O MODELO DOS GRAFOS PARA RESOLUÇÃO DE CONFLITOS LIMIARES DE VARIAÇÃO DA INTENSIDADE DE PREFERÊNCIAS PROBABILÍSTICOS UTILIZANDO O MÉTODO DE MONTE CARLOS: ANÁLISE DE ESTABILIDADE COM A INCORPORAÇÃO NOS SISTEMAS GMCR II E GMCR +

José Iranildo Barbosa Sales da Silva
Doutorando em Engenharia da Produção pela Universidade Federal de Pernambuco, PPGEP-UFPE.
Maria Gerliane Rodrigues Fonseca Cavalcante
Pós-Graduanda em Engenharia de Softwares pela Universidade Leão Sampaio, Unileão.

RESUMO

Este artigo visa analisar o comportamento dos decisores envolvidos numa situação de conflito quando suas preferências não são tomadas deterministicamente. O Modelo dos Grafos para Resolução de Conflitos abordagem lançada por Kilgour *et al.* (1987) traz uma maneira bastante eficiente de analisar situações reais de conflitos levantando em consideração diferentes mecanismos de preferência determinística. Já Rêgo & Santos (2015) trazem a toma o contexto probabilístico dessas intensidade de preferências. Porém, é necessário analisar qual o limiar que faz com que essas preferências probabilísticas permanecem invariáveis, ou seja, até que ponto elas são consideradas as mesmas. Para tal, utilizou-se um instrumento de mensuração randômico conhecido como método de Monte Carlo e atribuiu-se limiares de transição de preferência, sendo esses responsáveis pela alteração da preferência dos DMs quando ultrapassados.

Palavras-Chave: Método dos Grafos para Resolução de Conflitos. Preferências Probabilísticas. Limiares de Preferência.

ABSTRACT

This paper aims to analyze the behavior of decision makers involved in a conflict situation when their preferences are not taken deterministically. The Graph Model for Conflict Resolution approach launched by Kilgour et al. (1987) provides a very efficient way to analyze real conflict situations by considering different mechanisms of deterministic preference. Already Rêgo & Santos (2015) bring to take the probabilistic context of these intensity of preferences. However, it is necessary to analyze the threshold that makes these probabilistic preferences remain invariant, that is, to what extent they are considered the same. For this, a random measurement instrument known as the Monte Carlo method was used and preference thresholds were assigned, which are responsible for changing the preference of the DMs when exceeded.

Keywords: Graph Method for Conflict Resolution. Probabilistic Preferences. Preference Thresholds

1 INTRODUÇÃO

O processo de tomada de decisão esta continuamente sendo construído por diferentes tipos de decisores, de diferentes escalas de autoridade, nas mais diversas situações, a todo o momento na sociedade, sendo esses de cooperação ou conflito. Com isso, muitos modelos vêm sendo desenhados para representar e propor soluções para situações, nas quais dois ou mais indivíduos estão em conflito por qualquer questão e tentam alcançar um acordo. Sendo assim, a teoria dos jogos vem estudando um grupo de ferramentas que tenta entender esse tipo de atividade, observando como os decisores interagem estrategicamente (OSBORNE, 1994).

De acordo com Myerson (1997), usualmente, na teoria dos jogos, é assumido que os indivíduos são considerados como "racionais", ou seja, eles possuem conhecimento das

alternativas, têm preferências claramente definidas que podem ser representadas por sua função utilidade e agem para maximizar essas utilidades esperadas. Contudo, nem sempre os indivíduos têm certeza do que eles querem e/ou nem sempre suas preferências são claras (LUCE, 1958).

Por essas razões, modelos têm sido criados para representar diferentes situações de interação. Por exemplo, modelos de resolução de conflito (Fraser; Hipel, 1984), (Kilgour, *et al.*,1987), (Kilgour; Hipel, 2005), (Inohara; Hipel (2008) e indivíduos que decidem com quem e com quantas pessoas e mais vantajoso se relacionar (Jackson; Wolinsky, 1996), (Newman, 2001), (Newman, 2004). As ferramentas utilizadas em cada modelo se destinam a representar adequadamente as particularidades de cada situação do mundo real (SANTOS, 2014).

A análise de conflitos é uma parcela da teoria dos jogos que é bastante distinta dos modelos tradicionais. Os modelos clássicos de Von Neumann (1928) e Von Neumann & Morgenstern (1944) promovem muitas das bases que fundamentam os estudos e desenvolvimentos posteriormente construídos. (FANG, *et al*., 1993).

De acordo com Kilgour & Hipel (2010), um conflito estratégico é uma interação entre dois ou mais decisores, que fazem escolhas que, juntas, determinam como a interação evolui e, além disso, cada tomador de decisão tem preferências sobre o estado final, ou a resolução do conflito (RÊGO; SANTOS, 2014).

A principal dificuldade em estudar qualquer situação de conflito é determinar as preferências dos decisores (DMs) envolvidos na disputa. Um tomador de decisão, por exemplo, podem tentar esconder suas verdadeiras preferências, a fim de tentar obter um melhor resultado para si ou pode tentar retratar uma falsa impressão de suas preferências se comportando estrategicamente (HAIM; HIPEL, 2002).

Uma das maneiras de representar uma situação de conflito é usando modelos de jogos abstratos. De acordo com Fang, *et al.* (1993), um modelo de jogo abstrato fornece uma conceituação matemática de uma disputa que pode ser apresentada na forma normal desenvolvido por Von Neumann & Morgenstern (1953) e na forma opcional de Howard (1971). A forma normal de Von Neumann & Morgenstern (1953) tem sido largamente utilizada na teoria dos jogos. Este formato é apenas uma lista de estratégias puras para cada um dos **n** jogadores, juntamente com uma regra de atribuição de "*payoff*" aos jogadores como consequência de suas estratégias de opções, enquanto a forma opcional tem sido utilizada para estudar os conflitos reais (FANG, *et al*.,1993).

