Na modelagem de cada um dos conflitos simulados, o *status quo* equivale à situação anterior às reuniões de articulação interestadual (ou seja, quando nenhuma das opções dos jogadores é selecionada), de modo a permitir a análise das situações passíveis de ocorrer durante o processo de negociação para o estabelecimento do Marco Regulatório, entre os anos de 2003 e 2004.

Com a identificação das opções dos jogadores, para cada conflito, foram definidos os estados possíveis de ocorrer (combinação de todas as m opções, ou seja, 2^m) e, em seguida, excluídos aqueles estados onde duas ou mais opções mutuamente excludentes

estavam selecionadas (por exemplo, para o Conflito 1, a seleção simultânea de dois valores para a vazão de fronteira, opções 1 e 3), de modo a caracterizar os *estados factíveis* do conflito. A título de ilustração, a Tabela 5 apresenta os estados factíveis para o Conflito 1 (cada estado é constituído pelas células da coluna respectiva; por exemplo, o estado 10 é (SSNS), ou seja, opções 1, 2 e 4 selecionadas (S) e opção 3 não selecionada (N), enquanto o estado 1 representa o *status quo*, em que nenhuma das opções é selecionada).

A partir da identificação dos estados factíveis de cada conflito, foi construída a lista de alcance

TABELA 5
Estados Factíveis para o Conflito 1

Jog	Opç	Estados Factíveis											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
J1	1	N	N	N	N	N	N	N	N	S	S	S	S
	2	N	S	N	N	N	S	S	S	S	S	N	N
J2	3	N	N	N	S	S	N	S	S	N	N	N	N
	4	N	S	S	S	N	N	S	N	N	S	N	S

Jog – Jogador (J1 – Paraíba, J2 – Rio Grande do Norte); Opç – Opções dos jogadores, conforme Tabela 2; Estados factíveis – número e combinação das opções selecionadas (S) ou não (N) dos estados considerados para atribuição das preferências dos jogadores.

TABELA 6
Equilíbrios apontados para as simulações do Grupo A (Conflito 2)

Estado (k)		Critério de estabilidade									
		R	GMR	SMR	SEQ	L(1)	L(2)	L(3)	L(4)	L(5)	NM
9	NNNNNNN	1 * 3 *	1 * 3 *	1 * 3 *	1 * 3 *	1 * 3 *	1 * 3 *	** 3 *	****	****	1 * 3 *
10	NNNNNNNS	1 * 3 *	1 * 3 *	1 * 3 *	1 * 3 *	1 * 3 *	1 * 3 *	** 3 *	****	****	1 * 3 *
11	NNNSNSNN	1 * 3 *	1 * 3 *	1 * 3 *	1 * 3 *	1 * 3 *	1 * 3 *	** 3 *	****	****	1 * 3 *
12	NNSNNSN	1 * 3 *	1 * 3 *	1 * 3 *	1 * 3 *	1 * 3 *	1 * 3 *	1 * 3 *	****	****	1 * 3 *
20	NSNSNSN	* 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	* 2 3 4	* 2 3 4	* 2 3 4	* 2 **	* 2 **	1 2 3 4
21	SNNNNNNN	1 ** 4	1 ** 4	1 ** 4	1 ** 4	1 ** 4	1 ** 4	1 ** 4	****	****	1 ** 4
22	SNNNNNNS	1 ** 4	1 ** 4	1 ** 4	1 ** 4	1 ** 4	1 ** 4	1 ** 4	****	****	1 ** 4
23	SNNNSNNN	1 ** 4	1 ** 4	1 ** 4	1 ** 4	1 ** 4	1 ** 4	1 ** 4	****	****	1 ** 4
24	SNNNNNSN	1 ** 4	1 ** 4	1 ** 4	1 ** 4	1 ** 4	1 ** 4	1 ** 4	****	****	1 ** 4

Estado – indica o número do estado e a combinação das opções; Equilíbrios: R – Nash; GMR – Meta-racional Geral; SMR – Meta-racional Simétrico; SQ – Seqüencial; L(h) – Movimento Limitado em h movimentos; NM – Não Míope; 1 a 4 – simulações onde o estado é equilíbrio; * - não é equilíbrio para a simulação correspondente.

de cada jogador; além disso, a cada estado foram atribuídas as preferências dos jogadores, de acordo com as premissas das simulações efetuadas (discriminadas nas Tabelas 2, 3 e 4). Feito o cálculo das estabilidades individuais (de cada estado para cada jogador), conforme os vários critérios de estabilidade, foram identificados os *equilíbrios* para cada uma das simulações realizadas. A Tabela 6 apresenta os equilíbrios, por critério de estabilidade considerado, para o Grupo A de simulações do Conflito 2 (os números (1 a 4), na célula, referem-se às simulações (A1 a A4) para as quais o estado é um equilíbrio, e o asterisco indica que o estado não é um equilíbrio para a simulação correspondente; por exemplo, o estado 9 (NNSNNNN) é um equilíbrio de Nash (R) para as simulações A1 e A3, e não é equilíbrio para as simulações A2 e A4, de maneira que a célula aponta a situação 1 * 3 *).

ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos resultados obtidos nas três diferentes modelagens do conflito conduz a informações importantes sobre as possíveis soluções e o papel exercido por cada participante. Assim é que:

Conflito 1: Nos cinco casos simulados, em todos os equilíbrios apresentados pelo GMCR, pelo menos um dos jogadores seleciona a opção de ‘negociar solução de consenso’; apenas no Caso 5 é que o estado 2 (NSNS), em que ambos os jogadores optam pela negociação da solução de consenso, é equilíbrio para os critérios de estabilidade com maior visão de futuro (Movimento Limitado e Não Míope). Além disso, os estados 8 (NSSN) e 12 (SNNS) são os dois únicos equilíbrios que se repetem em todos os cinco casos simulados, atendendo a todos os critérios de estabilidade. Tais resultados demonstram que só é possível haver solução para o conflito se pelo menos um, dos dois jogadores, se dispuser a recuar de sua reivindicação;

Conflito 2: Verifica-se que a participação da ANA, no processo de negociação, alterou os equilíbrios encontrados para o Conflito 1. Nas simulações do Grupo A, o estado que prevê a solução de compromisso é mais frequente como equilíbrio, para os critérios de estabilidade com maior visão futuro (diferentemente do que aconteceu no Conflito 1 em que tal seleção foi equilíbrio em uma única simulação). Nas

simulações do Grupo B, os equilíbrios obtidos quando a ANA apresenta-se favorável à solução de compromisso não foram alterados quando do seu apoio à Paraíba ou ao Rio Grande do Norte. O único equilíbrio que se repete nas oito simulações (A1 a A4 e B1 a B4), atendendo a todos os critérios de estabilidade, é o estado 20 (NSNSNSN). Estes resultados enfatizam o papel da ANA como mediadora no conflito, conduzindo os participantes a uma solução acordada e com condição de ser mantida por um maior prazo;

Conflito 3: A inclusão do DNOCS no conflito não alterou os resultados obtidos para o Conflito 2. Não houve mudanças nos resultados obtidos quando se realizou uma alteração dos vetores de preferências do DNOCS a favor ou contra a Paraíba ou o Rio Grande do Norte, desde que a ANA continuasse a selecionar a opção 3 (solução de consenso). Observou-se, no entanto, que nos casos em que a ANA não seleciona a opção 3, o único equilíbrio que se repete para as seis simulações, atendendo a todos os critérios de estabilidade, é o estado 11 (SNNSNN), indicando o favorecimento do Estado da Paraíba, quando o Rio Grande do Norte abdica da sua reivindicação e o DNOCS apóia a Paraíba (resultado coerente com a situação geográfica do Estado (a montante) e com o papel do DNOCS, como responsável pela operação do sistema Curema-Mãe D’Água). Analisados em conjunto, esses resultados reforçam a importância da ANA como mediadora, e permitem depreender que, em se mantendo a ANA nesse papel, o DNOCS não apresenta influência efetiva na resolução do conflito, sendo a sua participação restrita aos aspectos técnicos da questão.

Considerando que foram efetuadas três modelagens do conflito de definição da vazão de fronteira, com alteração do número de jogadores, e que, em cada uma delas, foram efetuadas várias simulações, com alteração dos vetores de preferências dos jogadores, pode-se verificar que a *análise de sensibilidade* foi incluída na própria etapa de modelagem do conflito.

CONCLUSÃO

A gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas compartilhadas se reveste de complexidade, na

medida em que, além das questões peculiares à gestão hídrica, devem ser consideradas as divergências de interesses entre as unidades políticas usuárias desses recursos. Enquanto o processo de negociação surge como uma das melhores formas de evitar ou minimizar potenciais conflitos interestaduais, necessária se faz a utilização de ferramentas de resolução de conflitos, que possam apoiar a tomada de decisão.

Este trabalho descreve a aplicação do Modelo Grafo para Resolução de Conflitos – GMCR (Fang et al., 1993) na análise do conflito de definição da vazão de fronteira na Bacia Hidrográfica do rio Piuranhas-Açu, compartilhado pelos Estados brasileiros da Paraíba e do Rio Grande do Norte.

A escolha desse conflito possibilitou que se fizesse uma comparação entre os resultados apontados pelo GMCR e os resultados reais obtidos durante o processo de negociação, levado a efeito entre os anos de 2003 e 2004.

A grande facilidade de utilização do modelo, permitindo a simulação de diferentes condições para o conflito, permitiu verificar os possíveis cursos de ação que poderiam ser adotados pelos diversos atores do conflito em estudo, identificando com clareza o papel de cada um quanto à obtenção de uma solução duradoura e equitativa.

