



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE - CAMPUS ARARANGUÁ
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

Carlos Eduardo Antônio Ferreira

**Uma Base de Conhecimento contendo Esquemas de Argumentação para
Sistemas Multiagentes**

Araranguá
2022

Carlos Eduardo Antônio Ferreira

**Uma Base de Conhecimento contendo Esquemas de Argumentação para
Sistemas Multiagentes**

Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Computação do Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde - Campus Araranguá da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Prof. Alison R. Panisson, Dr.

Araranguá

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Ferreira, Carlos Eduardo Antônio
Uma Base de Conhecimento contendo Esquemas de
Argumentação para Sistemas Multiagentes / Carlos Eduardo
Antônio Ferreira ; orientador, Alison Roberto Panisson,
2022.
23 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá,
Graduação em Engenharia de Computação, Araranguá, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia de Computação. 2. Inteligência Artificial.
3. Sistemas Multiagentes. 4. Esquemas de Argumentação. 5.
Base de Conhecimento. I. Panisson, Alison Roberto. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia de Computação. III. Título.

Carlos Eduardo Antônio Ferreira

**Uma Base de Conhecimento contendo Esquemas de Argumentação para
Sistemas Multiagentes**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia de Computação” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia de Computação.

Araranguá, 26 de Outubro de 2022.

Profa. Analúcia Schiaffino Morales, Dra.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Alison R. Panisson, Dr.
Orientador

Profa. Analúcia Schiaffino Morales, Dra.
Avaliadora
Instituição UFSC

Prof. Jim Lau, Dr.
Avaliador
Instituição UFSC

Uma Base de Conhecimento Contendo Esquemas de Argumentação para Sistemas Multiagentes

Carlos Eduardo Antônio Ferreira*

Alison R. Panisson†

2022, October

Resumo

A argumentação constitui-se em um dos componentes mais relevantes da inteligência humana, e conseqüentemente tem desempenhado um papel significativo na comunidade de Inteligência Artificial, onde muitos pesquisadores estudam como esse comportamento inteligente pode ser reproduzido por programas de computador. Esse trabalho segue similar direções, onde desenvolvemos uma base de conhecimento que permite agentes inteligentes não apenas raciocinar e se comunicar entre si, mas também com humanos, utilizando argumentos. A comunicação com seres humano resulta da abordagem aqui proposta utilizando *templates* de tradução modelados juntamente com cada esquema de argumentação, os quais permitem os agentes traduzirem argumentos de linguagem computacional para uma representação de argumentos em linguagem natural. A fim de ilustrar a abordagem desenvolvida, é apresentado um cenário em que um agente raciocina sobre a ocorrência de um crime, no domínio do direito. O agente inteligente infere, de acordo com os esquemas de argumentação e fatos que lhe são disponibilizados, se o réu cometeu ou não o crime dolosamente. Ao final do processo, o agente explica a conclusão alcançada utilizando linguagem natural.

Palavras-chaves: Inteligência Artificial. Sistemas Multiagentes. Esquemas de Argumentação. Base de Conhecimento.

* carlos.ceaf08@gmail.com

† alison.panisson@ufsc.br

A Knowledge Base Containing Argumentation Schemes for Multi-Agent Systems

Carlos Eduardo Antônio Ferreira*

Alison R. Panisson†

2022, October

Abstract

Argumentation constitutes one of the most relevant components of human intelligence, and consequently has played a significant role in the Artificial Intelligence community, where many researchers study how this intelligent behavior can be reproduced by computer programs. This work follows similar directions, where we developed a knowledge base that allows intelligent agents not only to reason and communicate with each other, but also with humans, using arguments. Communication with human beings results from the approach proposed here using translation *templates* modeled together with each argumentation scheme, which allow agents to translate computational language arguments into a natural language representation of arguments. In order to illustrate the approach developed, a scenario is presented in which an agent reasons about the occurrence of a crime, in the law domain. The intelligent agent infers, according to the argumentation schemes and facts available to him, whether the defendant intentionally committed the crime or not. At the end of the process, the agent explains the conclusion reached using natural language.

Key-words: Artificial Intelligence. Multi-Agent Systems. Argumentation Schemes. Knowledge Base.

1 Introdução

A explicabilidade é apontada como uma característica essencial em aplicações de Inteligência Artificial (IA), pois fornece aos usuários as informações necessárias para que eles realmente compreendam, confiem e gerenciem essas aplicações (GUNNING et al., 2019). A necessidade de explicar decisões de sistemas é discutida desde a década de 1970, começando com o desenvolvimento de sistemas especialistas e a necessidade desses explicarem suas decisões (AKATA et al., 2020).

*carlos.ceaf08@gmail.com

†alison.panisson@ufsc.br

Assim, a explicabilidade é imprescindível para todos os sujeitos envolvidos com uma determinada aplicação de IA. Quando a IA recomenda uma decisão, os tomadores de decisão precisam entender os motivos da respectiva recomendação. Por exemplo, antes de aceitar um relatório de diagnóstico gerado por uma IA, o médico precisa compreender quais as características patológicas do paciente direcionaram o algoritmo. Da mesma forma, um engenheiro químico de processos também precisa compreender quais informações coletadas do chão de fábrica foram levadas em consideração para recomendar a abertura ou fechamento de válvulas em um forno de pirólise. Se a IA toma suas próprias decisões, como vender ações, gerar uma multa de trânsito ou avaliar um funcionário, por exemplo, as pessoas diretamente afetadas por essas aplicações também precisam ser capazes de entender os motivos envolvidos. Ademais, até mesmo os desenvolvedores podem ser beneficiados pela explicabilidade em aplicações de IA, já que a característica pode auxiliar na identificação de vieses em dados, por exemplo, facilitando a correção de inconsistências nos modelos e o aprimoramento das aplicações (XU et al., 2019).

Nesse contexto, a explicabilidade torna-se uma característica essencial também em Sistemas Multiagentes (SMA) (WOOLDRIDGE, 2009), que podem ser definidos como um conjunto de entidades autônomas inteligentes situadas em um ambiente (WOOLDRIDGE, 2009). Esse paradigma de inteligência artificial distribuída possibilita agregar diferentes técnicas de IA e, conseqüentemente, vem se tornando bastante popular. Além disso, SMA atendem naturalmente à demanda atual de projetar e implementar sistemas inteligentes distribuídos, como casas inteligentes, cidades inteligentes e assistentes pessoais, por exemplo, facilitando também a integração entre esses sistemas. Portanto, SMA podem ser considerados um dos paradigmas mais poderosos para a implementação de sistemas distribuídos complexos alimentados por técnicas de IA, como por exemplo técnicas de aprendizagem de reforço utilizadas para otimizar a distribuição de tarefas no contexto da computação de borda móvel (LIU et al., 2020).

Um dos aspectos mais importantes dos SMA é a comunicação, sendo abordagens baseadas em argumentação uma das formas de comunicação mais ricas nesse paradigma. Na comunicação *agent-to-agent*, as abordagens baseadas em argumentação fornecem meios para que os agentes comuniquem argumentos que apoiam seus posicionamentos em diálogos. Normalmente, em aplicações que utilizam essa técnica de comunicação, argumentos são construídos a partir de padrões de raciocínio chamados esquemas de argumentação (WALTON; REED; MACAGNO, 2008), os quais representam os padrões de raciocínio disponíveis para agentes naquele domínio de aplicação em particular (PANISSON; MCBURNEY; BORDINI, 2021). Argumentos considerados *aceitáveis* resultam de um processo de raciocínio elegante para construir e avaliar argumentos, que considera argumentos que muitas vezes são conflitantes entre si (MAUDET; PARSONS; RAHWAN, 2006). Além disso, devido à sua representação e estrutura semântica, os argumentos podem ser facilmente utilizados no contexto da IA explicável (GUNNING et al., 2019), em que os agentes podem explicar suas conclusões e tomadas de decisão para usuários humanos utilizando uma representação de argumentos em linguagem natural (PANISSON; ENGELMANN; BORDINI, 2021).

Recentemente, abordagens práticas que aplicam argumentação em SMA sugerem que os esquemas de argumentação são um componente central para abordagens de raciocínio e comunicação baseadas em argumentação (PANISSON; MCBURNEY; BORDINI, 2021). Uma das razões pelas quais eles são considerados um componente central é porque muitos *frameworks* baseados em argumentação, como o de Panisson, McBurney e Bordini (2021), permitem automaticamente que os agentes raciocinem e comuniquem argumentos quando esquemas de argumentação são disponibilizados para eles. Outra razão é que os

esquemas de argumentação possibilitam abordagens de explicabilidade em SMA (PANISSON; ENGELMANN; BORDINI, 2021), em que os agentes podem traduzir argumentos de uma representação computacional para uma linguagem natural utilizando *templates* de linguagem natural para esquemas de argumentação.

