



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

JESSYCA SAMARITHANA FERREIRA AIRES

**APLICAÇÃO DO MÉTODO GMCR EM UM CONFLITO NO
RIO PIRANHAS-AÇU**

**SUMÉ – PB
2018**

JESSYCA SAMARITHANA FERREIRA AIRES

**APLICAÇÃO DO MÉTODO GMCR EM UM CONFLITO NO
RIO PIRANHAS-AÇU**

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

Orientadora: Professora Dra. Vanessa Batista Schramm.

**SUMÉ - PB
2018**

A298a Aires, Jessyca Samarithana Ferreira.
Aplicação do método GMCR em um conflito no Rio Piranhas-
Açu. / Jessyca Samarithana Ferreira Aires. - Sumé - PB: [s.n], 2018.

48f. : il. Collor.

Orientadora: Professora Dr^a Vanessa Batista Schramm.

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

1. Modelo gráfico para resolução de conflitos. 2. Método GMCR.
3. Modelagem e tomada de decisão. 4. Bacia do Rio Piranhas / Açú.
I. Título.

CDU: 005.59(043.1)

JESSYCA SAMARITHANA FERREIRA AIRES

**APLICAÇÃO DO MÉTODO GMCR EM UM CONFLITO NO
RIO PIRANHAS-AÇU**

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

BANCA EXAMINADORA:

**Professora Dra. Vanessa Batista Schramm.
Orientadora – UAEP/CDSA/UFCG**

**Professor Dr. John Elton de Brito Leite Cunha
Examinador I – UAEP/CDSA/UFCG**

**Professor Dr. Paulo da Costa Medeiros
Examinador II – UATEC/CDSA/UFCG**

Trabalho aprovado em: 12 de dezembro de 2018.

SUMÉ - PB

Dedico este trabalho aos meus irmãos Marta e Wellington, ao meu pai Carlos Alberto, a minha mãe Quitéria das Graças (*in memoriam*) e ao meu namorado Stéfano que são os pilares que me sustentaram durante toda a jornada e sem eles eu não teria chegado tão longe.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Senhor dos exércitos, a Deus, que me segurou em seus braços e me fortaleceu em todos os momentos difíceis. Que me encorajou a seguir esse sonho de ser Engenheira de Produção e em nenhum momento permitiu que eu desistisse. Quando tudo estava escuro e sem saída ele surgia como luz a me guiar.

Agradeço a minha mãe, Quitéria das Graças, que me deu a vida. Uma mulher guerreira que cursou o nível superior enfrentando diversas dificuldades, tendo que trabalhar e cuidar do lar, do marido e dos seus três filhos, e mesmo assim nunca desistiu de alcançar seus objetivos. Sua garra e seu desejo de vencer foram fontes de inspiração para mim. Infelizmente ela fora arrancada de mim de maneira muito dolorosa e não pode estar aqui presenciando esse momento tão sublime em minha vida. Mas sei que onde estiver estará orgulhosa das minhas realizações.

Ao meu amado pai, Carlos Alberto, que não mediu esforços para me manter nessa caminhada, que rezou e torceu por mim em cada realização de provas e de apresentações. Que vibrou diante das minhas conquistas e sempre acreditou no meu potencial. Que me ensinou a ser forte, a não ter medo e enfrentar todos os obstáculos que surgiram durante toda minha vida.

Aos meus queridos irmãos, Wellington e Marta, que também não mediram esforços para realização desse sonho. Que me motivaram todas as vezes em que eu me desestimulei. Eles são os melhores irmãos do mundo e eu os amo muito. Sobretudo, agradeço a Marta, que além de irmã muitas vezes assumiu o papel de mãe, me aconselhou e cuidou de mim nos momentos de fragilidade.

Agradeço ao meu amor, meu namorado Stéfano, um presente que Deus enviou para acalantar minha vida. Sempre empenhado em me fazer bem, em me proporcionar alegria. Uma das pessoas mais importantes pra mim, que me ajudou a solucionar problemas e impediu que eu desistisse desse sonho, no momento em que existiam poucas chances de continuar. Ele tem sido um grande companheiro, amigo, além de namorado. Sem ele eu não teria chegado até aqui, muito obrigada!

Agradeço a todos os colegas de graduação. Em especial as integrantes do meu grupo de trabalhos, Raíssa, Maria, Talena e Natalí. Juntas compomos uma das melhores equipes do CDSA.

Durante esse período também fiz grandes amizades que carregarei para o resto da vida. Raíssa Costa e Maria do Livramento, pessoas especiais a quem recorri inúmeras vezes. Com

elas compartilhei sorrisos, dividi tristezas e frustrações. Muito obrigada por tudo minhas queridas.

Agradeço a minha orientadora Dra. Vanessa Schramm que me ofereceu todo suporte para desempenhar esse trabalho. Que sempre me inspirou e me motivou a buscar sempre mais conhecimento. Tenho imensa admiração por ela, pelo seu profissionalismo, por sua humildade.

Ao meu orientador de estágio, Dr. Jonh Elton, que sempre se dispôs a me ajudar nos momentos em que a ele recorri. Obrigada professor!

Por fim, agradeço a todos os professores do CDSA, pelos quais passei no decorrer do curso, sem dúvidas trago comigo os ensinamentos de cada um.

*“Se eu nascesse de novo e pudesse escolher, mais
do que eu sou não queria ser.”*

(Luiz Gonzaga)

RESUMO

O Modelo Gráfico para Resolução de Conflitos (GMCR) é uma abordagem flexível de resolução de conflitos que possibilita a modelagem precisa das estratégias, assim como sua possível solução, e portanto, oferecendo apoio a tomada de decisão. Neste trabalho, o GMCR, apoiado pelo SAD GMCR II, foi utilizado para a análise estratégica do conflito da bacia do Rio Piranhas/Açu, na fronteira entre os Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte a fim de verificar a aplicabilidade da ferramenta para resolver um conflito real. A descrição do conflito foi feita a partir de uma vasta análise documental e levantamento de informações empíricas. O conflito identificado é decorrente de reivindicações de usuários de água do Estado potiguar em relação à vazão regulamentada na fronteira entre os dois Estados. Além disso, a situação é agravada por uso indiscriminado do recurso, má utilização de água, acomodações de atores em relação à fiscalização, entre outros. A partir disso, foi feita a modelagem do conflito, envolvendo três decisores e sete opções, que resultaram em 128 estados, sendo apenas 32 deles considerados viáveis. Ao serem determinados os equilíbrios, observou-se que sete estados contemplavam todas as definições de estabilidade para todos os decisores. Logo após, efetuou-se uma análise desses resultados por meio de discussões a cerca do modelo. Analisando esses sete estados percebeu-se que um deles poderia ser escolhido para recomendação. Por fim, foi feito a análise de sensibilidade que indicou a robustez do resultado. O estudo demonstrou a aplicabilidade da ferramenta SAD GMCR II e o quanto a mesma pode ser útil para apoiar a resolução de conflitos reais.

Palavras-chave: GMCR. Apoio à Decisão. Recursos Hídricos. Bacia do Rio Piranhas/Açu. Conflitos.

ABSTRACT

The Graphical Model for Conflict Resolution (GMCR) is a flexible approach to conflict resolution that enables accurate modeling of strategies, as well as their possible solution, thus, providing support for decision making. In this work, GMCR, supported by the SAD GMCR II, was used for the strategic analysis of the Piranhas/Açu River watershed conflict, on the border between Paraíba and Rio Grande do Norte States, in order to verify the applicability of the tool to resolve a real conflict. The description of the conflict was made from a vast documentary analysis and empirical information collection. The identified conflict arises from claims of water users from the potiguar state in relation to the regulated flow at the border between the two States. In addition, the situation is exacerbated by the indiscriminate use of the resource, water misuse, accommodation of actors in relation to inspection, among others. From this, the conflict was modelled, involving three decision makers and seven options, which resulted in 128 states, from which only 32 were considered feasible. Once the equilibria were determined, it was observed that seven states contemplated all stability definitions for all decision makers. Soon after, an analysis of these results was made through discussions about the model. After analyzing these seven states it was realized that one of them could be chosen for recommendation. Finally, the sensitivity analysis was performed which indicated the robustness of the result. The study demonstrated the applicability of the SAD GMCR II tool and how it can be useful to support the resolution of real conflicts.

Keywords: GMCR. Decision Support. Water Resources. Piranhas/Açu River Watershed. Conflicts.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Estrutura do modelo gráfico para resolução de conflitos	30
Figura 2 - Bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Açu	31
Figura 3 – Estados e seus equilíbrios	40
Figura 4 - Equilíbrios dos estados no modelo revisado.....	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definições dos critérios de estabilidade.....	18
Quadro 2 - Aplicação do GMCR/ características dos conflitos	24
Quadro 3 - Aplicação do GMCR/características dos conflitos (continuação)	25
Quadro 4 - Aplicação do GMCR/características dos conflitos (continuação)	26
Quadro 5 - Aplicação do GMCR/características dos conflitos (continuação)	27
Quadro 6 – Decisores e suas respectivas opções.....	36
Quadro 7 – <i>Status quo</i> do conflito.....	36
Quadro 8 – Estados possíveis.....	37
Quadro 9 – Características e interesses dos decisores	38
Quadro 10 – <i>Ranking</i> de preferências	38
Quadro 11 – Alteração do <i>ranking</i> de preferências.....	42
Quadro 12 - Comparação entre o <i>status quo</i> e o resultado sugerido pelo GMCRII	45

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- AESA** – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
- ANA** – Agência Nacional de Águas
- ASSECOM CBH-PPA** – Assessoria de Imprensa do Comitê da Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas/Açu
- CAE** – Companhia de Água e Esgoto do Irã
- CBH-PPA** – Comitê da Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas/Açu
- CO1** – Província de Lílám
- CO2** – Província de Lorestan
- COR** – Comerciante de Resíduos
- DGT** – Departamento de Gestão de Terras
- DM** – *Decision Maker* (tomador de decisão)
- DMA** – Departamento de Meio Ambiente
- DNOCS** – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
- EAA** – Empresa de Autoridade da Água
- EUA** – Estados Unidos da América
- FIFA** – Federação Internacional de Futebol
- GA** – Grupos Ambientalistas
- GCB** – Governo da Columbia Britânica
- GE** – Governo Estadual
- GMCR** – *Graph Model For Conflict Resolution*
- IAS** – Indústria da Aquicultura do Salmão
- ICWC** – *International Centre for Water Cooperation*
- IGARN** – Instituto de Gestão de Águas do Rio Grande do Norte
- KPSI** – Federação de Futebol da Indonésia (agrupa clubes históricos da Indonésia)
- IG** – Instituição Gestora
- OAJ** – Organização de Agricultura de Jihad
- ONG** – Organização Não Governamental
- ONU** – Organização das Nações Unidas
- OSH** – Outros Stakeholders
- PA** – Povos Aborígenes
- PB** – Paraíba

PR – País Receptor

PSSI – Associação de Futebol da Indonésia

RN – Rio Grande do Norte

SAD – Sistema de Apoio a Decisão

SEMARH – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos

SEMARHCT – Secretaria de Estado de Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia da Paraíba

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 JUSTIFICATIVA	15
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Objetivo geral	16
1.2.2 Objetivos específicos	16
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 CONCEITOS BÁSICOS	17
2.2 APLICAÇÕES DO GMCR	19
3 METODOLOGIA	28
4 RESULTADOS	31
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO CONFLITO	31
4.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO GMCR	35
4.2.1 Modelagem	35
4.2.1.1 <i>Decisores e suas respectivas opções</i>	35
4.2.1.2 <i>Estados possíveis</i>	37
4.2.1.3 <i>Preferências</i>	38
4.2.2 Análise	39
4.2.3 Interpretação da análise	40
4.2.4 Análise de sensibilidade	42
4.3 DISCUSSÕES	43
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

Um conflito surge de interesses divergentes entre duas ou mais partes (decisores). De acordo com Guedes e Ribeiro (2017) um conflito caracteriza-se por ser multicausal e multidimensional, podendo resultar de uma combinação de fatores políticos, institucionais, socioeconômicos e ambientais.