Um desenvolvimento importante na análise de conflitos foi à pesquisa pioneira de Howard (1971), com o desenvolvimento do conceito de "*metagame analysis*". Além de definir um possível comportamento humano em uma situação de conflito de forma inovadora, Howard (1971) forneceu uma notação flexível chamada forma opcional para estruturar e gravar os principais elementos do modelo de conflito (FANG, *et al*., 1993). No entanto, as representações normal e opcional de jogos têm uma série de inconvenientes. Em particular, os movimentos entre os estados nos formatos normal e opcional são automaticamente restringido por essas estruturas especiais (FANG, *et al*.,1993).

A fim de dar mais flexibilidade as representações de conflitos, outra estrutura foi criada por Kilgour *et al.* (1987), o Modelo de Grafos para Resolução de Conflitos (GMCR). O GMCR fornece uma metodologia para modelar e analisar os conflitos estratégicos, ou seja, situações em que dois ou mais decisores (DMs) fazem escolhas independentes que, juntas, determinam como o conflito se desenvolve. Tais indivíduos interagem estrategicamente de acordo com as suas preferências sobre os estados possíveis, que são determinados pelas ações de DMs. O GMCR fornece um bom entendimento de como DMs devem escolher o que fazer (SANTOS, 2014).

A teoria e a prática do modelo de grafos para a resolução de conflitos é descrita no livro de Fang *et al.* (1993), bem como outros trabalhos de pesquisa, porém sua incorporação a um sistema de decisão veio com o surgimento do GMCR II. De acordo com Hipel *et al.* (1997), para implementar a metodologia do modelo dos grafos, pode-se empregar o sistema de apoio à decisão chamado GMCR II. Este sistema é de fácil utilização e opera dentro do ambiente *Windows*, ele é projetado para uso com preferências transitivas, podendo ser usado, mesmo com grandes

https://proceedings.science/p/85438?lang=pt-br

situações de conflitos, calculando resultados de estabilidade para os conceitos de solução do GMCR. Além disso, o sistema foi aperfeiçoado por Kinsara (2014) com o surgimento do GMCR+ que utiliza conceitos do modelo inverso dos grafos para resolução de conflitos, onde é possível determinar como o conflito estratégico pode ser resolvido com o auxilio de mediadores.

O modelo dos Grafos para a Resolução de Conflitos é um aperfeiçoamento da análise de conflitos de Fraser & Hipel (1984) e da "*metagame analysis*" de Howard (1971). Porém, de acordo com Santos (2014), nem sempre indivíduos têm certeza do que eles querem. Sendo assim, as preferências dos agentes envolvidos podem ser projetadas usando a distribuição de probabilidades.

Além da introdução já apresentada, este artigo vai seguir a seguinte estrutura: (1) a justificativa, que demonstra a importância da análise; (2) o objetivo principal relacionado com o tema estudado; (3) Uma breve revisão da literatura, com as principais definições sobre o modelo de Grafos para Resolução de Conflitos, o Método de Monte Carlo e os Sistemas GMCR II e CMCR+; (4) a metodologia utilizada para a obtenção dos resultados téoricos; e (5) O modelo dos Grafos com limiares de variação da intensidade de preferência e as referências.

2 JUSTIFICATIVA

O modelo de grafos calibrado fornece o quadro fundamental sobre o qual se pode examinar exaustivamente as possíveis interações estratégicas entre os tomadores de decisão, já que cada decisor tenta fazer o melhor possível dentro das limitações sociais da disputa. Além disso, o estudo sistemático de potenciais ações e reações por parte do DMs, de como eles disputam posições preferidas durante a evolução do conflito e a determinação da resolução mais provável é chamado de análise de estabilidade (FANG, *et al*., 1993).

Dado que as pessoas podem se comportar de maneiras diferentes em uma solução de conflito, uma variedade de conceitos de solução está disponível para a definição de tipos específicos de comportamentos sociais. Estes conceitos de solução pode ser empregado para determinar os estados estáveis para cada tomador de decisão, bem como o equilíbrio ou solução de compromisso, que é o conjunto de estados estáveis para todos os tomadores de decisão no conflito (FANG, *et al*., 1993).

O GMCR proposto por Fang *et al.* (1993) apresenta uma visão determinista da análise de preferências dos DMs no alcance da estabilidade. Esta abordagem apresenta conceitos: Nash Estabilidade, Metaracionalidade Geral, Metaracionalidade Simétrica, Estabilidade Sequencial, Estabilidade com Movimento limitado, Estabilidade Não-Miópe e Equilibrio de Stackelberg que trazem maneiras diferentes de resolução de conflitos a partir dos conceitos exposto pelo método dos grafos.

O tema proposto para este artigo é justificado por algumas razões que são descritas a seguir:

- Fang, *et al.,* (1993) demonstra sete maneiras de chegar a um estado estável e equilíbrio ou solução de compromisso, sendo elas: Nash Estabilidade, Metaracionalidade Geral, Metaracionalidade Simétrica, Estabilidade Sequencial, Estabilidade com Movimento Limitado, Estabilidade Não-Miópe que são conceitos de resolução simétricos, ou seja, todos os decisores tem o mesmo poder de influencia; e Equilibrio de Stackelberg é um modelo assimétrico. No entanto, todos esses modelos são apresentados usando as preferências determinísticas por DMs. Devido a estes pressupostos, é necessário análisar a possibilidade de incorporação de modelos que pressuponham novos cenários a partir da determinação de limiares de preferência ocasionando variaçao de intensidade de preferências dos jogadores envolvidos. Com isso, fornecer o arcabouço necessário para análise mais aprimorada de situações reais de conflito;
- Define limiares de preferência e incorpora as preferências probabilísticas defendida por Santos (2014) nos sistemas GMCR II e GMCR + para o estudo de 4 cenários: (1) conflitos com a especificação de preferência estrita dos decisores e sem a intervenção de mediadores; (2) conflitos com a variação de intensidade de preferência dos decisores e

sem a intervenção de mediadores; (3) conflitos com a especificação de preferência estrita dos decisores e com a intervenção de mediadores; (2) conflitos com a variação de intensidade de preferência dos decisores e com a intervenção de mediadores;

O principal objetivo deste artigo é discutir sobre a possibilidade de semelhanças e diferenças nos resultados obtidos a partir da introdução de limiares na variação de intensidade de preferências dos individuos envolvidos pelo método de monte carlo numa situação real de conflito que envolvam dois jogadores por meio de métodos probabilísticos e dos sistemas de suporte a decisão GMCR II e CMCR+.