Assim, considerando esses trabalhos práticos que utilizam esquemas de argumentação como componente central em seus *frameworks*, possibilitar a argumentação e explicabilidade em SMA torna-se dependente de uma base de conhecimento contendo esquemas de argumentação. Dessa forma, neste trabalho foi proposta uma base de conhecimento estruturada de esquemas de argumentação para SMA. Na base proposta, não apenas representamos cada esquema de argumentação em uma representação legível pelo agente, mas também fornecemos *templates* de linguagem natural associados a cada esquema, permitindo que os agentes traduzam argumentos computacionais para argumentos em linguagem natural. Consequentemente, os agentes podem utilizar argumentos em linguagem natural para explicar seu raciocínio e tomada de decisão para usuários humanos. Os esquemas de argumentação modelados são organizados por módulos na base de conhecimento proposta de forma que ao desenvolver um sistema multiagente, eles podem ser importados individualmente, ou agrupados por domínio, de acordo com a necessidade da aplicação.

O presente trabalho está estruturado em 6 seções. A Seção 2, denominada *background*, resgata conceitos cruciais para a efetiva compreensão deste trabalho. Posteriormente, na Seção 3, é apresentada a abordagem de explicabilidade proposta neste estudo. A Seção 4, por sua vez, traz os resultados e discussão, detalhando o estado atual da base de conhecimento modelada, bem como demonstrando um estudo de caso para exemplificar sua aplicabilidade. Por fim, na Seção 5 são apresentados os trabalhos relacionados, seguido das conclusões e trabalhos futuros na Seção 6.

2 Background

Esta seção apresenta de forma sucinta os principais conceitos e tecnologias envolvidos no desenvolvimento deste trabalho, conceituando SMA, Esquemas de Argumentação e Linguagens de Programação Orientada a Agentes.

2.1 Sistemas Multiagentes (SMA)

Os SMA podem ser compostos por inúmeros agentes autônomos que operam no sistema de forma assíncrona e possuem a capacidade de interagir um com os outros. Possui grande potencial para a resolução de problemas complexos, baseando-se na técnica de dividir para conquistar. Em razão disso, são amplamente utilizados em áreas em que a computação distribuída e o controle predominam na construção de sistemas robustos, flexíveis e extensíveis (MCARTHUR et al., 2007; METZGER; POLAKOW, 2011).

Os agentes que compõem um SMA são sociáveis e podem tomar decisões comunicando, negociando, bem como colaborando com seu ambiente e outros agentes (KANTAMENI et al., 2015). Eles podem ser unidades de *hardware* ou *software* com alto nível de abstração, ocupando um determinado ambiente, coletando dados e atuando para alterar o estado desse ambiente (LATARE; BHAT; SRIVASTAVA, 2017). Ademais, técnicas de IA podem ser implementadas dentro dos agentes para fornecê-los uma melhor capacidade computacional, bem como aprimorar sua tomada de decisão. Cada agente pode ser heterogêneo ou homogêneo com base no fato de serem distintos ou iguais em relação a seus

objetivos, ações, conhecimento de domínio, entradas de sensores e saídas (MCARTHUR et al., 2007).

2.2 Linguagem de Programação Orientada a Agentes

Conforme Bordini et al. (2009), existem muitas linguagens e plataformas de programação orientadas a agentes, como Jason, Jadex, Jack, AgentFactory, 2APL, GOAL, Golog e MetateM. Essas linguagens diferem na arquitetura de agentes utilizada, na forma de comunicação/interação entre eles, bem como nos paradigmas de programação que inspiram ou fundamentam cada linguagem (PANISSON, 2019).

Dentre as plataformas supracitadas está o Jason, baseada na linguagem AgentSpeak(L) (BORDINI; HÜBNER; WOOLDRIDGE, 2007). Apresentada inicialmente por Rao (1996), a linguagem AgentSpeak(L) foi projetada para a programação de agentes BDI na forma de sistemas de planejamento reativos. Por ser baseada na arquitetura BDI, quando a linguagem AgentSpeak(L) é utilizada para modelar um agente, este possui um conjunto de crenças (*beliefs*), desejos (*desires*) e intenções (*intentions*). Nesse contexto, Bordini, Hübner e Wooldridge (2007) estabelecem a seguinte distinção entre as definições de crenças, desejos e intenções:

- Crenças: Informações que o agente tem em relação ao mundo;
- Desejos: conjunto de ações que o agente gostaria de realizar;
- Intenções: conjunto de ações que o agente se compromete em realizar.

Um conceito também importante no desenvolvimento de SMA utilizando AgentSpeak(L) é o de plano. Conforme Bordini, Hübner e Wooldridge (2007), um plano em AgentSpeak possui três partes distintas: o evento desencadeador, o contexto e o corpo. Juntos, o evento desencadeador e o contexto são chamados de cabeça do plano. As três partes do plano são separadas sintaticamente por ‘:’ e ‘<-’ da seguinte forma:

```
evento_desencadeador : contexto <- corpo.
```

O evento desencadeador do plano existe para informar ao agente quais são os eventos específicos para os quais o plano deve ser usado. Assim, se um evento que ocorreu corresponde ao evento desencadeador de um plano, esse plano pode começar a ser executado, desde que algumas condições sejam satisfeitas. O contexto de um plano, por sua vez, é utilizado para verificar a situação atual, de modo a determinar se um determinado plano, entre as várias alternativas, tem probabilidade de sucesso no tratamento do evento, dadas as informações mais recentes que o agente possui sobre o seu ambiente. O contexto estabelece assim as pré-condições para que o mesmo seja executado. Assim, um plano só é escolhido para execução se o seu contexto é uma consequência lógica. Por fim, o corpo do plano é definido como uma sequência lógica que determina um curso de ação (BORDINI; HÜBNER; WOOLDRIDGE, 2007).

Como o Jason é desenvolvido em Java, há a possibilidade de personalização com extensões também desenvolvidas em Java. Assim, novos comandos podem ser adicionados à linguagem por meio de ações internas definidas pelo usuário e vários componentes do interpretador podem ser personalizados (BORDINI; HÜBNER; WOOLDRIDGE, 2007).

Nesse sentido, em trabalhos anteriores, [Panisson et al. \(2014\)](#), [Panisson e Bordini \(2016\)](#) desenvolveram um mecanismo de raciocínio baseado em argumentação integrado com o Jason, que permite a agentes inteligentes utilizar argumentação para inferir conclusões sobre informações incertas, incompletas e contraditórias, através da construção e comparação de argumentos a favor e contra tais conclusões. Todavia, apesar de [Panisson et al. \(2014\)](#), [Panisson e Bordini \(2016\)](#) terem desenvolvido essa extensão integrando a argumentação a SMA, os argumentos são comutados em uma linguagem que se aproxima mais da lógica computacional. Desse modo, a fim de possibilitar a compreensão humana e tornar a argumentação entre os agentes também uma abordagem voltada a explicabilidade, no presente trabalho buscou-se desenvolver uma base de conhecimento, contemplando não só os padrões de raciocínio, mas também seus respectivos *templates* de tradução para linguagem natural.

2.3 Esquemas de Argumentação

A análise da estrutura e dos tipos de argumentos, bem como as formas de atacá-los foi um dos ensinamentos principais dos sofistas ([SCHIAPPA, 1999](#)). Em “Tópicos”, Aristóteles analisou diferentes tipos de inferência que garantem a plausibilidade da passagem de uma ou mais premissas para uma afirmação ([KIENPOINTNER, 1987](#)).

No que tange à ciência da computação, o teórico Douglas Walton formalizou os padrões de diálogos, possibilitando a incorporação destes na comunicação entre entidades de um SMA. Walton faleceu em 4 de janeiro de 2020, tendo sido autor ou co-autor em mais de 50 livros e publicado mais de 400 artigos em revistas e artigos de conferências revisados por pares. Seu trabalho não era apenas volumoso, mas também influente, conforme seus índices de citação, um dos mais altos da comunidade ([ATKINSON et al., 2020](#)). Assim, desde 1980, Walton tem desenvolvido a abordagem baseada em esquemas de argumentação ([LUMER, 2016](#)).