Para Amorim et al. (2016), é natural a existência de conflitos referentes ao acesso, alocação e gestão de recursos hídricos, uma vez que a água é essencial para vida humana, sua demanda é crescente e possui oferta que varia no tempo e espaço. No que diz respeito a conflitos decorrentes do compartilhamento de água, as partes interessadas costumam ser governos (nos âmbitos federal, estadual e/ou municipal), ambientalistas, órgãos não governamentais, agricultores, associações, indústrias e a população em geral (NANDALAL e HIPEL, 2007). Para estes autores, sempre haverá discrepância entre os envolvidos em como o recurso deverá ser utilizado de forma sustentável e que seja justo para todos os interessados.

Existem algumas abordagens para apoiar a análise e resolução de conflitos. Uma delas é o Modelo Grafo para Resolução de Conflitos (GMCR, do termo em inglês *Graph Model for Conflict Resolution*) (FANG et al., 1993). A abordagem GMCR é uma metodologia flexível de resolução de conflitos, com fundamentos matemáticos sólidos e realistas, que permite modelar com precisão as decisões estratégicas, prever soluções e auxiliar na avaliação da viabilidade política, econômica, ambiental e social de cenários alternativos à solução de conflitos ambientais (HIPEL et al., 1997). Segundo Philpota et al. (2016), esta abordagem facilita a identificação de resultados para situações de conflitos estratégicos que envolvem múltiplos decisores e múltiplos objetivos.

A abordagem foi implementada em um Sistema de Apoio à Decisão (SAD), denominado GMCR II (Hipel et al., 1997, 2002 e Fang et al., 2003 apud Faris et al., 2016). O SAD permite que a metodologia do GMCR seja facilmente aplicada a problemas reais (MA et al., 2010). Algumas das vantagens do GMCR II são: permite avaliar os resultados das alterações nos principais parâmetros do modelo, tal como alteração das preferências dos decisores; permite fazer algumas simulações de cenários do tipo “*what-if*”, ajudando um decisor ou analista a examinar possíveis cursos de ação, dando assim uma maior confiança nos resultados de estabilidade (FARIS et al., 2016).

Muitos pesquisadores têm utilizado o SAD GMCR II como ferramenta para análise de conflitos ambientais. Trabalhos disponíveis na literatura que aplicam e estudam esse método na

gestão de recursos hídricos. Alguns exemplos são: Yousefi et al. (2016), que aplicaram o método GMCR para estudar aspectos estratégicos envolvendo uma disputa por recursos hídricos no Irã; Philpota et al. (2016) usaram o método GMCR para estudar estratégias voltadas para disputa por águas subterrâneas fronteiriças no sudoeste dos Estados Unidos, em 1990; Nandalal e Hipel (2007) aplicaram o método GMCR para estudar sistematicamente os aspectos estratégicos que envolvem um conflito existente entre países ao longo da bacia do rio Sir Darya; dentre outros tipos de problemas.

1.1 JUSTIFICATIVA

No Brasil, existem bacias hidrográficas compartilhadas por diferentes Estados e, conseqüentemente, os conflitos pelo uso da água entre eles são inevitáveis. Um exemplo é a Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas/Açu, objeto de estudo do trabalho, que é compartilhada pelos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte. Os conflitos nessa bacia são oriundos da escassez hídrica (qualitativa e quantitativa), má distribuição da água, incluindo a vazão na fronteira entre os Estados, uso indiscriminado do recurso, condições inadequadas dos reservatórios, poluição e desmatamento, entre outros fatores.

A Agência Nacional de Águas (ANA), que é a agência reguladora vinculada ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), e os órgãos gestores dos Estados (Secretaria de Estado de Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia (SEMARHCT) e Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA); Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH) e o Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN) no território potiguar, tentam criar medidas para resolver esses problemas. Uma delas foi denominada de Marco Regulatório do Sistema Curema/Açu, que corresponde a um conjunto de regras acordadas entre os Estados e a União, órgãos gestores e usuários de água, a fim de evitar e/ou minimizar conflitos. Após o período vigente do regulamento, que foi de 2004 à 2014, observou-se que o mesmo apresentava falhas que precisavam ser corrigidas. Além disso, com o período seco prolongado, iniciado a partir de 2012, tornou o assunto ainda mais urgente principalmente com o surgimento de novos conflitos.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar o conflito da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas/Açu PB-RN após o fim do período vigente do Marco Regulatório (2004-2014), utilizando a abordagem GMCR.

1.1.2 Objetivos específicos

- Descrição do conflito da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas/Açu PB-RN após o fim do período vigente do Marco Regulatório (2004-2014).
- Modelagem do conflito, em termos de decisores e respectivas opções e preferências.
- Análise do conflito usando o SAD GMCR II.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em cinco seções: a Seção 2 do trabalho apresenta a fundamentação teórica para o estudo, que diz respeito ao estudo sobre a abordagem GMCR e trabalhos que apresentam sua aplicação; a Seção 3 apresenta os procedimentos metodológicos do trabalho; a Seção 4 apresenta os resultados obtidos; e na Seção 5, são apresentadas as considerações finais do estudo e propostas para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA

Nesta sessão, são descritos os principais conceitos sobre o método GMCR necessários para o entendimento do estudo.

2.1 CONCEITOS BÁSICOS

Os conflitos estratégicos são situações que envolvem dois ou mais tomadores de decisão (DMs, sigla do inglês que significa *decision makers*) que normalmente tem objetivos e interesses distintos. O modelo grafo é uma metodologia do estudo sistemático desses conflitos. Segundo Hamouda et al. (2005) essa metodologia está relacionada a *game theory* e *metagame analysis*. De acordo com o autor, um modelo gráfico é uma estrutura matemática expressa usando conjuntos finitos, grafos e ordenações.

O GMCR, desenvolvido por Fang, Hipel e Kilgour (1993), é um modelo matemático fundamentado na teoria dos jogos e em sua metodologia está incluso um conjunto de princípios para análise de um conflito. Sua estrutura compreende dois estágios: modelagem e análise (VIEIRA, 2005). Inicialmente são definidos os jogadores, suas opções, estados, e as preferências relativas de cada jogador para os estados que o conflito pode assumir. Dessa forma tem-se a estruturação do conflito, correspondente a fase de modelagem. Posteriormente, na fase de análise, são determinados os equilíbrios de cada estado, suas possíveis soluções e resultados, a partir da estabilidade que cada um apresenta segundo o ponto de vista do jogador. E por fim a consistência desses resultados é testada através da análise de sensibilidade onde algumas preferências dos jogadores, ou de um jogador, são alteradas a fim de verificar a firmeza dos equilíbrios.

É válido salientar que o decisor encontra seu estado estável quando não é mais possível melhorar sua posição atual. E Quando todos os decisores chegam aos seus respectivos estados estáveis, diz-se que o grupo alcançou o equilíbrio, que é uma possível solução para o conflito (GETIRANA et al., 2007). A seguir são apresentadas as definições dos critérios de estabilidade, para o modelo GMCR, considerando sua visão de futuro que indica a habilidade do jogador em considerar os possíveis rumos que o conflito pode seguir no futuro (Quadro 1):

Quadro 1 - Definições dos critérios de estabilidade

Critérios de estabilidade	Definições	Visão de futuro
Estabilidade de Nash (R)	O jogador i não analisa as possíveis reações de seus adversários ao seu movimento. O estado é estável em Nash, se somente se, não houver outro mais preferível;	Pequena
Estabilidade Meta-racional Geral (GMR)	O jogador i considera todas as possíveis reações ao seu movimento, no entanto ignora suas próprias possíveis contrarreações;	Média
Estabilidade Meta-racional Simétrica (SMR)	O jogador i além de considerar suas próprias possibilidades de movimento e as reações de outros jogadores, também considera as suas chances de contrarreação, antecipando que o conflito terminará após esta.	Média
Estabilidade Sequencial (SEQ)	O jogador i considera suas próprias possibilidades de movimento e as reações de outros jogadores, e antecipa que uma sequência de melhoramentos unilaterais individuais dos outros jogadores resultará em um estado menos preferido para ele que seu estado inicial;	Média
Estabilidade de Movimento Limitado (Lh)	O jogador i prever, cautelosamente, que conseguirá o menos preferido de todos os estados que podem ocorrer como resultado da iniciativa de cada um dos seus oponentes; considera, também, se é capaz de fazer outros movimentos depois, no processo, sabendo que nenhum jogador pode mover-se duas vezes sucessivamente;	Variável (h movimentos)
Estabilidade Não Míope (NM)	Corresponde ao limite da estabilidade de movimento limitado (Lh) quando h tende ao infinito. Assim há dois casos: (1) quando o jogador original participa da sequência de respostas; (2), quando o jogador não participa da sequência de respostas.	Alta

Fonte: Adaptado de Haumoda et al. (2005)

De acordo com Hipel et al. (2012), no GMCR, um conjunto de grafos direcionados finitos, um para cada decisor i , denotado $D_i = (U, A_i)$, representa o conflito. Seja $N = \{1, 2, \dots, n\}$ denota o conjunto de DMs e $U = \{1, 2, \dots, u\}$ o conjunto de estados ou cenários possíveis desse conflito. Os estados possíveis do conflito, representados pelo conjunto de vértices U , são comuns em todos os grafos D_i . O número de estados possíveis é 2^m em que m é o número de opções disponíveis a cada decisor. Ocorre uma mudança do estado k para outro q , por exemplo, no momento em que o decisor i seleciona uma dessas opções. Assim essa transição permitida a ele é representada por arcos em A_i .

A ordem de preferência dos estados para os decisores é representada por uma função de valor de preferência. Então se $P_i(k) > P_i(q)$ implica dizer que para o decisor i o estado k é preferível ao q .