3 REVISÃO DA LITERATURA

A representação do conflito é baseada em como e porque os tomadores de decisão mudam de um estado para outro. Tais estados são determinados pelas possíveis ações que podem ser tomadas pelos DMs envolvidos no conflito; cada estado determina exatamente uma ação para cada DM no conflito. Portanto, mudando suas próprias ações um DM pode mudar entre alguns dos estados.

3.1 O Modelo dos Grafos para Resolução de Conflitos

No modelo GMCR, existe uma coleção de grafos, um para cada DM, em que todos os grafos têm o mesmo conjunto de vértices ou nós representando os possíveis estados do conflito. Os arcos de um grafo em particular representam as possíveis transições que certo DM pode fazer. O GMCR é então a junção de grafos com um conjunto de preferências sobre o conjunto de estados; uma relação de preferência para cada DM. (SANTOS, 2014).

Para utilização e desenvolvimento do modelo dos grafos, algumas importantes definições são necessárias. De acordo com Fang *et al.* (1993) importantes definições do GMCR são apresentadas a seguir:

Um grafo direto **D** é definido como sendo um "*2-tuple*" (**V**,**A**), onde:

1. **V** é o conjunto $\{\mathbf{v_1}, \mathbf{v_2},\ldots, \mathbf{v_n}\}$ de elementos chamados de vértices, e
2. **A** é o conjunto $\{\mathbf{a_1}, \mathbf{a_2},\ldots, \mathbf{a_n}\}$ de elementos do produto cartesiano **V x V**, chamados de arcos.

Além disso, algumas definições relevantes de GMCR são as seguintes:

- **Tomadores de Decisão (DMs)**: O conjunto de DMs é denotado por $\mathbf{N = \{1,2,3,\ldots, n\}}$;
- **Conjunto de Estados**: O conjunto de possíveis estados ou cenários do conflito é denotado por $\mathbf{S = \{1,2,3,\ldots, s\}}$;
- **Coleção de Arcos ($\mathbf{A_r}$)**: Se um $\mathbf{DM_i}$ puder se mover de um estado $\mathbf{s \in S}$ para um estado $\mathbf{t \in S}$, então existe um arco com orientação de $\mathbf{s_p}$ para $\mathbf{s_q}$ no grafo do $\mathbf{DM_i}$;
- **Estados Atingíveis**: Todos os estados disponíveis em um único passo para um específico $\mathbf{DM_i}$ de um estado **s** são elementos do conjunto $\mathbf{R_i(s)}$, isto é, $\mathbf{R_i(s) = \{ t \in S: (s,t) \in A_i\}}$. Então, $\mathbf{R_i(s)}$ é o conjunto de estados atingíveis para $\mathbf{DM_i}$ quando o estado atual é **s**. Como um $\mathbf{DM_i}$ em um estado **s** pode sempre escolher não mudar sua ação, é sempre verdade que $\mathbf{s \in R_i(s)}$, $\forall_i \in \mathbf{N}$ e $\forall_i \in \mathbf{S}$.
- **Coleção de Grafos**: A coleção de grafos dirigidos $\mathbf{D_i = (S, A_i)}$, $\mathbf{i \in N}$, é usada para modelar um conflito em curso. Os vértices de cada um desses grafos, como já dito, são os possíveis estados dos conflitos e, portanto, **S** é comum a todos os grafos (KILGOUR, *et al.* 2012).

A análise dos possíveis movimentos controlados pelos DMs no desenvolvimento do conflito e o cálculo das possibilidades de resolução do conflito é o papel da analise de estabilidade (SANTOS, 2014).

3.2 Conceitos de solução do Modelo dos Grafos

De acordo com Fang *et al.* (1993), a análise de estabilidade de um conflito é realizada por determinação da estabilidade de cada estado para cada tomador de decisão ou jogador. Um estado é estável para um jogador se o jogador não tem incentivo para sair do mesmo unilateralmente, de acordo com a definição de estabilidade particular. Um estado esta em equilíbrio se todos os jogadores no conflito são estáveis, um equilíbrio constitui uma possível resolução do conflito.

A notação de melhorias unilaterais é extremamente importante entender a possível ação dos jogadores envolvidos no conflito. Para Fang *et al.* (1993) uma melhoria unilateral de um estado particular para um jogador específico é um estado preferido para esse jogador para que ele ou ela pode unilateralmente se mover. Para representar melhoria unilateral, a matriz de acessibilidade de cada jogador $\mathbf{R_i}$ pode ser substituída por $\mathbf{R_i^+}$ e definido por

$$\mathbf{R_i^+(k,q)} = \begin{cases} 1 & \text{Se } R_i^+(k,q) = 1 \text{ e } P_i(q) > P_i(k) \\ 0 & \text{Caso contrário} \end{cases} \qquad (1)$$

Para ilustrar os conceitos de solução do GMCR que podem ser empregados para dois jogadores, Fang *et al.* (1993) descreve metodologias dentro da estrutura do Modelo dos Grafos para Resolução de Conflitos: Estabilidade de Nash, Metaracionalidade Geral, Metaracionalidade Simétrica oriundos da teoria dos metajogos, Estabilidade Sequencial, Estabilidade de Movimento Limitado, Estabilidade Não-Míope e Equilíbrio de Stackelberg. Abaixo segue a definição de cada método:

- **Estabilidade de Nash:** Definido por Nash (1951), no GMCR um estado ser Nash estável significa que nenhum dos DMs se moveria para um estado que é melhor que o equilíbrio.
- **Metaracionalidade Geral:** Conceito criado por Howard (1971), no GMCR um estado ser metaracional estável significa que mesmo que um DM possa se mover para um estado preferido ao do equilíbrio, deve haver um movimento de resposta do outro DM que levaria o conflito para um estado pior que o equilíbrio para o primeiro DM.
- **Metaracionalidade Simétrica:** Criado por Howard (1971) no GMCR um estado ser metaracional estável significa que mesmo que um DM possa se mover para um estado preferido ao do equilíbrio deve haver um movimento de resposta do outro DM que levaria o conflito para um estado pior que o equilíbrio para o primeiro DM, e, além disso, o primeiro DM não pode se mover desse último estado para outro preferido pelo mesmo no equilíbrio.
- **Estabilidade Sequencial:** Definido por Fraser & Hipel (1984) no GMCR um estado ser metaracional estável significa que mesmo que um DM possa se mover para um estado preferido ao do equilíbrio deve haver um movimento de resposta do outro DM que levaria o conflito para um estado pior que o equilíbrio para o primeiro DM, e, além disso, o movimento de resposta não é prejudicial para o segundo DM.
- **Estabilidade de Movimento Limitado**: Criado por Kilgour (1985) introduz o método de previsão para utilização na análise de estabilidade de um jogo. Supõe-se no método de antecipação que um jogador racional "irá escolher a alternativa que produz o estado antecipado preferido". Esta suposição liga o jogo atual com a análise de estabilidade do modelo (FANG *et al.*, 1993).
- **Estabilidade Não-Míope:** Brams & Wittman's (1981) assume que os jogadores podem olhar para frente e antecipar onde o processo pode acabar, se eles estão autorizados a fazer vários movimentos sequenciais e as reações de partida para qualquer posição *status quo*. Kilgour (1984) ampliou essa ideia, dotando os jogadores com clarividência suficiente para imaginar o estado de sequências de movimento-contra movimento arbitrariamente longas em quaisquer jogos 2x2. Se

todas as sequências suficientemente longas têm o mesmo estado, então o resultado de uma partida pelo jogador "previdente" é determinado. O *status quo* é estável quando o jogador previdente escolhe não se afastar unilateralmente a partir dele. A Estabilidade Não-Míope é, portanto, o caso limite de estabilidade em movimento limitado quando o horizonte h aumenta sem limite (FANG, *et al.*,1993).

- **Equilíbrio de Stackelberg**: A definição original de Von Stackelberg (1934) esta no contexto de conflitos ordinais estritos para dois jogadores em forma normal. Um estado esta em equilíbrio, se todos os jogadores encontrá-lo estável. A maioria das definições que aparecem na literatura é simétrica no sentido de que os papéis dos jogadores são simétricos, o que, quer dizer, a definição de estabilidade de cada jogador é a mesma. Pode muito bem ser apropriado usar modelo de equilíbrio assimétrica se, dissermos, que um dos jogadores tem a capacidade de forçar a sua decisão sobre o outro. De acordo com Von Stackelberg (1934), o jogador que ocupa a posição poderosa é chamado líder, e o outro jogador, que reage à decisão do líder, é chamado de seguidor (FANG, *et al.*, 1993).

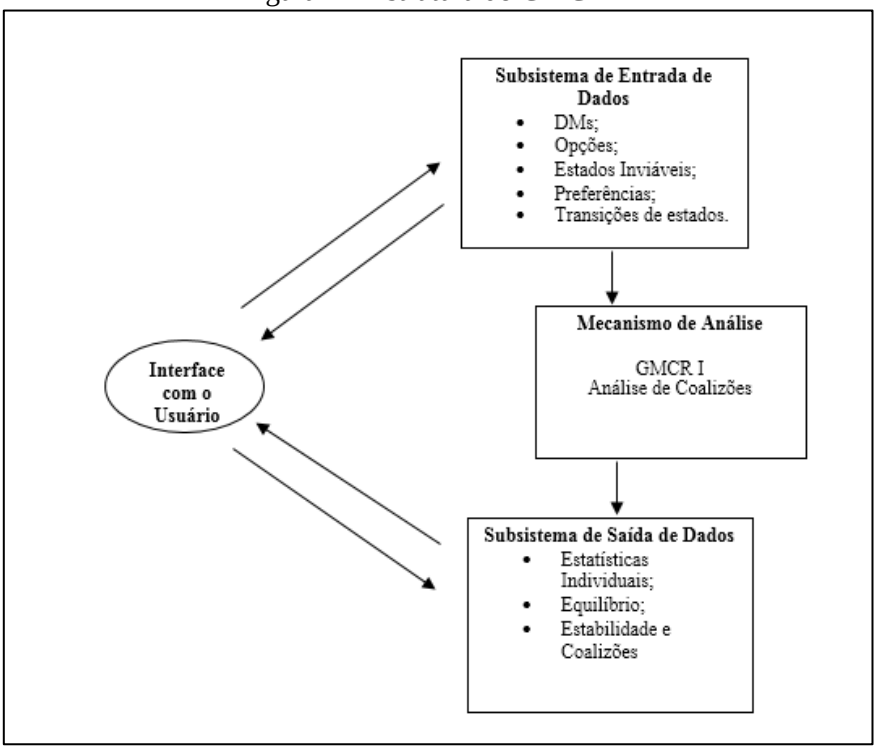
3.3 O sistema de suporte à decisão GMCR II

O sistema de suporte à decisão GMCR II é um sistema de preparação de negociação que adapta o modelo de grafos para resolução de conflitos para a modelagem e análise dos conflitos do mundo real em campos tão diversos como os recursos hídricos, comércio internacional, política e ciência militar. O GMCR II implanta o modelo de grafos, uma estrutura matemática para a modelagem eficiente, sistemática e análise de conflitos estratégicos envolvendo dois ou mais tomadores de decisão, cada um deles pode ter vários objetivos (HIPEL, *et al.*, 2008).