Esquemas de argumentação são padrões para argumentos (ou inferências) que representam a estrutura de argumentos típicos utilizados no discurso cotidiano e em contextos particulares, como argumentação jurídica e científica ([WALTON, 2013](#); [WALTON; REED; MACAGNO, 2008](#)). Eles representam formas de argumentos que são *defeasible*¹. Isso significa que um argumento pode não ser forte por si só (ou seja, é baseado em inferências discutíveis), mas pode ser forte o suficiente para fornecer evidências que garantam a aceitação racional de sua conclusão ([TOULMIN, 1958](#)). Isso significa que as conclusões de argumentos, instanciados de esquemas de argumentação, podem ser inferidas em condições de incerteza, falta de conhecimento, etc., ou seja, o raciocinador deve manter a mente aberta para novas evidências que podem invalidar conclusões anteriores ([WALTON; REED; MACAGNO, 2008](#)). Essas circunstâncias de incerteza e falta de conhecimento, recursos ou tempo, também são características compartilhadas pela comunidade de SMA, na qual os sistemas lidam com ambientes e organizações dinâmicas ([WOOLDRIDGE, 2009](#)). Assim, tem sido defendido que os esquemas de argumentação têm uma aplicação natural em SMA ([PANISSON; MCBURNEY; BORDINI, 2021](#)).

Um exemplo clássico de esquema de argumentação apresentado por ([WALTON, 2013](#)) é o Argumento da Posição de Saber², apresentado a seguir:

¹ As vezes chamado *presuntivo*, ou *abduativo* também.

² Tradução livre do esquema de argumentação *Position to Know* ([WALTON; REED; MACAGNO, 2008](#)).

Tabela 1 – Argumento da Posição de Saber

Premissa Maior	A fonte a está em posição de saber sobre assuntos relacionados a um determinado domínio S contendo a proposição A .
Premissa Menor	a afirma que A (no domínio S) é verdadeiro (ou falso).
Conclusão	A é verdadeiro (ou falso)

Fonte: (WALTON, 2013).

Contextualizando o esquema para um diálogo, conforme exemplificado em (WALTON; REED; MACAGNO, 2008), imagine alguém perdido em uma cidade estrangeira que pergunta a um estranho onde fica o prédio X. Quem perguntou presume, talvez erroneamente, que a pessoa consultada esteja familiarizada com a cidade e, portanto, deve confiar na resposta dada.

O argumento em questão, como apresentado por Walton (2013), possui as seguintes questões críticas:

- CQ_1 : a está em posição de saber se a proposição A é verdadeira (ou falsa)?
- CQ_2 : a é uma fonte confiável?
- CQ_3 : a afirmou que A é verdadeira (ou falsa)?

As questões críticas podem ser definidas como perguntas que podem ser feitas (ou suposições que são sustentadas) pelas quais um argumento não dedutivo baseado em um esquema pode ser julgado (ou apresentado como sendo) bom ou falacioso. As questões críticas formam uma parte vital da definição de um esquema e são um dos benefícios da adoção de uma abordagem baseada em esquemas (WALTON; REED; MACAGNO, 2008)².

Muitos argumentos incluem premissas ou garantias condicionais implícitas, ligando as premissas explícitas à conclusão. Questões críticas apontadas pelo esquema de argumentação utilizado para instanciar um argumento são usadas para revelar tal informação implícita, desempenhando um papel importante no deslocamento do diálogo (ou raciocínio) para aquela informação revelada (WALTON, 2013). Conseqüentemente, para um agente racional, a aceitação da conclusão de uma instanciação de um esquema de argumentação está diretamente associada às chamadas questões críticas, que podem ser feitas antes que a conclusão de um argumento seja aceita. Juntos, o esquema de argumentação e o conjunto de correspondência de questões críticas são utilizados para avaliar um determinado argumento em um caso particular, considerando o contexto em que o argumento ocorreu (WALTON; REED; MACAGNO, 2008).

Argumentos instanciados a partir de esquemas de argumentação e devidamente avaliados por meio de suas questões críticas podem ser utilizados pelos agentes em seus processos de raciocínio e comunicação. Em ambas as situações, outros argumentos (e conflitos entre esses argumentos) também são considerados para verificar aqueles que são aceitáveis. Depois que um argumento é instanciado a partir de um esquema de argumentação e avaliado por seu conjunto de questões críticas, o processo segue o princípio estabelecido na maioria dos *frameworks* baseados em argumentação, onde argumentos a favor e contra um ponto de vista são comparados até chegar a um conjunto de argumentos aceitáveis.

O esquema de argumentação apresentado (Argumento da Posição de Saber) exemplifica alguns aspectos dos esquemas de argumentação apontados por [Walton \(2013\)](#), em que os esquemas de argumentação também têm função retórica ou persuasiva e não apenas uma função lógica. Observe que a posição/papel e confiabilidade do indivíduo de onde a informação vem tem um peso importante na avaliação de um argumento que é instanciado a partir desses esquemas. Instanciar este esquema de argumentação significa substituir as variáveis a , A e S com algumas fórmulas atômicas do domínio de aplicação.

3 Uma abordagem de Explicabilidade Baseada em Esquemas de Argumentação

Para tornar explícita a representação dos argumentos, seguiu-se [Panisson, McBurney e Bordini \(2021\)](#), utilizando uma linguagem de primeira ordem como base para a representação, visto que a maioria das linguagens de programação orientadas a agentes são baseadas em programação lógica. Utilizou-se letras maiúsculas para representar variáveis, por exemplo, Ag e R em $role(Ag, R)$ e letras minúsculas para representar termos e símbolos de predicado, como $john$, $doctor$ e $role(john, doctor)$, por exemplo. Utilizou-se “ \neg ” para representar negação forte, por exemplo, $\neg reliable(pietro)$ significa que $pietro$ não é confiável. Utilizou-se também *negation as failure* “not”, e.g., $not(reliable(pietro))$ significa que um agente não sabe se $pietro$ é confiável. Utilizou-se um predicado especial $defeasible_rule(C, [P1, \dots, Pn])$ para representar regras de inferência utilizadas para representar esquemas de argumentação, em que C será a conclusão da regra de inferência, e $[P1, \dots, Pn]$ uma lista de premissas que suportam C . Fórmulas atômicas, conjuntos de fórmulas atômicas, e regras de inferência *defeasible* podem ser anotadas com informações relevantes usadas no mecanismo de inferência. Neste trabalho, anotações são literais básicos que representam os nomes de esquemas de argumentação, por exemplo, $p_{[sn]}$ e $\{p_i \wedge \dots \wedge p_j\}_{[sn]}$ são utilizados para representar questões críticas relacionadas ao esquema de argumentação sn , e $defeasible_rule(C, [P1, \dots, Pn])_{[sn]}$ é utilizado para representar a regra de inferência *defeasible* correspondente à inferência modelada pelo esquema de argumentação sn .

Assim, o esquema de argumentação *role to know*³ pode ser representado utilizando a seguinte regra de inferência *defeasible*⁴:

```
defeasible_rule(Conclusion, [role(Agent, Role),
    role_to_know(Role, Domain), asserts(Agent, Conclusion),
    about(Conclusion, Domain)]) [as(role_to_know)]
```

Com a conclusão $Conclusion$, e premissas $role(Agent, Role)$, $role_to_know(Role, Domain)$, $asserts(Agent, Conclusion)$, $about(Conclusion, Domain)$. As questões críticas associadas são representadas da seguinte forma:

- $role_to_know(Role, Conclusion) [as(role_to_know)]$.
- $reliable(Agent) [as(role_to_know)]$.

³ Previamente apresentado em sua versão como tradução livre (Argumento da Posição de Saber).

⁴ Lembre-se de que um esquema de argumentação é um padrão de raciocínio não fundamentado.

- `asserts(Agent, Conclusion) [as(role_to_know)]`
- `role(Agent, Role) [as(role_to_know)]`.

Assim, a título de exemplo, considerando o esquema de argumentação *role to know*, imagine que um agente `ag` sabe que `john` (outro agente no sistema) está desempenhando o papel de médico — `role(john, doctor)` — dentro da organização do sistema multiagente. Além disso, `ag` sabe que os médicos sabem sobre câncer — `knows(doctor, cancer)`. Portanto, se `john` afirma que “*fumar causa câncer*” — `asserts(john, causes(smoking, cancer))`, e dado que as causas do câncer são um assunto relacionado ao câncer — `about(causes(smoking, cancer), cancer)`, `ag` é capaz de instanciar o esquema de argumentação *role to know*, que permite `ag` concluir que fumar causa câncer — `causes(smoking, cancer)`.