O modelo grafo para resolução de conflitos (sigla em inglês GMCR) é uma metodologia flexível para examinar conflitos reais. Segundo Philpota et al. (2016), essa abordagem facilita a identificação de potenciais resultados para situações de conflitos estratégicos que envolvem múltiplos decisores e múltiplos objetivos. O sistema de suporte a decisão GMCR II permite que essa metodologia seja facilmente aplicada (MA et al., 2010). Algumas aplicações relevantes na área de gestão de recursos hídricos que utilizaram o método GMCR são apresentadas na próxima sessão.

2.2 APLICAÇÕES DO GMCR

Esta seção apresenta alguns estudos que trazem aplicações práticas da abordagem GMCR aplicada à análise de conflitos reais em diversos países.

Kilgour et al. (1994), aplicaram o GMCR para estudar os aspectos estratégicos que envolvem um conflito madeireiro (exportação de madeira serrada canadense) em 1980. O conflito aconteceu devido a um declínio econômico por parte da indústria madeireira doméstica dos Estados Unidos durante o período de cinco anos após a grave recessão de 1981-1982. Isto era comum na indústria dos EUA, e a culpa foi atribuída às importações do Canadá pela produção e problemas de vendas nas indústrias americanas de produtos de madeira. Os grupos industriais e políticos dos Estados Unidos argumentaram que a madeira canadense desfrutou de uma vantagem competitiva injusta sobre o produto dos EUA devido a subsídios do governo, uma vez que as empresas canadenses haviam ganhado um terço do mercado americano, a partir disso originou-se o conflito. A aplicação do GMCR gera resultados positivos de modo que a indústria dos EUA chega ao estado de equilíbrio com fortes propriedades de estabilidade. E nesse ponto, nenhum participante é motivado a se afastar desse estado, e a disputa está acabada. Assim, a análise indicou que o fator determinante na madeira macia é a preferência do Departamento de Comércio pelo equilíbrio que pode ser considerado um "compromisso" para todos os lados.

Hipel et al. (1997) empregaram o método GMCR para estudar estrategicamente uma disputa de gestão dos recursos hídricos transfronteiriços entre os Estados Unidos e Canadá em 1986. O conflito foi ocasionado por um projeto de mineração de carvão a céu aberto proposto na província de British Columbia, no Canadá, ao longo de um efluente do rio Flathead, que flui para o estado de Montana. Como os efluentes da operação de mineração teriam efeitos adversos à jusante, especialmente no uso de água de recreio, o desenvolvimento enfrentou a oposição internacional do governo federal dos Estados Unidos e do governo estadual de Montana. Após

a aplicação do método foi possível identificar os diferentes estados de estabilidade para dar suporte na tomada de decisão. O GMCR sugeriu como solução que o Joint Commission International não recomendasse nenhum projeto, e British Columbia e Sage Creek foram forçados a cancelar sua licença e projeto.

Hamouda et al. (2005) aplicaram o método GMCR para estudar estratégias a fim de resolver o conflito de disputa pela aquicultura de salmão na Columbia Britânica, Canadá, inicialmente em 1980. A IAS, indústria de salmão, é a principal interessada na sua expansão, os grupos ambientalistas afirmam que essa aquicultura causa impactos negativos ao meio ambiente e, portanto, juntamente com outros atores e com justificativas semelhantes são estritamente contrários ao seu crescimento. No conflito também existe os povos aborígenes, que judicialmente tem direitos sobre a terra, e o Governo da Columbia Britânica (GCB) que tem uma grande responsabilidade não apenas com o desenvolvimento econômico da província, mas também com o bem estar dos cidadãos que lá convivem. As escolhas dos decisores primários são o principal determinante do resultado. Assim quando o GCB tomar uma decisão, refletindo em novas informações, a IAS responderá. Se o GCB escolher a favor das preocupações de um dos DMs opostos, a IAS agirá para tratar das preocupações de um dos DMs deste grupo. Dessa forma o GMCR sugeriu que o melhor pra IAS é aliar-se aos Aborígenes (PA).

Nandalal e Hipel (2007) utilizaram o método GMCR para estudar sistematicamente os aspectos estratégicos que envolvem um conflito existente entre países ao longo da bacia do rio Sir Darya. Os países a jusante (Uzbequistão e Cazaquistão) e o país a montante (Quirguistão) utilizam a água do rio Sir Darya. Com o crescimento da produção de algodão e da necessidade por mais energia, o volume de água utilizado aumentou drasticamente desde os anos sessenta fazendo com que o Mar de Aral deixa-se de receber água do rio Sir Darya que é um dos principais de sua bacia. Consequentemente, causando impactos ambientais. Diante dessa situação problemática, o trabalho aplica a metodologia para analisar formalmente a alocação de água na bacia do rio Sir Darya e fornecer aos profissionais envolvidos suporte à decisão. Uzbequistão e Kazaquistão desejam seguir o presente acordo de compartilhamento de água e receber água ao longo do ano de acordo com o que diz nele. Já o Quirguistão concorda em seguir o acordo ou revisá-lo para considerar suas novas exigências. Assim, essa análise indica uma inclinação de ambos os países em não negligenciar o presente acordo ou exercer pressão nos outros para conseguir mais água para eles próprios.

Hu et al. (2009) usaram o método GMCR para estudar estratégias aplicáveis ao conflito de análise de disputas internacionais de eliminação de resíduos tóxicos. As leis ambientais

passaram a ser implantadas devido ao *dumping* internacional de substâncias perigosas liberadas descontroladamente no meio ambiente com o crescimento da economia e desenvolvimento da tecnologia. Com isso aconteceu em março de 1989 a Convenção da Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e sua Eliminação, mas como tratava-se de um acordo voluntário, alguns países fortemente industrializados, como os Estados Unidos, recusaram-se a assinar a Convenção de Basileia, motivo principal do conflito. De acordo com o GMCR, a melhor solução recomendada, é quando o estado do *status quo* atinge o equilíbrio do caso de *dumping* de resíduos da Costa do Marfim. No *status quo*, o despejo de lixo só acontece. Nenhum DM escolhe qualquer opção ainda. Então, a ONU faz o primeiro movimento, colocando pressão sobre Ivory Costa para ratificar a emenda de proibição de 1995. Em seguida, as ONGs começam a chamar atenção do público para Trader e pressioná-lo para parar o *dumping*. Finalmente, Costa do Marfim toma medidas ao ratificar a emenda de proibição de 1995.

Geritana e Malta (2010) utilizaram o método GMCR para estudar estratégias para resolução do conflito que acontece em um complexo canal de irrigação e rede de drenagem na Baixada Campista (Planícies de Campos dos Goytacazes), na região norte do Estado do Rio de Janeiro. Com o aumento da demanda de água para irrigação no passado, esses canais começaram a ser usados para transportar água para os irrigantes. Devido à existência de alguns problemas hidráulicos há reduções da seção que causam problemas aos irrigadores com desvios de água que não podem ter o suficiente para irrigar após estas restrições de descarga. Caso contrário, se as restrições de descarga não forem obedecidas, os agricultores que têm suas propriedades próximas aos canais podem ter seus solos potencialmente irrigados inundados devido ao aumento dos níveis de água. Como resultado, para fornecer água a alguns irrigantes, outros agricultores serão seriamente afetados. Após a aplicação do método GMCR, é possível notar que o conflito só tem uma solução factível se os decisores se tornarem mais flexíveis em suas decisões aceitando cenários que lhes deem valores médios inferiores a 10%.

Hipel e Walker (2010) apresentaram diversos modelos para resolução de conflitos. Dentre as principais abordagens são apresentados e exemplificados os métodos quantitativos, onde está enquadrado o método GMCR, que é utilizado em uma situação de conflito que envolve necessidade de desenvolvimento com práticas sustentáveis, onde os decisores (desenvolvedores e ambientalistas) devem tomar decisões ligadas ao comprometimento com o meio ambiente, apresentando assim a aplicabilidade do método. Onde, pode ser compreendido, de forma geral, que as etapas para sua aplicação se caracterizam por fase de modelagem do problema e fase de análise.

Ma et al. (2010) empregaram o método GMCR para estudar estrategicamente o conflito de emergência do Lago Devils que está localizado no nordeste dos Estados Unidos, no estado da Dakota do Norte. O estudo é realizado para explorar as possíveis resoluções para o conflito e para demonstrar uma fraqueza nos tratados ambientais internacionais existentes. Os resultados apontaram para uma fraqueza no atual tratado internacional de água entre o Canadá e os Estados Unidos. Depois disso, foi realizada uma análise de sensibilidade que revelou que uma solução negociável poderia ser alcançada se o Estado da Dakota do Norte filtrasse a água drenada do Lago Devils. Esta resolução em particular foi de fato a que realmente aconteceu.

Ariyanto (2014) aplicou o método GMCR para desenvolver estratégias voltadas à organização de futebol na Indonésia. O conflito inesperado, infelizmente, começou após a queda do regime anterior de Presidente da PSSI, que foi seguido pela reestruturação da organização, juntamente com a política em curso, especialmente sobre a liga principal e a substituição do técnico da seleção nacional. A crescente disputa foi seguida pela formação da nova organização, a KPSI, para combater a PSSI, que foi continuada pela demissão de alguns funcionários centrais que apoiavam rebeldes. A solução final recomendada pelo GMCR foi o envolvimento do Ministério de quem proibiu todas as atividades de futebol e o limite de tolerância da FIFA que assustou tanto os que disputaram como os que forçaram a deixar o ego. Portanto, em duas resoluções realizadas, cada altruísmo exibido.

Yousefi et al. (2016) empregaram o método GMCR para estudar aspectos estratégicos que envolvem um conflito existente pela disputa de recursos hídricos no Irã. O conflito foi ocasionado devido à construção de barragens e de uma hidrelétrica entre as províncias Lílã e Lorestan, no rio Seymareh. O projeto consiste em um reservatório relativamente grande. Antes de entrar no reservatório Seymareh, a água do rio Seymareh torna-se poluída, pois resíduos são descarregados no rio. Por causa da falta de comunicação e cooperação entre as partes interessadas, as tarefas de prevenção e tratamento não estão sendo realizadas, causando assim um conflito. Diante dessa situação a solução indicada pelo GMCR foi CO1(decisor) não avançar com processos judiciais, unir os custos das partes com outras partes interessadas para remediar o rio a montante, e proporcionar um tratamento para o reservatório da barragem, enquanto CO2 não continua poluindo o rio a montante e recebe o apoio financeiro para realizar ações de limpeza do rio.

Philpota et al. (2016) usaram o método GMCR para estudar estratégias voltadas a um conflito em fronteiras na disputa por águas subterrâneas no sudoeste dos Estados Unidos, em 1990. O conflito mostra claramente que as preferências de Nevada e Utah estão em oposição suficiente para exigir a intervenção da Suprema Corte. É igualmente claro que ambos os lados

desejam evitar usar esta opção. Um reconhecimento compartilhado da aversão mútua a um Supremo, pois a ação judicial poderia motivar abordagens criativas que teriam um impacto nos resultados do conflito. Quando houve a aplicação do GMCR, geraram-se automaticamente todas as combinações possíveis de opções e após a modelagem foi feita a análise de sensibilidade, notou-se então que todos os estados neste modelo obtiveram o equilíbrio de Nash, sem melhorias unilaterais disponíveis.