A teoria e prática desta abordagem única e abrangente para análise de decisão é apresentado em Fang *et al.* (1993) e mais publicações recentes (ver, por exemplo, Kilgour *et al.* (2001)). Outros artigos descrevem características-chave do GMCR II (Hipel *et al.*, 1997;. Fang *et al.*, 2003a, b.) e demonstrar a sua aplicação a uma variedade de conflitos de recursos hídricos, incluindo a qualidade da água, a irrigação, a exportação de água a granel, e disputas e contaminação de aquíferos (HIPEL, *et al.*, 2008).

O sistema de suporte à decisão GMCR II é a próxima geração a implantar o modelo de grafos para a resolução de conflitos e foi desenvolvido para trabalhar dentro de um ambiente Windows. A estrutura GMCR pode ser vista abaixo:

Figura 1 – Estrutura do GMCR II



Fonte: Hipel *et al*., (2008)

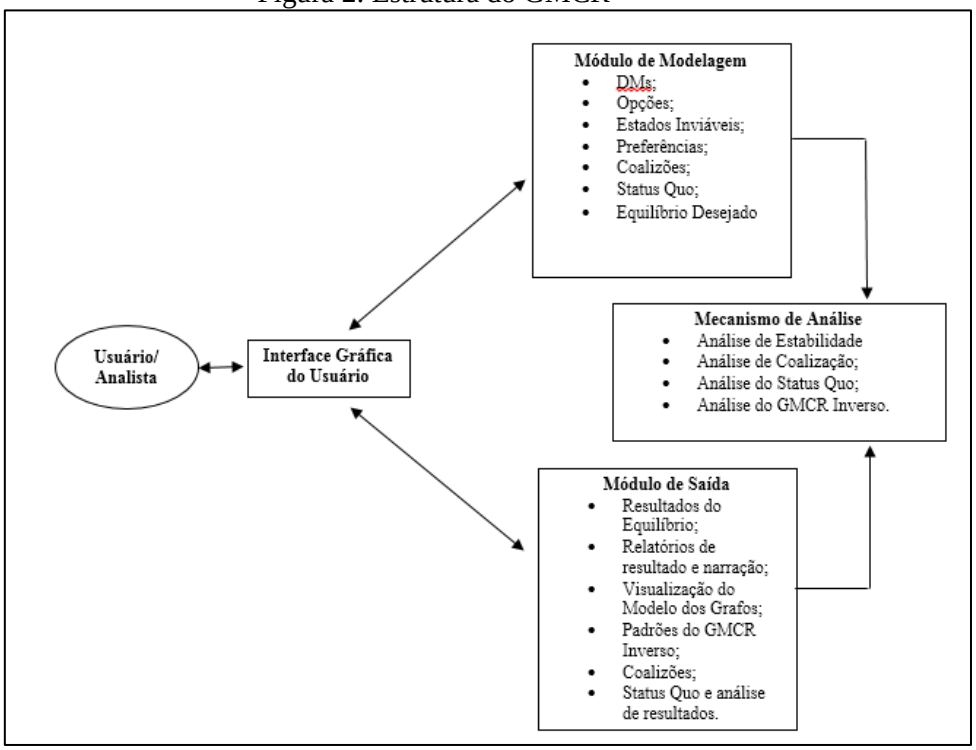
3.4 O GMCR inverso e o Sistema de Suporte à Decisão GMCR+

Os modelos disponíveis, incluindo a GMCR padrão, apenas preveem os resultados prováveis do conflito. As muitas extensões de GMCR desenvolvidos ao longo dos anos têm como objetivo melhorar a forma como GMCR prevê esses resultados. Outra desvantagem do GMCR padrão é a dificuldade e subjetividade de obter rankings de preferência para DMs no conflito. Hipel (2011) afirma que "o obstáculo mais difícil de superar na calibração de um modelo de decisão é a obtenção de informações de preferência precisas". Mais de 75 GMCR extensões foram desenvolvidas para enriquecer o procedimento preferência classificação, tais como força de preferência (Hamouda *et al*., 2004, 2006), incerteza de preferência (Li *et al*., 2004a), e preferências *fuzzy* (Bashar *et al.*, 2012; Hipel *et al*, 2011).

A fim de resolver as deficiências acima mencionadas, o GMCR Inverso foi desenvolvido. A principal característica desta metodologia é que ele não requer informações de preferência para modelar o conflito. Esta metodologia pode ser utilizada de muitas maneiras diferentes. Por exemplo, um mediador pode usá-la para entender como influenciar um ou mais dos jogadores em um conflito. Por outro lado, um dos jogadores pode utilizá-la como vantagem, a partir da compreensão de como os concorrentes poderiam se comportar, a fim de alcançar uma resolução desejada (KINSARA, 2014). Para além da sua utilização como uma ferramenta de negociação, o GMCR inverso também pode determinar uma previsão mais confiável com base no mínimo de informação da classificação de preferência. Na modelagem GMCR padrão, um analista esta geralmente confiante sobre os estados mais e menos preferidos. O dilema geralmente surge com rankings de preferência entre esses dois extremos. Tendo uma metodologia tal como o GMCR Inverso permite a exploração de todos os cenários possíveis para faixas de classificação de preferência desconhecidas.

GMCR + é construído com uma estrutura humana centrada para permitir a manipulação intuitiva e interação entre os modelos de conflito. Esta estrutura garante robustez e torna mais fácil para controlar quaisquer erros à medida que cada módulo é completamente independente de outros módulos. Além disso, esta estrutura permite que o sistema seja universal e viável em qualquer plataforma (Mac, Windows ou Linux). Finalmente, o design modular do sistema GMCR + proporciona a flexibilidade de adicionar novos avanços na forma de módulos para o sistema de suporte à decisão (KINSARA, 2014). A estrutura geral de GMCR + é demonstrada na Figura 2 que se segue:

Figura 2: Estrutura do GMCR+



Fonte: Kinsara (2014)

3.5 Preferências Probabilísticas no Modelo de Grafos para Resolução de Conflitos

De acordo com Rêgo & Santos (2015), o GMCR com preferências probabilísticas envolve o mesmo conjunto de componentes do GMCR original, exceto que os tomadores de decisão são considerados tendo preferências probabilísticas dentro dos possíveis estados. Portanto, é assumido que os DMs em uma situação de conflito são capazes de indicar a probabilidade P(a,b) que eles estritamente preferem o estado a ao estado b, para todos os pares a e b envolvidos no conflito.