Observe que um agente pode instanciar diferentes argumentos, digamos $\langle S_1, c_1 \rangle_{sn}$ e $\langle S_2, c_2 \rangle_{sn}$, do mesmo esquema de argumentação `sn`. Além disso, um agente pode utilizar o mesmo esquema de argumentação para instanciar argumentos conflitantes. Seguindo nosso exemplo, imagine que outro agente também desempenhando o papel de médico, chamado `pietro`, afirma que “*fumar não causa câncer*” — `asserts(pietro, ¬causes(smoking, cancer))`. Qualquer agente ciente de ambas as afirmações, `John` e `Pietro`, é capaz de construir argumentos conflitantes para `¬causes(smoking, cancer)` e `causes(smoking, cancer)` (como veremos mais adiante, ambos se atacando). No entanto, os agentes podem questionar se `john` e `pietro` são fontes confiáveis, se eles realmente desempenham o papel `doctor`, e os demais pontos questionáveis indicados pelas questões críticas do esquema de argumentação utilizado para verificar a validade dessa conclusão particular. Por exemplo, imagine que um agente tenha a informação que “*Pietro não é uma fonte confiável*” — `¬reliable(pietro)`. Nesse caso, esse agente não é capaz de responder positivamente à questão crítica `reliable(pietro)`, assim, é racional pensar que a instância do esquema de argumentação pode não ser aceitável para esse agente; o argumento concluindo `¬causes(smoking, cancer)` pode não ser uma instância aceitável do esquema de argumentação *role to know* para um agente racional.

3.1 Esquemas de Argumentação e Explicabilidade

Esquemas de argumentação combinados com modelos de linguagem natural podem ser utilizados para traduzir argumentos de uma representação computacional para uma representação em linguagem natural, apoiando o desenvolvimento de SMA sofisticados capazes de explicar sua tomada de decisão e raciocínio (PANISSON; ENGELMANN; BORDINI, 2021). Por exemplo, o modelo de linguagem natural para o esquema de argumentação `role_to_know` é o seguinte:

```
< “<Agent> is a <Role>, and <Role>s know about <Domain>. <Agent> asserts
<Conclusion>, therefore we should believe that <Conclusion>.”.[as(role_to_know)]
```

utilizando a mesma função de unificação dos exemplos anteriores $\{\text{Agent} \mapsto \text{john}, \text{Role} \mapsto \text{doctor}, \text{Domain} \mapsto \text{cancer}, \text{Conclusion} \mapsto \text{causes(smoking, cancer)}\}$, é possível montar o seguinte argumento em linguagem natural:

```
< “john is a doctor, and doctors know about cancer. john asserts smoking causes
cancer, therefore we should believe that smoking causes cancer.”.[as(role_to_know)]
```

Nesse contexto, o plano `!translate` apresentado abaixo é utilizado para traduzir argumentos instanciados do esquema de argumentação `role_to_know` a um argumento de linguagem natural, utilizando a mesma função de unificação utilizada para instanciar o argumento que está sendo traduzido.

```

+!translate(defeasible_rule(Conclusion,[role(Agent,Role),
  role_to_know(Role,Domain), asserts(Agent,Conclusion),
  about(Conclusion,Domain)])[as(role_to_know)],TranslatedArg)
<- .concat(Agent," is a ", Role, " and ", Role, "s know about ",
  Domain". ", Agent, " asserts ",Conclusion,
  "therefore we should believe that ", Conclusion, ".", TranslatedArg).

```

Observe que uma explicação pode ser uma sequência de argumentos (também considerada como um argumento encadeado/complexo). Então um plano `!translateToNaturalLanguage`, poderia receber uma lista de um ou mais argumentos (cada um desses argumentos sendo uma instância de um esquema de argumentação). Em seguida, ele traduz cada argumento computacional para seu argumento de linguagem natural correspondente utilizando o plano `!translate`, que recupera o modelo de linguagem natural para o esquema de argumentação utilizado para instanciar esse argumento específico e retorna sua representação de linguagem natural.

Assim, quando um agente precisa comunicar uma explicação em linguagem natural, ele utiliza o plano `!translateToNaturalLanguage` que implementa como os agentes traduzem argumentos de uma representação computacional para linguagem natural, agregando esses argumentos de linguagem natural em uma explicação:

```

+!translateToNaturalLanguage([Rule|List],Temp,NLExplanation)
<- !translate(Rule, RuleTranslated);
  .concat([RuleTranslated],Temp,NewTemp);
  !translateToNaturalLanguage(List,NewTemp,NLExplanation).
+!translateToNaturalLanguage([],Temp,NLExplanation)
<- NLExplanation=Temp.

```

Dessa forma, haverá N planos diferentes `!translate`, cada um deles implementando um modelo de linguagem natural para traduzir argumentos instanciados dos esquemas de argumentação disponíveis naquele sistema em particular para um argumento de linguagem natural. Os agentes os selecionam de acordo com a unificação da regra *defeasible* correspondente ao esquema de argumentação que está sendo traduzido. Uma variável livre é utilizada para retornar a concatenação de *strings* que é realizada através da ação interna `.concat`, por exemplo, `TranslatedArg` unifica com a tradução de linguagem natural desse argumento computacional específico. Em seguida, a execução retorna ao plano `!translateToNaturalLanguage` e todos os argumentos utilizados nessa explicação são concatenados utilizando a mesma ação interna `.concat`, para que a explicação resultante disponível em `NLExplanation` possa ser comunicada pelo agente a usuários humanos para qualquer interface de interação humano-agente, por exemplo, utilizando tecnologias de *chatbot* (ENGELMANN et al., 2021a; ENGELMANN et al., 2021b).

3.2 Uma Base de Conhecimento de Esquemas de Argumentação

Normalmente, os esquemas de argumentação utilizados em uma aplicação específica são modelados de acordo com as necessidades do domínio dessa aplicação. Por exemplo,

em (TONIOLO et al., 2014) esquemas de argumentação foram modelados para analisar a proveniência da informação, em (PARSONSA et al., 2012) esquemas de argumentação foram modelados para raciocinar sobre confiança, em (TOLCHINSKY et al., 2007) esquemas de argumentação foram modelados para discutir sobre transplante de órgãos humanos, em (PANISSON et al., 2018) esquemas de argumentação foram modelados para implementar o controle de acesso a dados entre aplicações inteligentes, em (WALTON, 2019) esquemas de argumentação foram modelados para raciocinar sobre a intenção de executar algumas ações, e assim por diante. No entanto, algumas literaturas têm proposto um conjunto de esquemas de argumentação para um raciocínio mais geral, por exemplo, os esquemas compilados por Walton, Reed e Macagno (2008).

Independentemente de utilizar esquemas de argumentação específicos de um domínio ou mais gerais, ao desenvolver um SMA, esses esquemas de argumentação precisarão ser implementados de acordo com um *framework* de argumentação, como por exemplo, o proposto por Panisson, McBurney e Bordini (2021). Após essa representação, os agentes estarão cientes desses esquemas de argumentação e poderão instanciar argumentos a partir deles, utilizando argumentos para raciocínio e comunicação (traduzindo esses argumentos para argumentos de linguagem natural ao se comunicar com usuários humanos).