Zanjanian et al. (2018) aplicaram o método GMCR no conflito que acontece em uma barragem em Ilam, no Iran, devido a alocação de sua água. Esse conflito ocorreu porque a companhia de água e esgoto (CAE) juntamente com a organização de agricultura de Jihad (OAJ) retirava mais água do que o "aceitável", ferindo assim os direitos ambientais de exploração desse recurso. Para alcançar o equilíbrio e conseqüentemente a solução desejada o GMCR sugere que é necessária a entrada de um decisor mais influente, que seria a Justiça, tratada como a terceira parte.

A seguir são apresentadas algumas características desses conflitos aos quais o método GMCR fora aplicado (Quadros 2, 3, 4, e5):

Quadro 2 - Aplicação do GMCR/ características dos conflitos

Autor/ Ano	Título do trabalho	Natureza do conflito	Região de ocorrência /Ano	Decisores	Opções
Kilgour et al. (1994)	<i>Negotiation Support Using the Graph Model for Conflict Resolution</i>	Disputa pela exportação da madeira serrada canadense	Canadá/ EUA. Em 1980.	Canadá; Departamento de Comércio dos EUA; Indústria dos EUA.	Canadá: (1) Aceitar o dever de importação, (2) Tomar medidas legais e tentar outras sanções, (3) Impor o imposto de exportação em vez do imposto de importação; Departamento de Comércio dos EUA: (4) Reter o direito de importação, (5) Abandonar o imposto de importação, aceitar o imposto de exportação, (6) Rejeitar a petição; Indústria dos EUA: (7) Reter petição.
Hipel et al. (1997)	<i>The Decision Support System GMCR in Environment al Conflict Management</i>	Disputa de gestão dos recursos hídricos transfronteiriços	Canadá / EUA. Em 1986.	<i>Sage Creek Coal Company Limited;</i> <i>British Columbia Provincial;</i> Montana; <i>Joint Commission International.</i>	Sage Creek: (1) Continuar desenvolvimento original; (2) Modificar para reduzir os impactos ambientais; British Columbia: (3) Projeto Original; (4) Exigir modificação; Montana: (5) se opor a qualquer desenvolvimento; Joint Commission International: (6) Recomenda projeto original; (7) Recomenda modificações; (8) Recomenda nenhum projeto.
Hamou da et al. (2005)	<i>The salmon aquaculture conflict in British Columbia: A graph model analysis</i>	Disputa pela aquicultura do salmão	Columbia Britânica, Canadá. Em 1980.	A Indústria de aquicultura do salmão e seus apoiantes (IAS); Povos Aborígenes (PA); Grupos Ambientalistas (GA); Outros stakeholders (OSH); Governo da Columbia Britânica (GCB).	IAS: (1) Solicitar oportunidades adicionais, (2) Tomar medidas para reduzir as ameaças à FN direitos, (3) Adotar medidas técnicas para evitar ou mitigar impactos ambientais, (4) Evitar conflitos de recursos com outros usuários; PA: (5) Iniciar uma ação legal nos termos dos tratados aplicáveis Legal; GA: (6) Iniciar uma ação legal ao abrigo da Lei das Pescas Legal; OSH: (7) Se opor ou não à expansão da aquicultura em áreas de recursos conflito; GCB: (8) Permitir a expansão da aquicultura de salmão, (9) Suspender a aquicultura de salmão, (10) Impor uma moratória sobre o desenvolvimento adicional enquanto se aguardam resultados de uma nova pesquisa, (11) Reduzir a aquicultura de salmão em áreas de conflito de recursos.

Fonte: Autoria própria (2018)

Quadro 3 - Aplicação do GMCR/características dos conflitos (continuação)

Autor/ Ano	Título do trabalho	Natureza do conflito	Região de ocorrência/A no	Decisores	Opções
Nandalal e Hipel (2007)	<i>Strategic decision support for resolving conflict over water sharing among countries along the Syr Darya River in the Aral Sea Basin</i>	Compartilhamento de água entre países	Bacia do Rio Syr Darya (Uzbequistão; Kazaquistão; Quirgistão). Em 2002.	Uzbequistão e Kazaquistão (países a jusante); Quirgistão (país a montante); ICWC.	Uzbequistão e Kazaquistão: (1) Fornecer menos combustível que especificado; (2) Exercer pressão política e militar; (3) Seguir o acordo atual; Quirgistão: (4) gerar mais energia hidrelétrica no inverno do que foi acordado; (5) Não liberar muita água para geração de energia elétrica e liberar água suficiente para irrigação durante o verão; (6) Revisar o acordo para conseguir recursos hídricos suficientes para atender a demanda de inverno e irrigação durante o verão; ICWC: (7) Impor o acordo atual; (8) Revisar o acordo atual para tentar atender as demandas atuais de ambos países a jusante e país a montante.
Hu et al. (2009)	<i>A conflict Model for the international hazardous waste disposal dispute</i>	Disputas internacionais ocasionadas pela eliminação de resíduos tóxicos	Convenção da Basiléia (118 países envolvidos).	País Receptor (PR); Comerciante de Resíduos (COR); Organização das Nações Unidas (ONU).	PR: (1) Importar resíduos: aceitar quaisquer potenciais tóxicos resíduos, (2) Aceitar o descarte adequado ou requerer limpeza (3) Recusar potenciais resíduos tóxicos e ratificar a Convenção, (4) Continuar com o despejo de resíduos; COR: (5) Exportar e concordar em limpar, (6) Parar todo o despejo; ONU: (7) Fazer pressão sobre oWT para parar o desperdício dumping, (8) Incentivar o CR a recusar os resíduos e ratificar a Convenção.
Geritana e Malta (2010)	<i>Investigating Strategies of an Irrigation Conflict</i>	Conflito por uso de água entre irrigantes abastecidos por um canal de irrigação e drenagem.	Baixada Campista (Planície de Campos dos Goytacazes), na região norte do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Em 2004.	Grupos de irrigantes (Dms: 1,2 e 3); Instituição gestora (IG); Governo Estadual (GE).	IG: (1) alocação por cotas com restrições hidráulicas; (2) alocação por cotas sem restrições hidráulicas; (3) alocação por cotas com interferências estruturais, (4) alocação ótima com restrições hidráulicas, (5) alocação ótima sem restrições hidráulicas; e (6) alocação ótima com interferências estruturais, (7) Não tomar nenhuma decisão; GE: (8) Transferir custos para irrigadores; Grupo de irrigadores DMs 1,2,3: (9) Aceitar ou não a decisão do MI.

Fonte: Autoria própria (2018)

Quadro 4 - Aplicação do GMCR/características dos conflitos (continuação)

Autor/ Ano	Título do trabalho	Natureza do conflito	Região de ocorrênc ia/Ano	Decisores	Opções
Ma et al. (2010)	<i>Strategic analysis of the James Bay hydroelectric dispute in Canada</i>	Drenagem de água de uma região para outra.	Bacia do Lago Devils na Dakota do Norte (EUA). Em 2005.	Governo do Canadá; Governo dos EUA; Governo do Estado da Dakota do Norte.	Governo do Canadá: (1) Pressionar o governo Americano para participar do encaminhamento do assunto ao IJC, (2) Negociar com o estado da Dakota do Norte; Governo da Dakota do Norte: (3) Ignorar qualquer consideração e continuar com o projeto emergencial de drenagem; (4) Negociar e continuar construindo com condições; (5) Levantar o assunto para o IJC através do governo americano (6) Suspender permanentemente o projeto emergencial de drenagem; Governo dos EUA: (7) nenhuma resposta; (8) requerer que o projeto vá para o IJC para realizar conferência; (9) Requerer que a Dakota do Norte negocie e continue a construção com condições; (10) Ordenar que a Dakota do Norte suspenda permanentemente o projeto emergencial de drenagem.
Ariyanto (2014)	<i>Analyzing the Conflict between Football Organizations in Indonesia</i>	Conflito entre uma organização de futebol na Indonésia e um grupo rebelde.	Indonésia. Em 2011.	PSSI (Confederação de Futebol da Indonésia); KPSI; Ministério do esporte; FIFA..	Estágio 1: PSSI: (1) Impor novo formato; KPSI:(2) Resistir ao novo formato; (3) Estabelecer contador da organização. Estágio 2: PSSI: (1) Oferecer reconciliação; KPSI: (2) Considerar; (3) Dar suporte a liga KPSI; (4) Demandar resignação do novo regime; FIFA: (5) Promover sanção; (6) Envolver o Ministério de Esporte. Estágio 3: PSSI (1): Oferecer reconciliação; KPSI: (2) Conceder; FIFA : (3) Prover sanção; Ministério de Esporte: (4) Banir todas as atividades.
Yousefi et al. (2016)	<i>Attitude based negotiations for resolving water and environmental conflicts.</i>	Disputa de recursos hídricos após construção de uma barragem e uma hidrelétrica.	Nas províncias Lalam e Lorestan, no rio Seymareh. Irã.	Províncias: Lalam (CO1); Lorestan (CO2).	CO1: (1) Levantar o caso a tribunal e acompanhar o processo de litígio, (2) Compartilhar os custos de tratamento do rio, (3) iniciar o processo de remediação do reservatório; CO2: (4) Continuar na situação atual, (5) Receber apoio parcial para parar as fontes de poluição.

Fonte: Autoria própria (2018)

Quadro 5 - Aplicação do GMCR/características dos conflitos (continuação)

Autor/ Ano	Título do trabalho	Natureza do conflito	Região de ocorrênci a/Ano	Decisores	Opções
Philpota et al. (2016)	<i>Strategic Analysis of a Water Rights Conflict in the Southwestern United States</i>	Conflito transfronteiriço por águas subterrâneas	Aqüífero do vale da serpente, em Snake Valley, Sudoeste dos EUA. Em 1990.	Nevada; Utah; Departamento de Gestão de Terras (DGT).	Nevada: (1) Buscar recursos do estado para aplicações nas águas, (2) Buscar um acordo de compartilhamento de água com Utah, (3) Ação da Suprema Corte; Utah: (4) aceitar acordo, (5) Rejeitar acordo, (6) Ação da Suprema Corte; DGT: (7) Aprovar o ROW, (8) Rejeitar o ROW, (9) Modificar o ROW.
Zanjani an et al. (2018)	<i>Influential third party on water right conflict: Game theory approach to achieve the desired equilibrium (case study, Ilam Dam, Iran)</i>	Conflito por alocação de água em uma barragem entre as organizações interessadas.	Ilam Dam, Irã. Em 2005.	Organização de agricultura de Jihad (OAJ); Companhia de água e esgoto (CAE); Empresa de autoridade de água (EAA); Departamento de meio ambiente (DMA).	OAJ: (1) Retirar mais água do que o seu direito à mesma, para alcançar a autossuficiência no setor agrícola; CAE: (4) preferir retirar mais água a fortalecer a eficiência da distribuição e irrigação da água; EAA: (7) Investir na construção de estruturas hidráulicas para abastecimento de água potável, industrial e agrícola e (9) Não reclamar contra as organizações infratoras (no que diz respeito aos direitos determinados pela água); DMA: (12) Rejeitar a avaliação de impacto ambiental de novos projetos. e (13) Não processar apesar de não receber direito de água ambiental.