O GMCR contém uma sequência de possíveis ações para os DMs, chamadas de N. Portanto, cada decisor deve escolher uma ação e essa mesma afeta o estado de conflito atual. Pode-se considerar que os decisores participantes do conflito preferem estritamente um estado a outro de acordo com uma distribuição de probabilidade. Em suma, dados dois estados S_p e S_q qualquer decisor envolvido no conflito possui probabilidade P_i (S_p, S_q) que expressa a chance do estado S_p ser preferível ao estado S_q. (RÊGO; SANTOS, 2015).

Atribui-se nesse sentido que o modelo original considera que a relação de preferência de S_p a S_q é determinística, ou seja, passando para o modelo probabilístico tem-se que P_i (S_p, S_q) = 1. Qualquer outra variação desse valor transforma a relação de preferência em um conjunto de probabilidades associadas a preferências de cada decisor. Com isso, P_i (S_p, S_q) = 0,6 demonstra

uma variação na intensidade de preferência do decisor em questão e esse valor atribui uma possibilidade associada ao estado futuro.

Como Rêgo & Santos (2015) definem essa estrutura pode ser modelada de acordo com o conjunto de sistema de solução já demonstrados nesse artigo. Sendo esses, Estabilidade de Nash, Metaracionalidade Geral, Metaracionalidade Simétrica e Estabilidade Sequencial.

Os conceitos de solução definidos por Rêgo & Santos (2015) para os DMs podem ser caracterizados abaixo:

1. **Estabilidade de Nash:** A definição de estabilidade é alterada e capta a intuição que nenhum DMs pode ser afastar do equilíbrio com uma probabilidade suficientemente alta (α). Sendo assim, o estado α- Nash Estável ocorre quando não há nenhum outro estado preferível a s com probabilidade 1 – α.
2. **Metaracionalidade Geral:** Para tal definição, o decisor 1 se move a um estado preferível ao do equilíbrio com probabilidade suficientemente alta α e há um contra movimento do segundo decisor que também com probabilidade suficientemente alta β escolhe uma ação que leva a um estado pior do que o equilíbrio original, conhecido como estado estável eα, β – Metaracional Geral.
3. **Metaracionalidade Simétrica:** Nesse conjunto de solução, o decisor 1 se move a um estado preferível ao do equilíbrio com probabilidade suficientemente alta α e há um contra movimento do segundo decisor que também com probabilidade suficientemente alta β escolhe uma ação que leva a um estado pior do que o equilíbrio original e, além disso, o decisor 1 não pode mudar para o estado original, conhecido como estado estável α, β – Metaracional Simétrico.
4. **Estabilidade Sequencial:** Nessa definição de estabilidade, o decisor 1 se move a um estado preferível ao do equilíbrio com probabilidade suficientemente alta α e há um contra movimento do segundo decisor que também com probabilidade suficientemente alta β escolhe uma ação que leva a um estado pior do que o equilíbrio original e, além disso, o decisor 2 não sofre prejuízos dado esse contra movimento, conhecido como estado α, β, γ – Sequencialmente estável.

3.6 Os Métodos de Monte Carlo

De acordo com Hammersley & Handscomb (1964) métodos de Monte Carlo compreendem o ramo da matemática experimental que se preocupa com as experiências com números aleatórios. Foram encontrados usos extensivos nas áreas de pesquisa operacional e física nuclear, onde há uma variedade de problemas para além dos recursos disponíveis de matemática teórica.

Problemas tratados por métodos de Monte Carlo são de dois tipos chamados probabilísticos ou determinísticos de acordo com se eles estão ou não diretamente preocupados com o comportamento e os resultados do processo aleatório. No caso de problema probabilístico, a mais simples abordagem de Monte Carlo é observar números aleatórios, escolhidas de tal maneira que eles simulam diretamente o processo aleatório físico do problema original, e para se inferir o desejo de solução do comportamento destes números aleatórios (HAMMERSLEY; HANDSCOMB, 1964).

O método de monte Carlo foi utilizado para determinar aleatoriamente os resultados a partir de preferências parciais pré-definidas para os jogadores envolvidos. Por exemplo, dado que o conflito possua dois jogadores tais como a "batalha dos sexos" pode ser definida uma preferência diferente para cada jogador, tais como: **α** e **β** e, em que haverá uma variação dos mesmos. Portanto, serão admitidos diferentes cenários pelas variações de **α** e **β**.

Novos cenários são criados a partir do relaxamento das preferências dos decisores. Cada cenário permite a análise de como o jogador irá se mover no jogo de acordo com a intensidade de preferência. Assim, os estados estáveis e a resolução de compromisso irão variar dependendo da combinação da intensidade de preferência dos decisores. Este novo equilíbrio será determinado

pelos softwares GMCR II e GMCR+ com os números aleatórios obtidos pelo Método de Monte Carlo para intensidades probabilísticas diferentes.

Esses cenários podem ser mostrados na Tabela 1, que mostra o que os possíveis resultados do jogo quando as preferências dos jogadores não são estritas. Nesta tabela, **α** representa a preferência do jogador 1 e um **β** é da preferência do jogador 2. A combinação de ambas as preferências jogador é inserida no método de Monte Carlo e os resultados aleatórios das ações são obtidos. Estes resultados são introduzidos no GMCR II e GMCR + para determinar as resoluções de compromisso para diferentes cenários, utilizando os conceitos de solução do modelo de grafos.