4 Resultados e Discussão

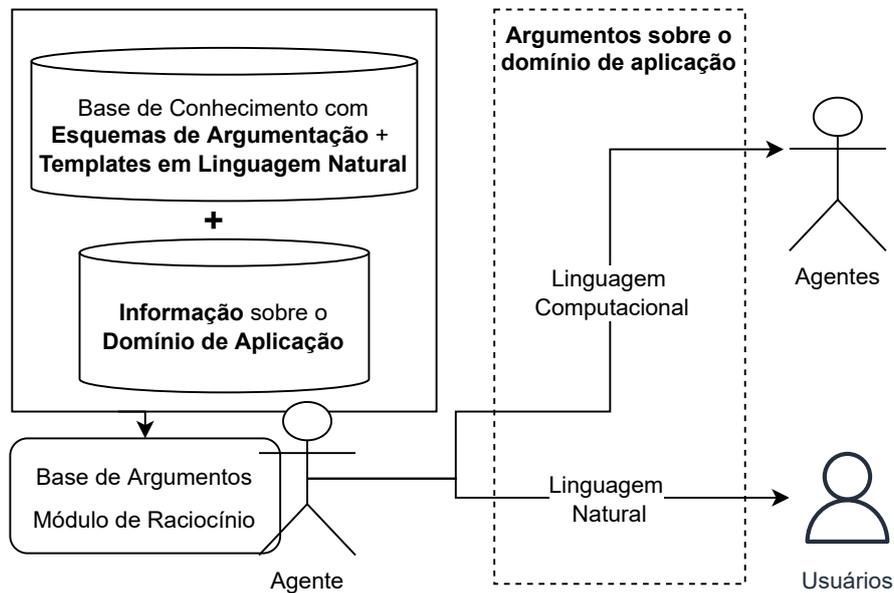
Como resultado da pesquisa, é apresentada uma base de conhecimento de esquemas de argumentação para o *framework* de argumentação de Panisson, McBurney e Bordini (2021) implementado na plataforma multiagente Jason (BORDINI; HÜBNER; WOOLDRIDGE, 2007), de acordo com a representação computacional exigida pelo *framework* apresentado na Seção 3. Além disso, concomitantemente com a representação computacional dos esquemas de argumentação, foi modelado um *template* de linguagem natural para cada esquema de argumentação na base de conhecimento proposta, de acordo com a abordagem apresentada na Seção 3.1. Assim, ao importar os esquemas de argumentação da base de conhecimento proposta, os agentes são automaticamente capazes de utilizar informações sobre seu domínio de aplicação para construir argumentos a partir desses esquemas disponíveis a eles, utilizando esses argumentos para raciocínio e comunicação, conforme ilustrado na Figura 1.

Além disso, a base de conhecimento proposta com esquemas de argumentação pode ser importada por agentes de acordo com a necessidade da aplicação, focando naqueles esquemas de argumentação de módulos que são necessários (ou apenas interessantes) para aquela aplicação de SMA em particular.

A base de conhecimento é organizada em uma hierarquia de módulos, a partir de módulos com esquemas de argumentação únicos, módulos com esquemas de argumentação agrupados de acordo com domínios de aplicação (por exemplo, esquemas de argumentação utilizados por agentes para raciocinar sobre o domínio do direito) e o módulo global correspondente à base de conhecimento completa, fornecendo ao agente a capacidade de argumentação sobre diferentes domínios.

Para demonstrar a abordagem, em particular a base de conhecimento proposta, e como ela permite que os agentes se tornem argumentativos (com eles mesmos ou com os outros), neste artigo, concentraremos em como os agentes constroem argumentos que sustentam suas conclusões em um domínio de aplicação específico. Em seguida, será apresentada na Seção 4.1, a tradução dos argumentos em Jason para argumentos em

Figura 1 – Abordagem para Raciocínio e Comunicação Baseados em Argumentação utilizando a Base de Conhecimento com Esquemas de Argumentação.



Fonte: O autor.

linguagem natural, fornecendo esses argumentos como uma explicação, conforme ilustrado na Figura 2.

Atualmente, a base de conhecimento desenvolvida neste trabalho possui cerca de 72 esquemas de argumentação⁵, provenientes das seguintes literaturas:

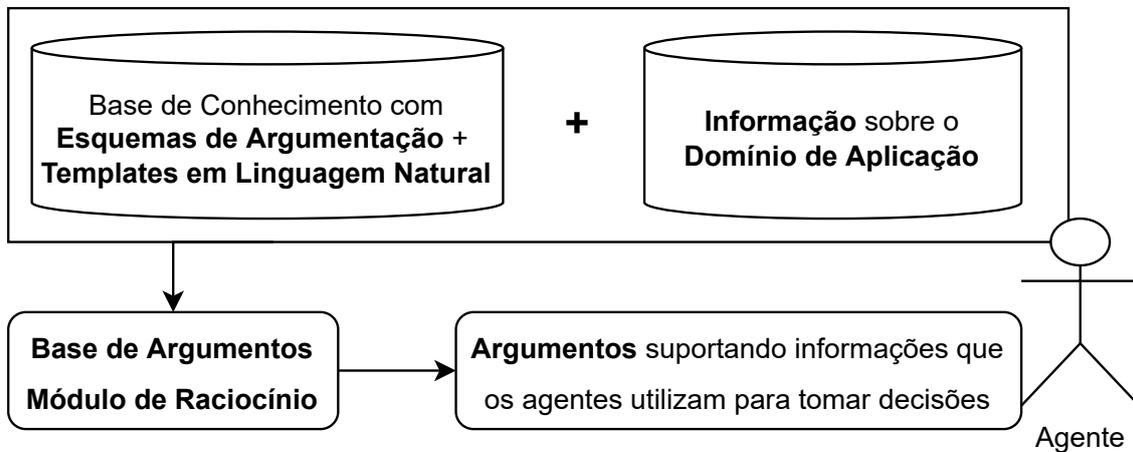
- 22 esquemas de argumentação de domínio geral (WALTON; REED; MACAGNO, 2008);
- 40 esquemas de argumentação do domínio de alocação de leitos hospitalares (ENGELMANN et al., 2021c);
- 10 esquemas de argumentação do domínio legal (GORDON; WALTON, 2009; WALTON, 2019; WALTON; REED; MACAGNO, 2008).

Para demonstrar a base de conhecimento proposta, serão apresentados 3 esquemas de argumentação disponíveis, incluindo sua representação computacional e *templates* de linguagem natural. Esses esquemas de argumentação também são utilizados no estudo de caso apresentado na Seção 4.1. Os esquemas de argumentação são: (i) *argumentation scheme from witness testimony* (WALTON; REED; MACAGNO, 2008), *argumentation scheme for motive to intention* (WALTON, 2019), e *argumentation scheme from bias*, adaptado de (WALTON; REED; MACAGNO, 2008). Vale salientar que os esquemas abaixo são apresentados em língua inglesa a fim de corresponder ao que foi computacionalmente implementado no trabalho.

Argumentation Scheme from Witness Testimony

⁵ A base está disponível em: <<https://tundra-sociology-f2f.notion.site/Argumentation-Schemes-by-Domain-6dad2fe781dc47f5a6eaff765d07060a>>.

Figura 2 – Abordagem proposta para Explicação Baseada em Argumentação utilizando a Base de Conhecimento com Esquema de Argumentação.



Fonte: O autor.

Premise	Witness W is in a position to know about the domain D .
Premise	Witness W states that S is true.
Premise	The statement S is related to domain D .
Premise	Witness W is supposedly telling the truth (as W knows it).
Conclusion	Therefore, S may be plausibly taken to be true.

```
defeasible_rule(S, [position_to_know(W,D), states(W,S), is_related_to(S,D),
  is_telling_the_truth(W)]) [as(asFrwt)].
cq(cq1, credible(W,D)) [as(asFrWT)].
```

⟨“<W> is in position to know about <D>. <W> states that <S> is true. The statement <S> is related to <D>. <W> is supposedly telling the truth. <W> has credibility to state about <D>. Therefore, it is plausibly to conclude that the statement <S> is true.”)[as(asFrWT)]

O esquema acima descreve, em tradução livre, que se uma testemunha está em posição de saber sobre um determinado domínio e, além disso, ela fornece seu depoimento, sendo este referente ao domínio do qual está em posição de saber e, a testemunha está supostamente falando a verdade, então é plausível que seu depoimento possua valor de verdade.

Argumentation Scheme from Motive to Intention

Premise	If agent Ag had a motive M to bring about A , then Ag is more likely to have intentionally brought about A .
Premise	Ag had M as a motive to bring about A .
Premise	Ag brought about A .
Conclusion	Therefore, Ag has intentionally brought about A .

```
defeasible_rule(was_intentional(bring_about(Ag,A)),
  [had_motive_to(M,bring_about(Ag,A)),bring_about(Ag,A)]) [as(asFrM2I)].
```

⟨ “<Ag> has <M> as a motive to bring about <A>. <Ag> indeed brought about <A>. Therefore, <Ag> has intentionally brought about <A>” ⟩[as(asFrM2I)]

O esquema acima descreve, em tradução livre, que se um indivíduo tem um motivo para executar uma determinada ação e, além disso, ele executou, então é plausível assumir que a ação foi executada intencionalmente.