Fonte: Autoria própria (2018)

3 METODOLOGIA

Esta seção apresenta as etapas de aplicação do GMCR para análise do conflito na Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas/Açu compartilhada pelos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte. O objeto de pesquisa delimita-se ao estudo desse conflito após o fim do período vigente do Marco Regulatório (2004-2014), que é um instrumento formal que estabeleceu diretrizes para regularização e ordenamento do uso dos recursos hídricos do Sistema Curema-Açu.

Inicialmente, fez-se um levantamento na literatura especializada de aplicações envolvendo o uso do GMCR para análise de conflitos reais.

A partir disso foi feita a aplicação do método GMCR que contempla dois estágios (Figura 1): modelagem e análise. Na fase de modelagem, primeiramente, identifica-se um conflito real, faz-se a caracterização do conflito, ou seja, sua descrição. Nesse caso, a descrição foi feita através de análise documental, consulta às páginas na Internet dos órgãos envolvidos (ANA, AESA, Comitê da Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas/Açu) onde estão disponibilizadas informações sobre a referida bacia, tais como resoluções e atas de reuniões. Também foram assistidas entrevistas, documentários disponíveis nos canais do Youtube da Assecom CBH-PPA e do Comitê da Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas/Açu. Posteriormente, são definidos: (i) os decisores que são as partes interessadas no conflito; (ii) as opções que estão sobre o controle de cada decisor. Nesse trabalho foram considerados os interesses de cada decisor, além das alternativas que compete a cada um deles; (iii) os estados que são gerados a partir da combinação de todas as opções de cada DM, com o auxílio do *software* GMCR II; (iv) em seguida, são identificados os estados inviáveis indicando as opções que são mutuamente excludentes; (v) e as preferências individuais em relação a cada uma das opções, determinadas a partir das características e interesses de cada decisor. O GMCR II fornece vários métodos de entrada das preferências. Para este estudo, utilizou-se a priorização de opções através do uso de conectivos lógicos. Considerando duas opções A e B, tem-se:

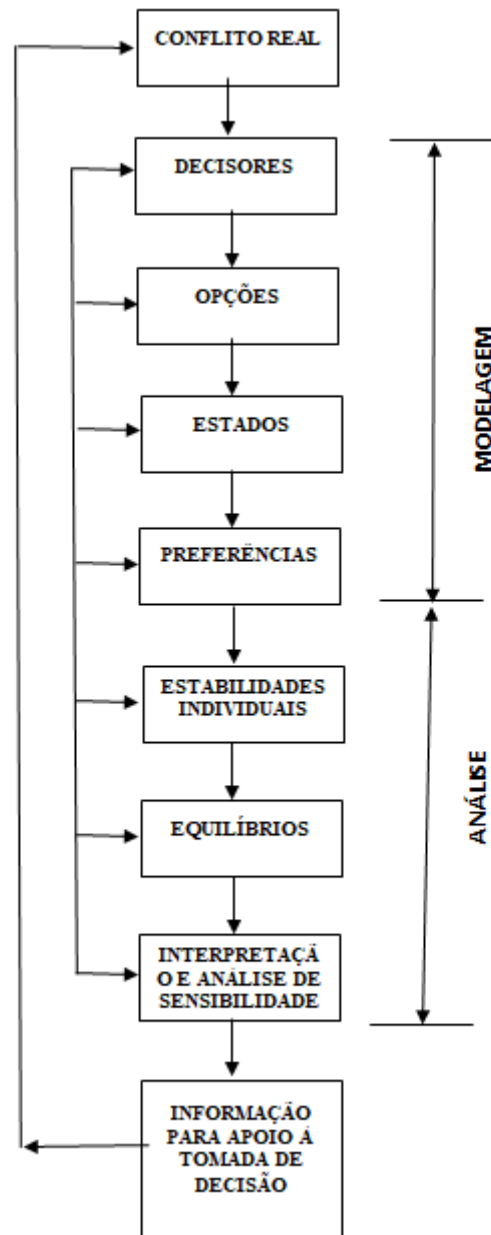
- A & B significa que o decisor deseja A e B;
- A / B significa que o decisor deseja A ou B;
- A if B significa que o decisor deseja A se B for selecionada;
- A iff B significa que o decisor prefere A se somente se B for selecionada;
- -A significa que o decisor deseja que A não seja selecionada.

No estágio de análise, no GMCR II é analisada a estabilidade de cada estado, do ponto de vista de cada decisor (DM), sob todas as definições de equilíbrio. Assim, um estado que é estável para todos os DMs, de acordo com determinado conceito de solução, forma um

equilíbrio e é considerado um resultado potencial, ou seja, uma possível solução para o conflito. Em seguida faz-se a interpretação desses resultados. Logo depois, é feita uma análise de sensibilidade. Nessa etapa é aferido se as conclusões da análise do GMCR II são sensíveis as características particulares do modelo. Dessa forma, as suposições são geralmente avaliadas perturbando as ordenações de preferências de um decisor ou de todos os decisores e recalculando os equilíbrios. Se não houver mudanças significativas os equilíbrios podem ser considerados robustos. Por fim, tem-se a informação de apoio a decisão, recomendação para solução do conflito.

Evidencia-se o uso do *software* GMCR II para gerar os estados e obter os equilíbrios. Esse *software* é executado em um ambiente *Windows*. É de fácil operacionalização, basta ter um entendimento razoável do modelo gráfico e não requer treinamento extensivo.

Figura 1- Estrutura do modelo gráfico para resolução de conflitos



Fonte: Adaptado Hipel & Kilgour (1993) apud Guedes & Ribeiro (2017)

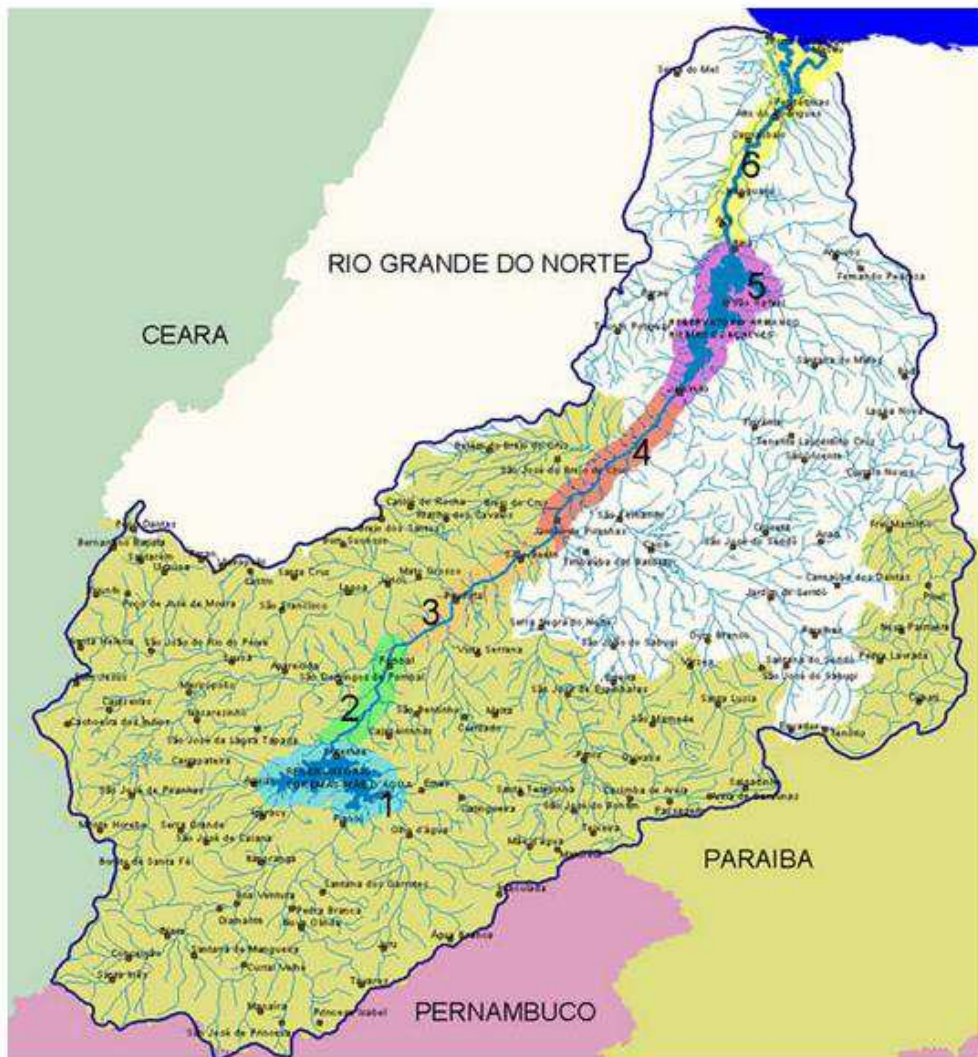
Na próxima sessão são apresentados os resultados da aplicação do método GMCR ao conflito do compartilhamento da Bacia do Rio Piranhas/Açu.

4 RESULTADOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO CONFLITO

A Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu está localizada no Semiárido da região Nordeste do Brasil e possui área total de drenagem de 43.681,50 km², que é compartilhada por dois Estados: Paraíba, que detêm 60% da área da bacia; e Rio Grande do Norte com 40% (Figura 2) (AESA, 2018). Esta bacia recebe a contribuição de vários afluentes de domínio desses Estados, os quais estão incluídos nas sub-bacias Piancó, Peixe, Alto Piranhas, Médio-Piranhas, Espinharas, Seridó e Baixo Piranhas.

Figura 2 - Bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Açu



Fonte: AESA (2018)

A gestão da bacia é compartilhada entre a União, por meio da Agência Nacional de Águas (ANA), e pelos dois Estados por meio dos seguintes órgãos: Secretaria de Estado de Recursos Hídricos do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia (SEMARHCT) e Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) na Paraíba; Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH) e Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN) no território potiguar (AMORIM et. al., 2016).

De acordo com a ANA (2014), as principais fontes hídricas da Bacia do Rio Piranhas-Açu, responsáveis por sua perenização, são os reservatórios de regularização construídos pelo Departamento Nacional de Obras contra as Secas (DNOCS): Curema/Mãe d'Água, que pereniza o Rio Piranhas, na Paraíba; e Armando Ribeiro Gonçalves, perenizando o Rio Açu, no Rio Grande do Norte. Estes dois reservatórios formam o sistema o Curema-Armando Ribeiro Gonçalves, que é o trecho compreendido entre o sistema integrado dos dois reservatórios. Este sistema têm um papel importante no desenvolvimento socioeconômico da região.

Ainda de acordo com ANA (2014), os principais usos desses reservatórios são para irrigação, destacando-se as culturas temporárias que ocupam sua maior área, como feijão e milho, assim como as permanentes evidenciando a banana, o caju e o coco-da-baía. Os demais usos são: aquicultura com destaque para produção de camarão no Rio Grande Norte, ocupando a posição de maior produtor nacional do crustáceo; abastecimento humano; uso industrial com a produção mineral e complementando esse quadro a indústria têxtil e a indústria de cerâmica; e pecuária.