Tabela 1: Quadro de preferências probabilísticas

Cenário	Preferências dos jogadores (α e β)	Opções	Resultados obtidos pelo método de Monte Carlo
1° Cenário	α = 0,85 e β = 0,2	Futebol	Y e N
2° Cenário	α = 0,15 e β = 0,8	Opera	N e Y
3° Cenário	α = 0,9 e β = 0,3	Futebol	Y e Y
4° Cenário	α = 0,1 e β = 0,7	Opera	N e N

Fonte: Esta pesquisa (2017)

4 O GMCR COM LIMIARES DE PREFERÊNCIA PROBABILISTICA RANDOMIZADOS PELO MÉTODO DE MONTE CARLO.

A metodologia define a forma como a pesquisa é executada, ou seja, essa evidencia o procedimento ou a técnica com que os objetivos propostos serão alcançados. Nela são apresentadas todas as informações relevantes na operacionalidade do estudo, tais como: o tipo de pesquisa empregada, as fontes consultadas, a coleta de dados, o método proposto e a maneira como as informações obtidas serão tratadas e analisadas (GIL, 2002).

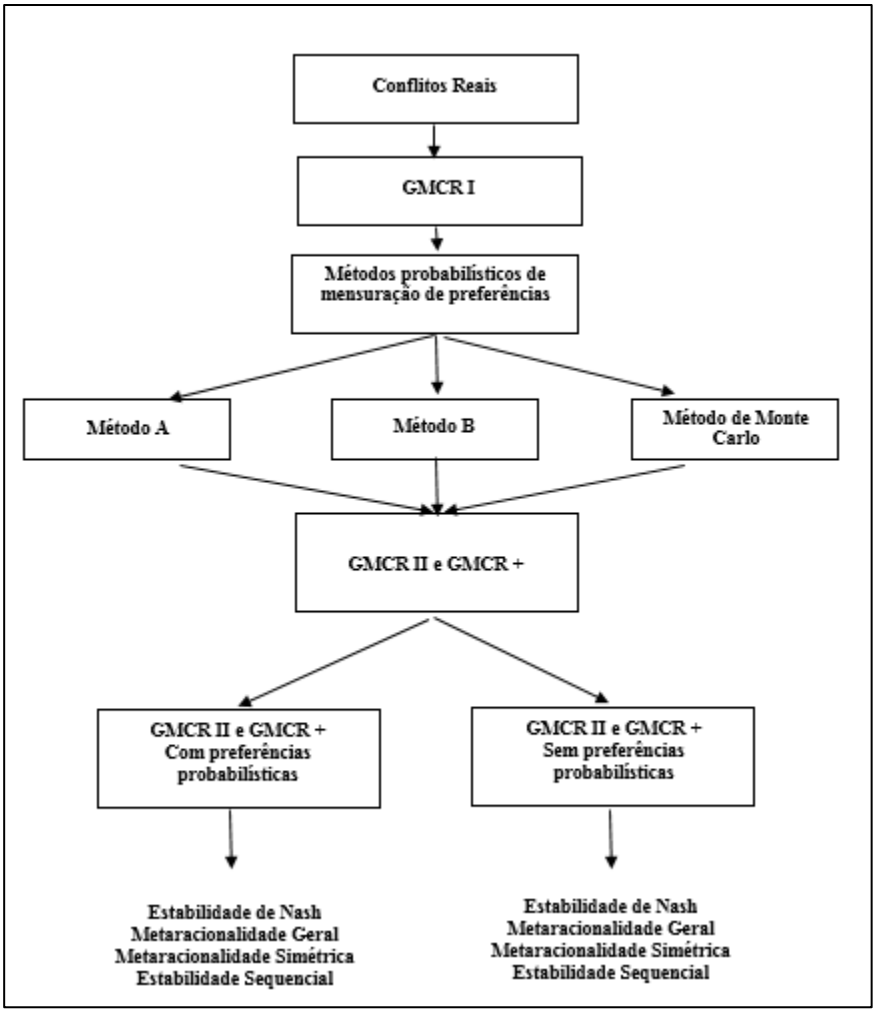
Os métodos apresentados nesse artigo são encontrados na Pesquisa Operacional e de acordo com Winston (1994) a solução de problemas nessa área pode ser encontrada seguindo sete etapas: (1) Formule o problema, (2) Observe o sistema, (3) Formule o modelo matemático para o problema, (4) Verifique o modelo e o use para predições, (5) Selecione uma alternativa de solução (6) Apresente os resultados, e (7) Implante e avalie as recomendações.

Esse artigo tem caráter exploratório com o uso da literatura e foi estruturado a partir das às seguintes etapas:

- **1° Etapa:** Definição do modelo conceitual do Método dos Grafos para Resolução de Conflitos bem como a análise dos resultados utilizando os conceitos de solução defendidos pela literatura;
- **2° Etapa:** Utilização dos conceitos estabelecidos por Rêgo & Santos (2015) com a introdução de preferências probabilísticas para averiguar as diferenças e semelhanças com GMCR original (determinístico) e probabilístico;
- **3° Etapa:** Utilização do Método de monte Carlo para determinar as preferências α, β e γ defendidas no modelo probabilístico;
- **4° Etapa:** Averiguar se a definição randomizada estabelecida por esse artigo difere da atribuída defendida por Rêgo & Santos (2015).
-

A estrutura lógica dessa pesquisa pode ser visualizada abaixo:

Figura 3: Quadro Metodológico



Fonte: Esta pesquisa (2017)

REFERÊNCIAS

BASHAR, M. A.; KILGOUR, D. M.; HIPEL, K. W. **Fuzzy preferences in the graph model for conflict resolution.** Fuzzy Systems, IEEE Transactions on, 20(4):760–770,2012.

BEN-HAIM, Y.; HIPEL, K.W. **The graph model for conflict resolution with information-gap uncertainty in preferences**. Appl. Math. Computation., 126(2-3):319–340, 2002.

BRAMS, S. J.; WITTMAN, D. "**Nonmyopic equilibria in 2×2 games**." Conflict Management and Peace Science v. 6.1 p. 39-62, 1981.

FANG, L.; HIPEL, K.W.; KILGOUR, D.M. **Interactive Decision Making: The Graph Model for Conflict Resolution.** Wiley, New York, 1993.