Argumentation Scheme from Bias

Premise	Agent <i>Ag</i> has no credibility about domain <i>D</i> when it is biased.
Premise	Agent <i>Ag</i> is biased about domain <i>D</i> .
Conclusion	Therefore, agent <i>Ag</i> is not credible about domain <i>D</i> .

```
defeasible_rule(¬credible(Ag,D), [is_biased_about(Ag,D)]) [as(asFrBias)].
```

⟨ “<Agent> is biased about <Domain>. Therefore, <Agent> is not credible about <Domain>.” ⟩[as(asFrBias)]

O esquema acima descreve, em tradução livre, que se a testemunha está potencialmente enviesada referente a um determinado domínio, então ela não é credível no que tange a esse domínio.

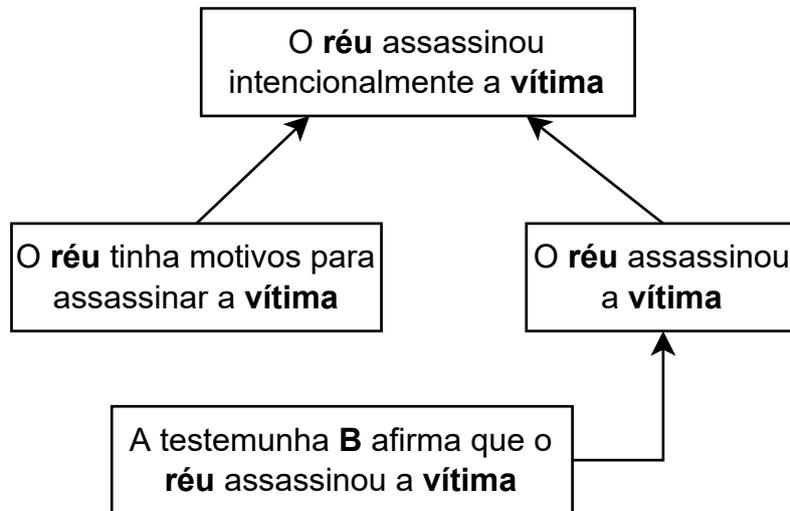
4.1 Estudo de Caso

Para demonstrar o trabalho desenvolvido, será descrito um cenário inspirado no caso *Peter Shot George* apresentado por Verheij (2003). Neste cenário, um crime foi cometido, a partir do qual o depoimento de duas testemunhas será utilizado para ajudar a decidir se o réu cometeu o crime intencionalmente ou não. Além disso, estendendo a análise por Verheij (2003), incluímos o argumento do motivo para a intenção apresentado por Walton (2019), em que o agente considera informações sobre um crime anterior (que fornece motivos para cometer o segundo crime), inferindo então se o segundo crime foi intencional ou não. Além disso, um determinado personagem, Jhon, é considerado anteriormente culpado de roubar uma galinha de outro personagem, o vizinho de Joana. O segundo crime, pelo qual Jhon está na posição de réu, é o assassinato de Joana, onde, na ausência de registros de câmeras de segurança ou laudo pericial, os testemunhos de duas testemunhas que estão em posição de saber sobre este caso, serão decisivos.

Dado que Joana presenciou o primeiro crime de Jhon e, conseqüentemente, iria testemunhar contra Jhon sobre o roubo da galinha, há uma interpretação para inferir que Jhon queria evitar que isso acontecesse, pois seria negativo para ele. Assim, sabe-se que o réu teve a motivação para matar a vítima⁶, como mostrado na Figura 3.

⁶ Assumiremos que já existem provas suficientes para que o réu atual seja considerado culpado no primeiro crime, portanto essa informação será fornecida por uma simples entrada de sistema.

Figura 3 – Raciocínio sugerindo que houve um crime doloso.



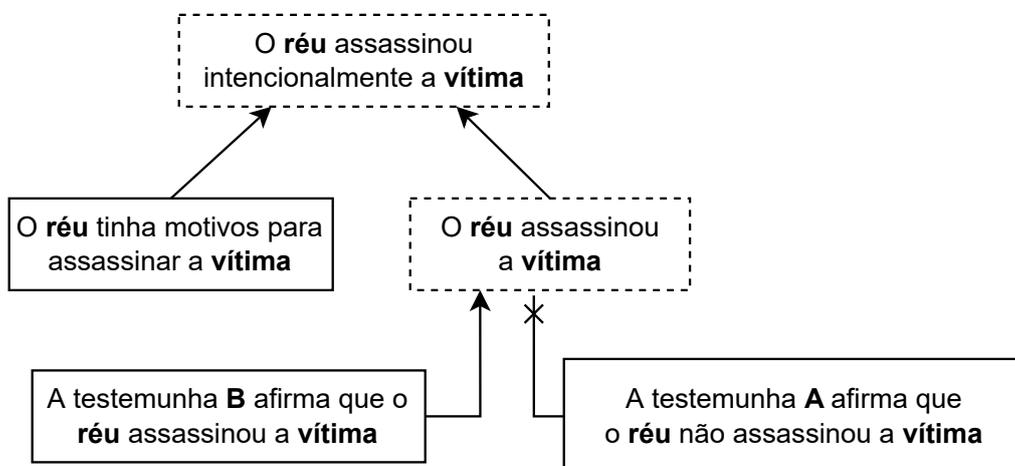
Fonte: O autor.

Nestas circunstâncias, se o réu for considerado culpado do homicídio de Joana, ficará numa situação muito delicada, dado que o ato que cometeu tem grande potencial para ser considerado premeditado, podendo então ser acusado de homicídio doloso.

Seguindo o presente cenário, a informação de que o réu matou a vítima é corroborada pelo depoimento da testemunha que presenciou o ocorrido. Juntos, a motivação para matar a vítima e a informação de que o réu matou a vítima (apoiada por uma testemunha) sustentam que o réu matou a vítima intencionalmente, sugerindo que foi um homicídio doloso, conforme ilustrado na Figura 3.

No entanto, outra testemunha afirma que o réu não matou a vítima porque ele estava com ela no momento do crime. Com essas novas informações, há informações conflitantes sobre se o réu matou a vítima ou não, sugerindo que não há decisão conclusiva para sustentar que o réu de fato assassinou a vítima, conforme apresentado na Figura 4.

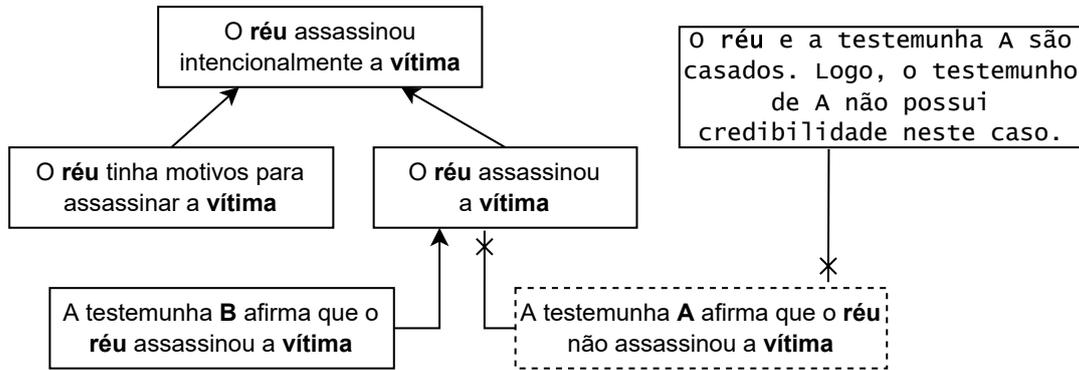
Figura 4 – Raciocínio sugerindo que não há evidências conclusivas.



Fonte: O autor.

Por fim, o agente recebe a informação de que a testemunha que afirma que o réu não assassinou a vítima é casada com o réu. Assim, seu testemunho não é credível neste caso porque seu casamento a influencia. Consequentemente, os elementos probatórios sugerem que o réu não apenas assassinou a vítima, mas também caracteriza um homicídio doloso, como ilustra a Figura 5.

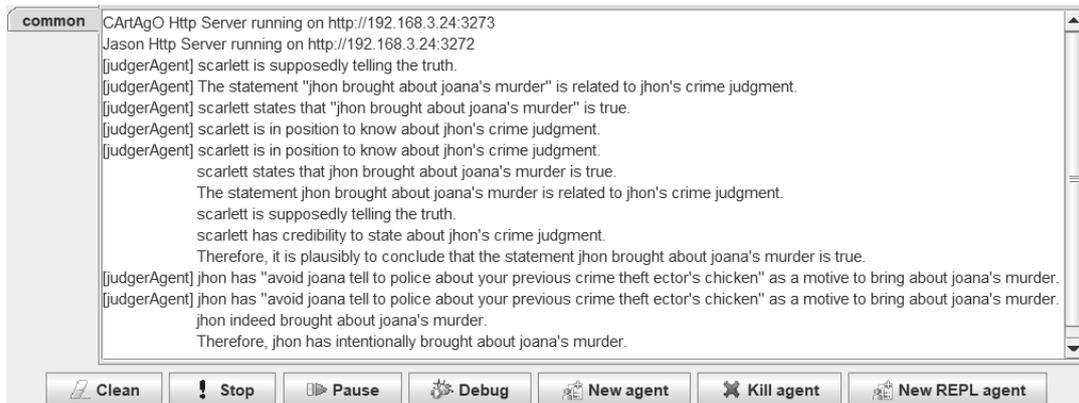
Figura 5 – Raciocínio sugerindo que houve um crime doloso.