Em 2003, houve uma intensa utilização das águas do sistema Curema-Açu, principalmente pelas atividades de irrigação e carcinicultura no Rio Grande do Norte. Essa intensificação no uso das águas gerou diversos pedidos de outorga ultrapassando a capacidade de regularização do sistema hídrico. Foi necessária a intervenção da União junto aos governos da Paraíba e do Rio Grande do Norte para promoção de uma gestão compartilhada e cooperativa desses recursos. A partir dessa articulação, foi possível definir uma estratégia conjunta dos Estados e da União para o encaminhamento da proposta de um plano de regularização e ordenamento dos recursos hídricos da bacia.

Com isso, foi estabelecido o Marco Regulatório da Bacia do Rio Piranhas-Açu, objetivando: (i) o gerenciamento integrado, participativo e descentralizado dos recursos hídricos da bacia; (ii) a compatibilização de critérios, normas e procedimentos relativos ao cadastro de usuários, outorga e fiscalização de usos do recurso; e (iii) impulsionar e articular os usuários para o processo de gestão participativa (NOGUEIRA, 2006). Esses objetivos representaram o primeiro acordo efetivado pela ANA e os Estados da federação, que

formalmente concretizou-se através de um convênio de integração entre eles e o DNOCS. Assim, o Marco Regulatório da Bacia do Rio Piranhas-Açu é um instrumento formal que estabeleceu regras para orientação dos usuários dos recursos hídricos da bacia em questão. Ele foi criado considerando um horizonte de 10 anos, sendo sujeito à revisão a cada dois anos.

Neste documento, foi fixada a vazão na fronteira entre os dois Estados, no sistema Curema-Armando Ribeiro Gonçalves. Além disso, o sistema Curema-Açu, formado pelo sistema Curema-Mãe d'água, e o sistema à jusante, ao longo do Rio Piranhas-Açu até sua foz no Estado potiguar, foi dividido em seis trechos (Figura 2), onde três estão localizados integralmente na Paraíba.

Determinou-se também a vazão mínima que deve passar em cada trecho e por cada tipo de uso (irrigação, pecuária, industrial etc.). De acordo com Amorim et. al. (2016), no regulamento, foi determinado que a vazão mínima que deveria passar na divisa entre os Estados (da Paraíba para o Rio Grande do Norte) era de 1,5 m³/s nos primeiros 5 anos (2004-2009) e 1,0 m³/s nos 5 anos seguintes (2009-2014).

Para dar suporte às ações de fiscalização e ao cumprimento do que foi estabelecido no documento, foi criada uma rede de monitoramento quantitativo e qualitativo da água formada por um grupo de diversos representantes dos órgãos envolvidos e representantes dos usuários.

Nos anos posteriores a criação do Marco Regulatório da Bacia do Rio Piranhas-Açu, os índices pluviométricos registrados na região ficaram acima da média, implicando em um aumento significativo da vazão na fronteira entre a Paraíba e o Rio Grande do Norte. Isso fez com que o Estado do Rio Grande do Norte acumulasse volume de água superior ao da Paraíba, atendendo a demanda de seus usuários. Com isso, não houve fiscalização, a rede de monitoramento não atuou e as revisões do marco, previstas para serem executadas a cada dois anos, também não aconteceram.

Entre 2012 e 2015, os níveis de chuva na região foram muito baixos, implicando em escassez de água e diminuição do volume dos reservatórios. Com isso, em meados de 2013, a ANA retoma as discussões sobre a revisão do Marco Regulatório. As resoluções criadas foram as seguintes: ANA nº 641/2014, que estabelece regras de restrição de uso para captação de água com finalidades de irrigação e aquicultura; ANA nº 316/2015, que estabelece regras operativas para o açude Armando Ribeiro Gonçalves; ANA nº 633/2015, que estabelece condições especiais de captação de água do açude Mãe d'Água para o Canal Governador Antônio Mariz; e a Resolução ANA nº 640/2015, que trata da interrupção das captações de águas superficiais no rio Piancó e no Rio Piranhas-Açu para irrigação e aquicultura. (AMORIM et al., 2016).

Além disso, foi estabelecido o plano de gerenciamento da bacia, onde é apresentada uma nova proposta de alocação de água. O regulamento também é alterado de modo a não exigir demanda por uso, apenas por trecho.

Dessa forma, em 2013, o Marco voltou a ser objeto de discussão, no Comitê da Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu (CBH-PPA), criado em 2006. Um dos pontos polêmicos discutidos no âmbito do comitê foi a redução da vazão na fronteira, sob o argumento de que o Estado potiguar havia acumulado volume de água superior ao Estado paraibano. Isso implicou em restrições de uso da água, sobretudo na limitação das áreas de irrigação, que passaram a ser de no máximo 5ha. Consequentemente, alguns usuários tiveram suas atividades econômicas comprometidas, principalmente os usuários de água do Rio Grande do Norte, que desempenhavam atividades como: agricultura irrigada (em alguns casos foi proibido o método de irrigação por inundação), pecuária, aquicultura, carcinicultura, indústrias de cerâmica, têxtil, mineração, entre outros. Estes usuários passaram a reivindicar a liberação da vazão, de modo a atender a suas atividades já estabelecidas na região.

A insatisfação com as regras para alocação de água deu início a um conflito envolvendo: (i) os usuários de água do Rio Grande do Norte, que reivindicam liberação de uma vazão que seja suficiente para atender suas demandas e garantir a atividade econômica, que ficou comprometida com as novas restrições de captação da água; (ii) os órgãos da União, ANA e DNOCS, responsáveis por garantir uma gestão integrada da bacia, preocupando-se com as questões ambientais e socioeconômicas da bacia; e (iii) os órgãos gestores estaduais cuja finalidade é fiscalizar e monitorar as diretrizes e regras pré-estabelecidas para utilização da água e garantir a participação e integração de todos os interessados, ao mesmo tempo que devem prezar pelo desenvolvimento econômico da região.

Além das discussões sobre alocação de água, outros pontos polêmicos discutidos no âmbito do comitê são: poluição dos afluentes e reservatórios causada por despejos de resíduos domésticos e industriais que comprometem a qualidade e disponibilidade do recurso; o desmatamento das matas ciliares, que contribui para o assoreamento dos rios; e o uso indiscriminado dos recursos hídricos.

4.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO GMCR

Nesta sessão apresenta-se a aplicação do GMCR contemplando seus dois estágios modelagem e análise.

4.2.1 Modelagem

4.2.1.1 *Decisores e suas respectivas opções:*

Para o conflito em questão foram identificados três decisores:

1. **Usuários de água (DM1):** Usuários, individualmente ou por meio de associações/cooperativas, que utilizam a água da bacia para o desenvolvimento de atividades econômicas (agricultura irrigada, mineração, aquicultura, cunicultura, pecuária e indústria de cerâmica, têxtil, etc.) no Rio Grande do Norte.
2. **Órgãos da União (DM2):** ANA e DNOCS - este decisor tem um papel importante no conflito, qual seja articular com os Estados para promover a gestão dos recursos hídricos, implementar e regulamentar políticas, programas e projetos relativos ao gerenciamento do uso sustentável desses recursos.
3. **Órgãos Gestores Estaduais (DM3):** Comitê da Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu e os representantes dos seguintes órgãos: Secretaria de Estado de Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia (SEMARHCT) e Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA); Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH) e o Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN) no território potiguar. O decisor é responsável pela fiscalização e monitoramento qualitativo e quantitativo da água. Além disso, o referido DM também deve presar pelo desenvolvimento econômico da região.

Levando em consideração os interesses de cada DM, assim como as possíveis alternativas que competem a cada um deles, foram propostas as seguintes opções para cada um dos decisores, (Quadro 6).

Quadro 6 – Decisores e suas respectivas opções

Decisor	Opção	Descrição
DM1	01.	Fazer pressão política para ampliação da quantidade de captação de água permitida
	02.	Atender voluntariamente ao limite de utilização da água estabelecido pelos órgãos da União
	03.	Desenvolver de um plano de ações para mitigar a degradação da bacia.
DM2	04.	Ampliar a vazão na fronteira entre os Estados para atender as necessidades atuais dos usuários
	05.	Melhorar a fiscalização, com previsão de aplicação de multas, para garantir o limite de utilização da água
	06.	Efetuar manutenção dos reservatórios existentes
DM3	07.	Fiscalizar o dimensionamento do volume e uso da água e monitorar o gerenciamento desse recurso

Fonte: Autoria própria (2018)

De um modo geral, analisou-se o conflito levando-se em conta as questões de poluição e desmatamento que também contribuía para redução da disponibilidade hídrica da bacia e conseqüentemente agravando ainda mais a situação conflituosa. É válido salientar que de acordo com a lei 9.433/1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, em caso de escassez hídrica, a prioridade do recurso é para abastecimento humano e dessedentação de animais, (ANA, 2014). Nesse sentido, as alternativas expostas são imperativas a gestão dos recursos em questão, pois se deve considerar também que um conflito hídrico não é oriundo apenas da escassez hídrica (quantitativa ou qualitativa), mas também da falta ou desajustamento da gestão de tal recurso.

O Quadro 7 apresenta o *status quo* para o conflito, ou seja, o estado atual em que se encontra o conflito, considerando as opções propostas. Neste quadro, Y significa que a opção está vigente e N, caso contrário.

Quadro 7 – *Status quo* do conflito

Opção	Situação
01	(Y)
02	(N)
03	(N)
04	(N)
05	(N)
06	(Y)
07	(N)

Fonte: Autoria própria (2018)

4.2.1.2 Estados possíveis

Posteriormente, geraram-se os estados, quando a opção é representada pela letra Y (yes) indica que foi selecionada e quando estiver representada pela letra N (no) não foi selecionada. Inicialmente, obteve-se um conjunto de 128 estados resultantes da combinação das 7 opções disponíveis no conflito, denotado por 2^7 . Em seguida foram excluídos os estados inviáveis. Assim, os estados em que as opções 1 e 4 são selecionadas ao mesmo tempo (Y--Y---) ou não selecionadas (N--N---) foram considerados mutuamente excludentes. O mesmo acontece com a seleção das opções 2 e 5, (-Y--Y--) ou (-N--N--). Assim, restaram apenas 32 estados viáveis (Quadro 8):

Quadro 8 – Estados possíveis

ESTADOS OPÇÕES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	N
2	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	Y	Y	Y
3	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N
4	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N	Y
5	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	N	N	N
6	N	N	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y
7	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
ESTADOS OPÇÕES	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	N	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y
2	Y	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	N	N
3	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y
4	Y	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N
5	N	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	Y	Y
6	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N
7	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y
ESTADOS OPÇÕES	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
1	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N	
2	N	N	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	
3	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	
4	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	
5	Y	Y	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	
6	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	
7	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	

Fonte: Autoria própria com auxílio do GMCR II (2018)

4.2.1.3 Preferências

A partir de uma análise documental e estudos sobre a bacia, elaborou-se uma tabela com as principais características e/ou interesses de cada decisor (Quadro 9):

Quadro 9 – Características e interesses dos decisores

Decisores	Características e/ou interesses
DM1	Trata-se de um grupo diverso, com interesses conflitantes no que diz respeito ao uso da água (usuários que desempenham atividades diferentes). No entanto usar o recurso de maneira que supra a necessidade de ambos é um fator em comum sem atentar inclusive para as questões ambientais. O interesse único dos usuários de água é ter acesso ao recurso suficientemente para continuar desenvolvendo suas atividades econômicas outrora interrompidas e/ou comprometidas pela regularização.
DM2	Este decisor visa exclusivamente uma gestão integrada entre os usuários e os demais envolvidos no conflito e tenta harmonizar critérios, normas e procedimentos para regularização do gerenciamento do recurso hídrico. Além da preocupação e responsabilidade com as questões ambientais e socioeconômicas.
DM3	O grupo foi criado com o intuito de monitorar e fiscalizar as diretrizes pré-estabelecidas para utilização da água e também assegurar a participação dos usuários na gestão.