FANG, L., HIPEL, K. W., KILGOUR, D. M., PENG, X. **A decision support system for interactive decision making. Part 1: Model formulation**. IEEE Trans. Syst. Man Cybern., Part C Appl. Rev., SMC- v.33(1), p. 42–55, 2003a.

FANG, L., HIPEL, K. W., KILGOUR, D. M., PENG, X.. **A decision support system for interactive decision making. Part 2: Analysis and output interpretation**. IEEE Trans. Syst. Man Cybern., Part C Appl. *Rev.*, SMC- v. 33(1), p. 56–66, 2003b.
FRASER, N; HIPEL, K.W. **Conflicts Analysis: Models and Resolutions**. North-Holland, New York, 1984.

GIBBONS, R. **Game Theory for Applied Economists**. Princeton University Press, New Jersey, 1992.
GIL, A.C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª.Ed. São Paulo, Atlas, 2002.
HAMMERSLEY, J.M.; HANDSCOMB, D.C. **Monte Carlo Methods.** 1° Ed. New York, 1964.
HAMOUDA, L.; KILGOUR, D.M.; HIPEL, K.W. **Strength of preferences in the graph models for conflict resolution**. Group Decision and Negotiation, 13:449–462, 2004.
HAMOUDA, L.; KILGOUR, D. M.;HIPEL, K. W. **Strength of preference in graph models for multiple-decision-maker conflicts.** Applied mathematics and computation, 179(1):314–327, 2006.
HIPEL,K.W.; KILGOUR, D.M.; FANG, L.; PENG, J. **The decision support system GMCR in environmental conflict management**. Applied Mathematics and Computation v. 83 (2&3), p. 117–152, 1997.
HIPEL, K.W.;KILGOUR,D.M.; FANG, L. **Decision Support System in Water Resources and Environmental Management.** Journal of Hydrologic Engineering, 2008.
HIPEL, K. W. **A systems engineering approach to conflict resolution in command and control**. International C2 Journal, 5(1), 2011.
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, 2012.159 http://www.eolss.net/Sample-Chapters/C14/E1-40-04-01.pdf (last accessed on 10/08/2016).
HOWARD, N. Paradoxes of Rationality: **Theory of Metagames and Political Behavior**. MIT press, Cambridge, Massachusetts, 1971.
INOHARA, T.; HIPEL, K.W. **Coalition analysis in the graph model for conflict resolution.** Systems Engineering, 11(4):343–359, 2008.
JACKSON, M.O.; WOLINSKY. J. **A strategic model of social and economic networks**. Journal of Economic Theory, 71(1):44–74, 1996.
KILGOUR, D.M. "**Anticipation and stability in two-person noncooperative games**." Dynamic models of international conflict p. 26-51, 1985.
KILGOUR, D.M.; HIPEL, K.W; FANG, L. The **graph model for conflicts**. Automatica, 23(1):41–55, 1987.
KILGOUR, D.M.; HIPEL, K.W. **The graph model for conflict resolution: past, present, and future.** Group Decision and Negotiation, 14(6):441–460, 2005.
KILGOUR, D.M.; HIPEL,L.W. Handbook of **Group Decision and Negotiation, Chapter Conflict Analysis Methods: The Graph Model for Conflict Resolution**. Pages 203-222. Advances in Group Decision and Negotiation 4. Springer, 2010.
KINSARA, R.A.A. **Negotiation support system with third party intervention.** Thesis. Systems design Engineering, PhD. Waterloo University, Ontario, Canada, 2014.
LI, K.W.; HIPEL, K.W.; KILGOUR, D.M.; FANG, L. **Stability definitions for 2-player conflict models with uncertain preferences.** IEEE Int. Conf. Syst. Man Cybern., 7:13–18, 2002.
LI, K.W.; HIPEL, K.W.; KILGOUR, D.M.; FANG, L. **Preference uncertainty in the graph model for conflict resolution**. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics- Part A: Systems and Humans, 34(4):507–520, 2004.
LUCE, R.D. **A probabilistic theory of utility**. Econometrica, 26(2):193–224, 1958.
MYERSON, R.B. **Game Theory: Analysis of Conflict.** Harvard University Press, 1997.
NASH, J. **Non-cooperative games**. Annals of Mathematics, 54:286–295, 1951.
NEUMANN, J. V. Die **Zerlegung eines Intervalles in abzählbar viele kongruente Teilmengen**. Fundamenta Mathematicae, v. 11, n. 1, p. 230-238, 1928.

NEUMANN, J. V.; MORGENSTERN, O. **Theory of Games and Economic Behavior**, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1944.
NEUMANN, J. V.; MORGENSTERN, O. **Theory of Games and Economic Behavior**. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1953.
NEWMAN, M.E. **Scientific collaboration networks**. ii. shortest paths, weighted networks, and centrality. Physical Review E, 64(1):016132, 2001.
NEWMAN, M.E. Who **is the best connected scientist? a study of scientific coauthorship networks.** In Complex Networks, Lecture Notes in Physics, pages 337– 370. Springer, Berlim, 2004.
OSBORNE, M. J. **A course in Game Theory.** MIT Press, Cambridge, 1994.
SANTOS, A. M. **Aplicação do Modelo de Grafos na Análise das Redes Sociais**. Tese. Doutora em Estatística. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2014.
SANTOS, A.M., RÊGO, L.C**. Graph Model for conflict resolution with upper and lower probabilistic preferences.** Group Decision and Negotiation. Proceedings of the joint international conference of the INFORMS GDN Sections and the EURO Working Groups on DSS, 2014.
SANTOS, A.M., RÊGO, L.C**. Probabilistic Preferences in a Graph Model for Conflict Resolution.** IEEE Transactions on Systems, man, and cybernetics: Systems, vol. 45. N. 45, 2015.
STACKELBERG, V., Heinrich. **Marktform und gleichgewicht**. J. Springer, 1934.
WINSTON, W.L. **Operations Research, Applications and Algorithm**. 3rd Ed.. Belmont (CA): Duxburry Press, 1994.