Fonte: O autor.

A Figura 6 apresenta o raciocínio do agente, incluindo a atualização da sua base de crenças. A figura 7, por sua vez, apresenta a saída da implementação deste estudo de caso na plataforma Jason, contendo a explicação final do agente em linguagem natural para o cenário proposto.

Figura 7 – *Output* do agente desenvolvido na plataforma Jason.

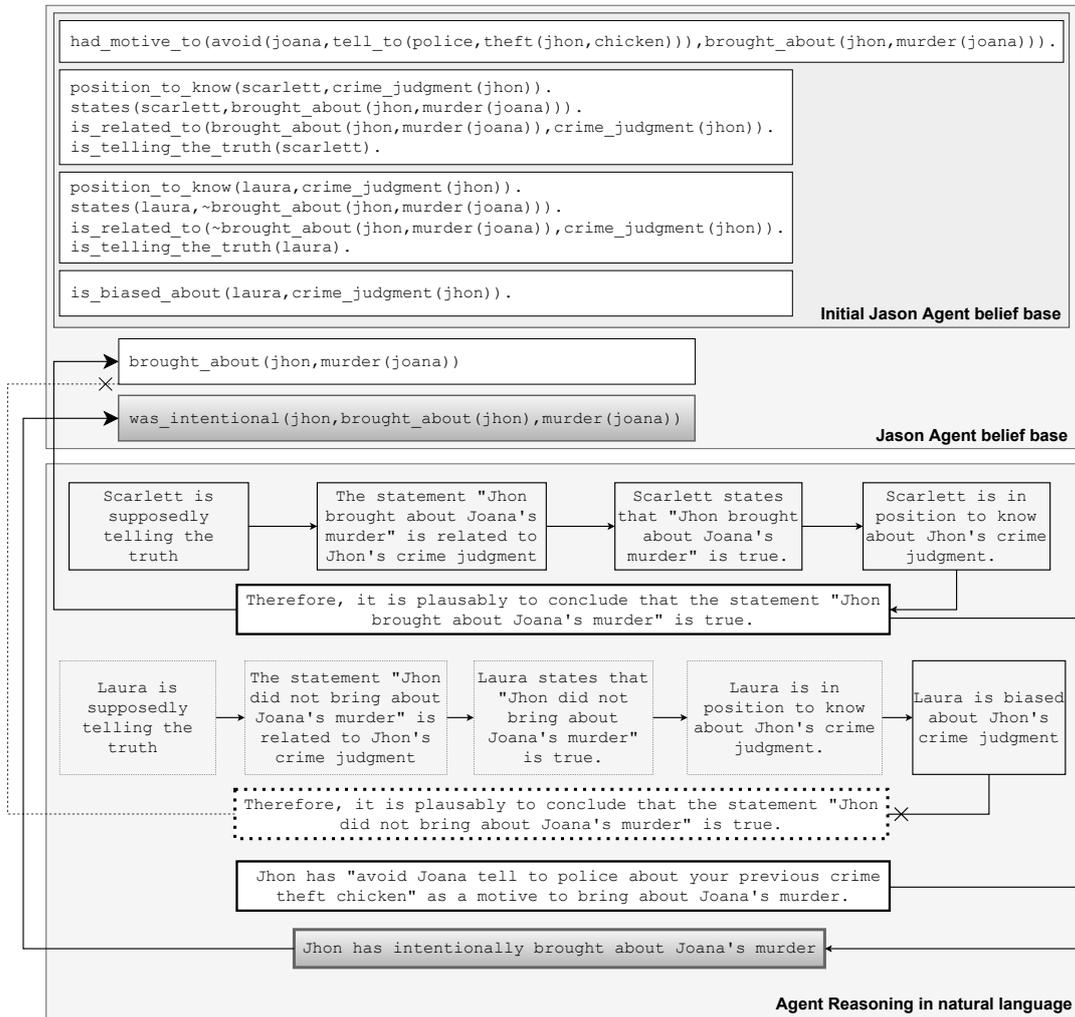


Fonte: O autor.

5 Trabalhos Relacionados

Prakken et al. (2015) descreve um relato formal de raciocínio com casos jurídicos em termos de esquemas de argumentação. Os autores formalizam os esquemas de argumentação e ataques de *undercutting* (ataques a premissas de outros argumentos) utilizando regras de inferência *defeasible*, dentro do *framework* ASPIC+ (MODGIL; PRAKKEN, 2014). Os

Figura 6 – Fluxo de raciocínio do agente e atualização da base de crenças.



Fonte: O autor.

autores tiveram como objetivo modelar o estilo de raciocínio desenvolvido pelos autores do projeto CATO (ALEVEN, 1997), em que o raciocínio é executado sobre fatores.

Snaith et al. (2020) descreve uma plataforma modular para argumentação e diálogo, na qual introduz o componente *Dialogue Utterance Generator* (DUG). O DUG busca conteúdo proposicional para preencher os movimentos abstratos presentes na plataforma modular utilizando um *template* que preenche esses movimentos abstratos. Os movimentos incluem o movimento “*argue*”, em que um argumento é preenchido. No entanto, esses movimentos são representados em um formato computacional estruturado.

Lawrence et al. (2020) descreve uma árvore de decisão para caracterizar esquemas de um *corpora* de argumentação. Os autores argumentam que o *corpora* contendo esquemas de argumentação que estão disponíveis para publicidade geralmente abordam apenas uma pequena seleção de esquemas de exemplo. Assim, a árvore de decisão heurística proposta visa a classificação da taxonomia de alto nível de Walton (2013), Walton, Reed e Macagno (2008) de 60 esquemas. Além disso, um assistente para caracterizar esquemas

de argumentação é apresentado por [Lawrence, Visser e Reed \(2019\)](#), que apoia a criação de *corpora* de esquemas de argumentação caracterizados. Ademais, um *corpus* anotado de esquemas de argumentação é apresentado por [Visser et al. \(2019\)](#). Juntos, [Lawrence et al. \(2020\)](#), [Lawrence, Visser e Reed \(2019\)](#), [Visser et al. \(2019\)](#) apresentam componentes para aplicações muito interessantes (por exemplo, mineração de argumentos ([LAWRENCE; REED, 2016](#))), com foco no reconhecimento de esquemas de argumentação a partir de texto (ou transcrições para interações de linguagem natural) e validação de argumentos, instâncias de esquemas de argumentação, de acordo com os dados disponíveis. Embora represente uma direção de pesquisa muito interessante, neste trabalho concentrou-se em habilitar capacidades argumentativas em agentes ao fornecer uma base de conhecimento de esquemas de argumentação, permitindo que eles gerem explicações em linguagem natural a partir de argumentos que são capazes de instanciar. No entanto, permitir que os usuários contra-argumentem os agentes é uma direção futura do nosso trabalho.

[Visser et al. \(2018\)](#) revisitaram a representação computacional de esquemas de argumentação, fornecendo uma diretriz para a classificação de esquemas segundo dois autores, denominados tipologia de Walton ([WALTON, 2013](#); [WALTON; REED; MACAGNO, 2008](#)) e Tabela Periódica de Argumentos de Wagemans ([WAGEMANS, 2016](#)). Ademais, [Macagno, Walton e Reed \(2017\)](#) estudam a estrutura, classificação e uso de esquemas de argumentação. O presente trabalho difere do de [Snaith et al. \(2020\)](#), já que utilizou-se modelos para gerar argumentos em linguagem natural, fornecendo explicações. [Snaith et al. \(2020\)](#) utiliza modelos para preencher movimentos em sua plataforma. O presente trabalho de agrupamento de módulos de esquemas de argumentação é inspirado nessa classificação, na qual (i) [Visser et al. \(2018\)](#) visa utilizar tal classificação para caracterização de corpus, e (ii) [Macagno, Walton e Reed \(2017\)](#) fornecem uma discussão sobre a aplicação de esquemas de argumentação em diferentes domínios.