Fonte: Autoria Própria

Ao avaliar as opções e características de cada decisor, assim como seus interesses individuais determinaram-se suas preferências estabelecendo um *ranking* do que seria mais importante para cada um deles (Quadro 10):

Quadro 10 – *Ranking* de preferências

DM1	DM2	DM3
4	2 & 3	6
-2	-4	7
-3	7	3/2
-5/-7	-1	5 iff -2
1 if -4	5 if -2	
6		

Fonte: Autoria própria (2018)

É importante salientar que as características e interesses dos decisores (Quadro 9) foram inferidas a partir de análise documental e isso foi usado para tentar fazer uma estimativa das preferências de cada um. Por limitações práticas, não foi possível entrar em contato direto com cada decisor para elicitare as preferências de cada um.

As instruções das preferências (Quadro 10) são interpretadas em ordem de prioridade.

Analisando as preferências do DM1, tem-se que: em 1º lugar na sua ordem de prioridade, o DM1 deseja que o DM2 amplie a vazão na fronteira entre os Estados para atender as necessidades atuais dos usuários (4); em 2º lugar, ele não quer atender voluntariamente ao limite de utilização de água determinado pelos órgãos da União (-2); depois, na 3ª posição do *ranking*, ele não tem interesse em desenvolver planos de ações para mitigar a degradação da bacia (-3); posteriormente, ele não quer ser multado pelo DM2 e também não deseja que o DM3 efetue fiscalização do uso da água (-5/-7); na 5ª posição do *ranking* de prioridade, o DM1 prefere fazer pressão política para ampliação da quantidade de captação de água permitida (outorgada), caso não seja aumentada a vazão suficiente na divisa entre os Estados (1 if -4); e, por fim, o DM1 quer que o DM2 efetue a manutenção dos reservatórios existentes, uma vez que, isso possivelmente o beneficiará.

Ao analisar as preferências do DM2, tem-se que: em 1º lugar na sua ordem de prioridade, o DM2 quer que o DM1 atenda voluntariamente ao limite de água estabelecido pelos órgãos da União e que ele desenvolva planos de ações para mitigar a degradação da Bacia (2 & 3), em seguida, na 2ª posição, o DM2 não quer que a vazão na fronteira seja ampliada (-4), na 3ª posição do *ranking* de prioridade, o DM2 quer que o DM3 fiscalize o dimensionamento e volume de utilização de água e também monitore a gestão desse recurso (7), posteriormente, na 4ª posição, não quer que o DM1 faça pressão política para aumentar a quantidade permitida para captação de água (-1), e por fim pretende melhorar a fiscalização, aplicando multas caso o DM1 não atenda voluntariamente as regras de uso da água (5 if -2).

Em relação as preferências do DM3 tem-se que: em 1º lugar na sua ordem de prioridade, o DM3 quer que o DM2 efetue manutenção dos reservatórios existentes (6), depois, em 2º lugar, pretende fiscalizar o dimensionamento e volume de água utilizado e monitorar a gestão desse recurso (7), ato contínuo, na 3ª posição do *ranking*, quer que o DM1 desenvolva planos de ações para mitigar a degradação da Bacia ou atenda voluntariamente ao limite de utilização da água (3/2), e posteriormente, na 5ª e última posição de ordem, o DM3 quer que o DM2 melhore a fiscalização atribuindo multas se somente se o DM1 não atender voluntariamente ao limite pré-estabelecido de uso da água (5 iff -2).

4.2.2 Análise

No conflito analisado, onze estados apresentaram equilíbrios, inclusive sete deles apresentaram fortes equilíbrios para todos os decisores (Figura 3).

Os estados considerados fortes foram: 19, 21, 23, 25, 27, 29 e 31. Cada um destes estados são estáveis para cada DM sob todas as definições de estabilidade disponíveis no GMCR II: Estabilidade de Nash (R), Estabilidade Meta racional Geral (GMR), Estabilidade Meta Racional Simétrica (SMR), Estabilidade Sequencial (SEQ), Estabilidade Não Míope (NM) e Estabilidade Limitada (L(2)).

Os estados 11, 13, 15, 17, apresentaram estados fracos, uma vez que, são estáveis apenas para duas definições de estabilidade: Estabilidade Meta racional Geral (GMR) e Estabilidade Meta Racional Simétrica (SMR), (Figura 3):

Figura 3 – Estados e seus equilíbrios

DMs	Options		11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
usuários	1. pedir		N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N
	2. obedecer		Y	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N
	3. Preservar		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
órgãos	4. liberar		Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y
	5. multar		N	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y
	R						<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	GMR		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	SMR		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	SEQ						<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	NM						<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	L[2]						<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Add Custom Type												

Fonte: Autoria própria com auxílio do GMCR II (2018)

4.2.3 Interpretação da análise

Observando os sete estados, considerados com fortes equilíbrios para todas as definições encontradas, (19, 21, 23, 25, 27, 29, e 31), eles sugerem que o DM3 (órgãos gestores estaduais) deve selecionar a opção 7, referente a fiscalizar o dimensionamento e volume de utilização de água, assim como monitorar o gerenciamento desse recurso.

Avaliando as necessidades anteriormente expostas no conflito, como a acomodação dos atores responsáveis por fiscalizar e monitorar o que havia sido estabelecido no Marco Regulatório, conclui-se que a seleção da opção 7 é extremamente importante para garantir a regularização do uso da água, sem comprometer o abastecimento humano.

Nos estados 19, 25 e 27, a opção 2, em que o DM1 (usuários de água do Rio Grande do Norte) deve atender voluntariamente ao limite de utilização da água, é selecionada. É válido destacar que, a seleção da opção 2 é determinante para garantir a disponibilidade do recurso, ameaçado por longos períodos de estiagem, por seu uso indiscriminado, e por outros problemas citados nesse estudo.

Assim, filtrando essas informações observou-se que dos sete estados estáveis apenas três, 19, 25 e 27, possuem as opções 2 e 7 selecionadas.

Nos estados 25, 27, 29, e 31 é evidenciada a escolha feita pelo DM2 da opção 6, que é efetuar manutenção adequada nos reservatórios existentes. Isso corrobora com a afirmação anterior, para garantir, inclusive, o abastecimento humano. Essa opção também é selecionada nos estados 25 e 27, eliminando o estado 19.

Nos estados 19, 23, 27 e 31 a opção 4 é selecionada. A seleção dessa opção muda os rumos do conflito, pois aumentando a vazão suficiente para atender as demandas dos usuários do Estado potiguar garante seu desenvolvimento econômico, no entanto, isso pode ser uma ameaça à disponibilidade do recurso hídrico. Sendo assim, descarta-se o estado 27 em que a opção 4 é selecionada, restando apenas o estado 25.

Dessa forma, evidenciando a importância dessas opções (2, 4, 6 e 7) para o desenrolar do conflito, observou-se o estado em que as alternativas 2, 6 e 7 foram selecionadas e a 4 não foi selecionada, como é o caso do estado 25 (YYNNYY), considerado por isso como forte candidato a solução da disputa.

No estado 25, o DM1 faria pressão política para ampliação da quantidade permitida para captação de água, obedeceria ao limite de utilização de água definido pelos órgãos competentes e assim não seria multado pelo DM2, não desenvolveria planos de ações para mitigar a degradação da bacia. Para o DM2 sugere-se que o mesmo não aumente a vazão na fronteira entre os Estados suficientemente para o abastecimento dos usuários em suas demandas atuais, não efetue a multa dos usuários uma vez que eles atenderão voluntariamente ao limite de uso do recurso, e efetue manutenção nos reservatórios existentes. Por fim o modelo sugere que o DM3 fiscalize e monitore a gestão de recursos hídricos da bacia.

Nota-se que, nesse estado 25, o modelo sugere que o DM1 não desenvolva planos de ações para mitigar a degradação na bacia, com a não seleção da opção 3. Além disso, em nenhum dos demais estados estáveis essa opção foi selecionada. Mas é válido salientar que o GMCRII propõe uma solução equilibrada, ou seja, que seja interessante para todos os decisores e não necessariamente essa decisão seria a mais acertada.

No entanto é necessária uma avaliação mais profunda, de modo que sejam expostas tais possíveis soluções em um ambiente de discussão com a participação de todos os atores onde eles avaliarão a melhor alternativa. Portanto, não se pode esquecer ou eliminar os demais estados acima apresentados, pois os mesmos, assim como o 25, apresentaram fortes equilíbrios.

4.2.4 Análise de sensibilidade

Para efetuar a análise de sensibilidade alteraram-se a ordem de preferências do DM1 (usuários de água), levando em consideração que o mesmo é um dos maiores interessados no recurso disputado e que suas ações são em grande parte responsáveis pelo início do conflito.

A seguir são apresentadas as alterações, (Quadro 11):

Quadro 11 – Alteração do *ranking* de preferências

Preferências originais	Preferências alteradas
4	-2
-2	-3
-3	4
-5/-7	6
1 if -4	-5/-7
6	1 if -4

Fonte: Autoria própria (2018)

Após alteração, notou-se que não houve mudanças nos resultados quanto aos equilíbrios dos estados, uma vez que, os estados 19, 21, 23, 25, 27, 29, e 31 continuaram estáveis para todos os decisores, (Figura 4):

Figura 4 - Equilíbrios dos estados no modelo revisado

DMs	Options		11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
	3. Preservar		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
órgãos	4. liberar		Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y
	5. multar		N	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y
	6. construir		Y	Y	Y	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y
estados	7. fiscalizar		N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	R						<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	GMR		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	SMR		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	SEQ						<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	NM						<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	L[2]						<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Add Custom Type												

Fonte: Autoria própria com auxílio do GMCRII (2018)

Portanto pode-se afirmar que os resultados apresentados são robustos e que podem ser levados em consideração em uma possível recomendação para resolver o conflito em questão.