Assim, pode-se verificar, a partir dos resultados encontrados, que:

- ⦿ o único caminho para a resolução do conflito é uma ‘solução de compromisso’ entre os principais participantes (a Paraíba e o Rio Grande do Norte);
- ⦿ a negociação entre os dois Estados, apenas, conforme simulada no Conflito 1, demonstra que, na maioria dos equilíbrios apontados pelo modelo, um dos decisões deve recuar de sua posição, para que se chegue a uma solução para

o conflito – ou seja, pode haver a tentativa de utilizar de poder político ou, mesmo, da situação geográfica, para forçar uma decisão –; isto esclarece a necessidade da presença de um terceiro participante, no papel de mediador, para conduzir o conflito a uma solução de consenso;

- ⦿ este papel de mediador é bem identificado na figura da ANA, conforme resultados apontados para o Conflito 2;
- ⦿ a simulação do Conflito 3 demonstrou que apenas os Estados e a ANA exercem influência sobre os resultados da negociação.

A capacidade do GMCR em simular a realidade fica patente quando se verifica que o conflito foi solucionado através da solução de compromisso, onde ficou decidido que a Paraíba liberará a vazão de fronteira, de forma escalonada, da seguinte forma:

- ⦿ 1,50 m³/s, nos primeiros cinco anos do Marco Regulatório;
- ⦿ 1,00 m³/s, nos outros cinco anos do Marco Regulatório (considerando o prazo total de dez anos).

Os resultados obtidos com a aplicação do Modelo Grafo para Resolução de Conflitos vêm demonstrar a importância que esse tipo de ferramenta pode assumir, no apoio aos processos de tomada de decisão em recursos hídricos.

AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece o apoio da CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, que permitiu a realização deste trabalho. A segunda autora agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq/CT-Hidro – Brasil, a sua bolsa de doutorado.

Referências

- BENNETT, P. G.; Tait, A. ; Macdonagh, K. 1991. Interact: developing software to interactive decisions. **Group Decisions and Negotiations**. n. 3, p.352-372.
- BRAGA, C. F. et al. Construção de marco Regulatório do Sistema Curema-Açu. 2004 In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 8. , 2004, Maranhão: **Anais...** MaranhãoABRH. Disponível em CD-ROM.
- BRAMS, S. J. ; Wittman, D.1981. Nonmyopic equilibria in 2 x 2 Games. **Conflict Management and peace science**. V.6, n.1, p. 39-42.
- FANG, L.; Hipel, K. W. ; Kilgour, M. D.1993. **Interactive decision making: the graph model for conflict resolution**. New York : John Wiley , 217p.
- FRASER, N. M. ; Hipel, K. W. 1979. Solving complex conflicts. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**. v.102, n.7, p. 805-817.

- FRASER, N. M. ; Hipel, K. W. 1984. **Conflict Analysis**: models and resolutions. New York: North-Holland, 377p.
- HAFENDORN, H. 2004. **Water and International Conflict**. Disponível em: <<http://www.ciaonet.org>> . Acesso em: 22 dez. 2004.
- HIPEL, K. W. et al. 1997. The decision support system GMCR in environmental conflict management. **Applied Mathematics and Computation**, v. 83, n.2, p. 117-152.
- HOWARD, N. 1971. **Paradoxes of rationality**: theory of metagames and political behavior. Cambridge, Massachussets: MIT Press, 272p.
- HOWARD, N. 1987. The Present and future of metagame analysis. **European Journal of Operational Research**, n. 32, p. 1-25.
- HUNTER, J. Tumen.1998. **River Area Development Program and Transboundary Water**. Disponível em: <http://www.nautilus.org/papers/enviro/hunter_tumen.html1998> Acesso em 22 mar. 2004.
- KILGOUR, D. M. 1985. Anticipation and stability in two-Person noncooperative games. In: WARD, M. D. ; Luterbach, U. (Eds.). **Dynamic Models of International Conflict**. Boulder, CO: Lynne Rienner Press, p. 26-51.
- MALTA, V. F. **Avaliação do Modelo Grafo de Solução de Conflitos em Problemas de Recursos Hídricos no Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Programas de Pós Graduação de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2000.
- MIMI, Z. A. ; Sawalhi, B. I. 2003. A Decision tool for allocating the waters of the Jordan River Basin between all riparian Parties. **Water Resources Management**.v.17, n.6, p. 447 – 461.
- NASH, J. F. 1950. Equilibrium Points in n-Person Games. In: **Proceedings of National Academy of Sciences of the U.S.A.** v. 36, n.1 p. 48-49. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>>
- NASH, J. F. 1951. Noncooperative Games. **Annals of Mathematics**. v. 54, n. 2, p. 286-295.
- SERHID/RN, IGARN/RN, SEMARH/PB e ANA. Experiências a Serem Apresentadas no VI Encontro Nacional de Comitês de Bacias Hidrográficas Desenvolvidas Conjuntamente pelos Estados do Rio Grande do Norte e Paraíba. Relatório Técnico (Material Não Publicado). 2004.
- VIEIRA, Z. M. C. L. ; Ribeiro, M. M. R. 2005. Análise de Conflitos: Apoio à Decisão no Gerenciamento da Demanda Urbana de Água. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 10, n. 3, p. 23-35.

Aurelúbia Crismere da Silva Rufino Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil. aurelubia@yahoo.com.br

Zédna Mara de Castro Lucena Vieira Programa Institucional de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil. zedvieira@globo.com

Márcia Maria Rios Ribeiro Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental e Programa Institucional de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil. marcia@dec.ufcg.edu.br.