4.3 DISCUSSÕES

Um conflito por compartilhamento de água envolve diferentes atores com objetivos e interesses distintos e acontece por vários motivos. No conflito da bacia do Rio Piranhas/Açu observa-se a participação da sociedade civil, de órgãos da união, como ANA e DNOCS, de órgãos representantes dos Estados, entre outros. O fato é que há dificuldade em converter as ações de cada decisor em um denominador comum, ou seja, alinhar as alternativas no sentido de um objetivo único. Isso acontece porque, na maioria das vezes, há uma divergência de interesses, sejam eles políticos, socioeconômicos e ambientais. Portanto, torna-se imperativo o uso de metodologias que auxiliem no processo de tomada de decisão, sobretudo, que consiga equilibrar diferentes ganhos.

Nesse sentido, o método GMCR possibilita a modelagem precisa de decisões estratégicas, prevendo possíveis soluções e auxiliando a avaliação da viabilidade política, socioeconômica e ambiental. Essa abordagem foi implementada ao SAD GMCR II, *software* executado no ambiente *Windows*, permitindo que o método seja facilmente empregado a situações reais.

O conflito estudado é composto por diversos cenários e múltiplos atores. Cabe ao analista identificar qual cenário será analisado e quem serão os tomadores de decisão. No referido estudo o cenário analisado foi o conflito na bacia após o fim do período vigente (2004-2014) do Marco Regulatório do Sistema Cuiabá/Açu, documento acordado entre os órgãos da União, os Estados gestores e os usuários de água, que definia as diretrizes para o uso do recurso compartilhado. Observou-se que o mesmo fora marcado por falhas em sua aplicação, acomodação de atores responsáveis por fiscalização dos usuários e monitoramento da gestão, escassez hídrica, poluição e falta de manutenção dos reservatórios, entre outros. O resultado disso foi o comprometimento do abastecimento humano, considerado maior problema enfrentado, e a necessidade de revisão dos pontos outrora abordados no antigo Marco (vazão fixada na fronteira), que acabaram culminando em conflitos decorrentes do uso de água.

A partir do levantamento de informações sobre o conflito, fez-se a aplicação do método GMCR. Inicialmente modelou-se o conflito, definindo os tomadores de decisão e suas respectivas opções que possibilitou a geração dos estados. De 128 estados gerados, apenas 32 deles eram possíveis. Em seguida, após avaliação de características e interesses de cada decisor, obteve-se um *ranking* de preferências dos mesmos. Nessa etapa é importante destacar as limitações, pois não foi possível ter um contato face a face com os decisores para fins de elucidação de suas preferências. No entanto, procurou-se definir um perfil mais próximo possível de cada decisor, com base nos estudos feitos sobre o conflito em questão.

Com a análise, chegou-se ao equilíbrio considerado forte, por contemplar estabilidade em todas as definições disponíveis no GMCR II, em sete estados: 19, 21, 23, 25, 27, 29 e 31. Ambos apresentaram decisões estáveis para todos os decisores. Analisando cada um e considerando a caracterização do conflito pôde-se notar que o estado 25 (YYNNYY) seria uma possível solução, segundo a ótica do analista.

Comparando esse resultado com o *status quo* (Quadro 12), tem-se que no estado 25, recomendado, a opção 2 é selecionada, as opções 3, 4 e 5 permanecem não selecionadas e a opção 7 também é selecionada, diferente do *status quo*.

Quadro 12- Comparação entre o *status quo* e o resultado sugerido pelo GMCR II

<i>Status quo do conflito</i>	Estado recomendado
1. (Y)	1. (Y)
2. (N)	2. (Y)
3. (N)	3. (N)
4. (N)	4. (N)
5. (N)	5. (N)
6. (Y)	6. (Y)
7. (N)	7. (Y)

Fonte: Autoria própria (2018)

Observa-se que ocorrem pequenas alterações do estado inicial para o recomendado pelo GMCR II.

É importante evidenciar que o GMCR não trará todas as respostas para uma disputa, isso quer dizer que o analista não é dispensável, na verdade ele é peça fundamental para alcançar resultados positivos. Pois o mesmo pode avaliar qual situação é aplicável ou não ao determinado cenário. É relevante destacar também que quanto mais informações e envolvimento com o conflito o analista tiver mais ele terá propriedade para modelar com precisão as decisões estratégicas e conseqüentemente obter melhores resultados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho analisou um conflito sobre uso de água ocorrido na Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas/Açu, após o período vigente do Marco Regulatório (2004-2014), utilizando a abordagem do GMCR. A descrição do conflito foi feita a partir de uma vasta análise documental e levantamento de informações empíricas.

Posteriormente aplicou-se o método GMCR contemplando suas duas etapas: modelagem e análise. Na modelagem definiram-se os decisores, suas respectivas opções e preferências. Em seguida utilizou-se o SAD GMCRII para gerar os estados possíveis e identificar os equilíbrios. Foram gerados 128 estados e apenas 32 deles eram viáveis. Ao serem determinados os equilíbrios, observou-se que sete estados contemplavam todas as definições de estabilidade para todos os decisores. Logo após, efetuou-se uma análise desses resultados por meio de discussões a cerca do modelo. Assim observou-se também que dos sete estados um demonstrou-se ser o recomendado para sanar o conflito. Por fim, foi realizada uma análise de sensibilidade para testar a robustez dos resultados.

Contudo, é válido destacar que o método GMCR não leva em conta a visão holística do conflito, uma vez que, considera apenas uma visão matemática de estabilidade. Portanto, na prática algumas questões importantes podem não ser englobadas.

Nesse sentido, afirmar-se que o GMCR é apenas uma ferramenta de apoio, capaz de nortear o tomador de decisão, por isso é indispensável a visão do analista. Isso também implica que o mesmo deve obter maior número de informações sobre o conflito e seus atores.

Portanto a pesquisa é considerada de suma importância, uma vez que, possibilitou a análise de um conflito real, demonstrou a aplicabilidade da ferramenta SAD GMCRII e o quanto a mesma pode ser útil no processo decisório. Como recomendações para trabalhos futuros sugere-se que sejam modelados os demais cenários do conflito da bacia do Rio Piranhas/Açu considerando o envolvimento de outros atores e criteriosamente buscando contato com os mesmos a fim de obter informações mais precisas.

REFERÊNCIAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu / Agência Nacional de Águas**. Brasília: ANA, 2014.

ANA: Sala de situação-Curema/Açu. ANA. 2000 Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/sala-de-situacao/curema-acu/curema-acu-saiba-mais>>. Acesso em: 8 Outubro 2018.

AESA - AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. **Mapa da Bacia Hidrográfica do rio Piranhas-Açu**. João Pessoa, 2018.

AESA- Comitê da bacia Piranhas/Açu. AESA, 2007. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/comite-de-bacias/piranhas-acu/>>. Acesso em: 31 Novembro 2018.

AMORIM, A. L.; RIBEIRO, M. M. R.; BRAGA, C. F. C. Conflitos em bacias hidrográficas compartilhadas: o caso da bacia do rio Piranhas-Açu/PB-RN. **RBRH**. 2016. Vol. 21: 36-45.

ARIYANTO, K. Analyzing the conflict between football organizations in indonesia. **Procedia - social and behavioral sciences**. 2014. Vol. 115: 430-435.

CBH-PPA: Comitê da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas/Açu. **CBH-PPA**, 2006. Disponível em: <<http://www.cbhpiancopiranhasacu.org.br/portal/o-comite/>>. Acesso em: 30 outubro 2018.

FANG, L.; HIPEL, K. W.; KILGOUR, D. M.. **Interactive decision making: The graph model for conflict resolution**. 1993. Wiley, New York.

FARIS, M.R.; AL-MOHSEEN, K.A.; HIPEL, K. W. Conflict resolution in the Euphrates river dispute using the graph model for conflict. **Academic Journal of Science**. 2016. Vol. 06: 295-306.

GETIRANA, A.; AZEVEDO, J. P. S.; MAGALHÃES, P. C. Conflitos Pelo Uso da Água no Setor Agrícola no Norte Fluminense (II): Processo Decisório Através do Modelo Grafo para Solução de Conflitos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 12 (2): 39-50, 2007.

GETIRANA, A.; MALTA, V. F. Investigating strategies of an irrigation conflict. **Water resources management**. 2010. Vol. 24: 2893-2916.

GUEDES, M. J. F.; RIBEIRO, M. M. R. Aplicação de metodologias de análise de conflito ambiental ao aterro sanitário de Puxinanã (PB). **Engenharia sanitária ambiental**. 2017. Vol. 22,81-93. N.1.

HAMOUDA, L. et al. The salmon aquaculture conflict in British Columbia: A graph model analysis. **Ocean & Coastal Management**. 2005. Vol. 48: 571-587.

HIPEL, K.W.; KILGOUR, D.M.; FANG, L. **The graph model for conflict resolution. In Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)**, Developed under the Auspices of the UNESCO, volume 2. Eolss Publishers, Oxford, UK, 2012

HIPEL, K. W.; WALKER, S. B. Conflict analysis in environmental management. **Environmetrics**. 2010. Vol. 22: 279–293.

HIPEL, K. W.; KILGOUR, D. M.; FANG, L.; PENG, X.; The decision support system gmcr in environmental conflict management. **Applied mathematics and computation**. 1997. Vol. 83: 117-152.

HU, K.; HIPEL, K. W.; FANG, B. L.; A conflict model for the international hazardous waste disposal dispute. **Journal of Hazardous Materials**. 2009. Vol. 172: 138-146.

KILGOUR, M. D.; HIPEL, K. W.; FANG, F. Negotiation Support Using the Graph Model for Conflict Resolution. **Group Decision and Negotiation**. 1994. Vol. 3: 29-46.

MA, J.; HIPEL, K. W.; DE, M. Devils Lake emergency outlet diversion conflict. **Journal of Environmental Management**. 2010. Vol. 92: 437-447.

NANDALAL, K. D. W.; HIPEL, K. W. Strategic decision support for resolving conflict over water sharing among countries along the Syr Darya River in the Aral Sea Basin. *Journal of Water Resource Planning Management*. 2007. Vol. 4: 289-299.

NOGUEIRA, G. M. F. **Conflitos e negociações em recursos hídricos: uma abordagem comportamental das decisões**. 159f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Centro de Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina de Grande. 2006.

PHILPOTA, S.; HIPEL, K.; JOHNSON, P. Strategic analysis of a water rights conflict in the south western United States. **Journal of Environmental Management**. 2016. Vol. 180: 247-256.

VIEIRA, Z. M. C. L.; RIBEIRO, Márcia MR. Conflict analysis: decision support in urban water demand management. **RBRH**, v. 10, n. 3, p. 23-35, 2005.

YOUSEFI, S.; HAJIMIRZAIE, S.; HOSSEINIPOUR, E. Z. Attitude based negotiations for resolving water and environmental conflicts. **World environmental and water resource congress**. Titles in this book set. 2016.

ZANJANIAN, H. et al. Influential third party on water right conflict: A Game Theory approach to achieve the desired equilibrium (case study: Ilam dam, Iran). **Journal of Environmental Management**. 2018. Vol. 214: 283-294