6 Conclusão

Neste estudo, apresentamos uma base de conhecimento de esquemas de argumentação que, quando fornecidos aos agentes, permitem que eles se tornem argumentativos (com eles mesmos durante o processo de raciocínio e com os outros durante a comunicação). Além disso, quando cientes de tais esquemas de argumentação e seus respectivos *templates* de linguagem natural, os agentes são capazes de explicar seu raciocínio e tomada de decisão para usuários humanos utilizando argumentos em linguagem natural. Atualmente, a base de conhecimento possui cerca de 72 esquemas de argumentação e seus respectivos *templates* de linguagem natural. A base de conhecimento tem sido utilizada para implementar SMA sofisticados nos quais os agentes discutem entre si e com usuários humanos, por exemplo a aplicação discutida por [Ferreira et al. \(2021\)](#), em que a abordagem foi utilizada para explicar falhas e sugestões no domínio de alocação de leitos. Para demonstrar a abordagem proposta, neste documento foi apresentado um cenário em que um agente julga um caso jurídico, verificando se o réu cometeu um homicídio doloso, com base na presença ou ausência de provas, e 3 esquemas de argumentação da literatura ([WALTON; REED; MACAGNO, 2008](#); [WALTON, 2019](#)). No final, após chegar a uma conclusão sobre o caso, o agente explica sua conclusão em linguagem natural, o que poderia dar suporte a tomada de decisão de um juiz, por exemplo.

A base de conhecimento proposta é organizada por módulos, que vão desde esquemas de argumentação individuais e seus respectivos *templates* de linguagem natural até esquemas de argumentação agrupados por domínios de aplicação, por exemplo, domínio legal. Em

trabalhos futuros, pretende-se estender a base de conhecimento proposta por meio da modelagem de um grande número de esquemas de argumentação, dos mais diversos domínios de aplicação.

Ademais, buscou-se, por meio deste trabalho, contribuir com uma demanda atual da comunidade de IA que é a explicabilidade. Apontada como uma característica essencial em aplicações de IA, a explicabilidade fornece aos usuários as informações necessárias para que eles realmente compreendam, confiem e gerenciem essas aplicações (GUNNING *et al.*, 2019). Dessa forma, associando as respectivas contribuições no campo da IA explicável incorporadas à SMA, contribuiu-se para a explicabilidade em futuras implementações relacionadas a demandas que são atendidas naturalmente pelo paradigma de SMA, como casas inteligentes, cidades inteligentes e assistentes pessoais, por exemplo.

Referências

- AKATA, Z. et al. A research agenda for hybrid intelligence: augmenting human intellect with collaborative, adaptive, responsible, and explainable artificial intelligence. *Computer*, IEEE Computer Society, v. 53, n. 08, p. 18–28, 2020. Citado na página [2].
- ALEVEN, V. A. *Teaching case-based argumentation through a model and examples*. [S.l.]: Citeseer, 1997. Citado na página [17].
- ATKINSON, K. et al. In memoriam douglas n. walton: the influence of doug walton on ai and law. *Artificial Intelligence and Law*, Springer, v. 28, n. 3, p. 281–326, 2020. Citado na página [6].
- BORDINI, R. H. et al. *Multi-agent programming*. [S.l.]: Springer, 2009. Citado na página [5].
- BORDINI, R. H.; HÜBNER, J. F.; WOOLDRIDGE, M. *Programming multi-agent systems in AgentSpeak using Jason*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2007. Citado (2) vezes nas páginas [5 e 11].
- ENGELMANN, D. et al. Dial4jaca – a communication interface between multi-agent systems and chatbots. In: DIGNUM, F.; CORCHADO, J. M.; PRIETA, F. D. L. (Ed.). *Advances in Practical Applications of Agents, Multi-Agent Systems, and Social Good. The PAAMS Collection*. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 77–88. ISBN 978-3-030-85739-4. Citado na página [10].
- ENGELMANN, D. et al. Dial4jaca – a demonstration. In: DIGNUM, F.; CORCHADO, J. M.; PRIETA, F. D. L. (Ed.). *Advances in Practical Applications of Agents, Multi-Agent Systems, and Social Good. The PAAMS Collection*. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 346–350. ISBN 978-3-030-85739-4. Citado na página [10].
- ENGELMANN, D. C. et al. A conversational agent to support hospital bed allocation. In: BRITTO, A.; DELGADO, K. V. (Ed.). *Intelligent Systems*. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 3–17. ISBN 978-3-030-91702-9. Citado na página [12].
- FERREIRA, C. et al. Explaining semantic reasoning using argumentation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRACTICAL APPLICATIONS OF AGENTS AND MULTI-AGENT SYSTEMS. [S.l.], 2021. p. 1–12. Citado na página [18].
- GORDON, T. F.; WALTON, D. Legal reasoning with argumentation schemes. In: *Proceedings of the 12th international conference on artificial intelligence and law*. [S.l.: s.n.], 2009. p. 137–146. Citado na página [12].
- GUNNING, D. et al. Xai—explainable artificial intelligence. *Science robotics*, American Association for the Advancement of Science, v. 4, n. 37, p. eaay7120, 2019. Citado (3) vezes nas páginas [2, 3 e 19].
- KANTAMNENI, A. et al. Survey of multi-agent systems for microgrid control. *Engineering applications of artificial intelligence*, Elsevier, v. 45, p. 192–203, 2015. Citado na página [4].

- KIENPOINTNER, M. Towards a typology of argumentative schemes. *Argumentation: Across the lines of discipline*, Foris, Dordrecht, Netherlands, v. 3, p. 275–87, 1987. Citado na página [6].
- LATARE, N. A.; BHAT, S.; SRIVASTAVA, I. Literature review of service restoration in distribution system. In: IEEE. *2017 Second International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT)*. [S.l.], 2017. p. 1–6. Citado na página [4].
- LAWRENCE, J.; REED, C. Argument mining using argumentation scheme structures. In: *COMMA*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 379–390. Citado na página [18].
- LAWRENCE, J.; VISSER, J.; REED, C. An online annotation assistant for argument schemes. In: ASSOCIATION FOR COMPUTATIONAL LINGUISTICS. *Proceedings of the 13th Linguistic Annotation Workshop*. [S.l.], 2019. p. 100–107. Citado na página [18].
- LAWRENCE, J. et al. A decision tree for annotating argumentation scheme corpora. In: *3rd European Conference on Argumentation: Reason to Dissent*. [S.l.: s.n.], 2020. Citado (2) vezes nas páginas [17 e 18].
- LIU, C. et al. Distributed task migration optimization in mec by extending multi-agent deep reinforcement learning approach. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, v. 32, n. 7, p. 1603–1614, 2020. Citado na página [3].
- LUMER, C. Walton’s argumentation schemes. O SSA Conference Archive, 2016. Citado na página [6].
- MACAGNO, F.; WALTON, D.; REED, C. Argumentation schemes. history, classifications, and computational applications. *History, Classifications, and Computational Applications (December 23, 2017)*. Macagno, F., Walton, D. & Reed, C, p. 2493–2556, 2017. Citado na página [18].
- MAUDET, N.; PARSONS, S.; RAHWAN, I. Argumentation in multi-agent systems: Context and recent developments. In: SPRINGER. *International workshop on argumentation in multi-agent systems*. [S.l.], 2006. p. 1–16. Citado na página [3].
- MCARTHUR, S. D. et al. Multi-agent systems for power engineering applications—part i: Concepts, approaches, and technical challenges. *IEEE Transactions on Power systems*, IEEE, v. 22, n. 4, p. 1743–1752, 2007. Citado (2) vezes nas páginas [4 e 5].
- METZGER, M.; POLAKOW, G. A survey on applications of agent technology in industrial process control. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, IEEE, v. 7, n. 4, p. 570–581, 2011. Citado na página [4].
- MODGIL, S.; PRAKKEN, H. The aspic+ framework for structured argumentation: a tutorial. *Argument & Computation*, IOS Press, v. 5, n. 1, p. 31–62, 2014. Citado na página [16].
- PANISSON, A. R. A framework for reasoning and dialogue in multi-agent systems using argumentation schemes. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2019. Citado na página [5].
- PANISSON, A. R. et al. Argumentation schemes for data access control. In: *COMMA*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 361–368. Citado na página [11].

- PANISSON, A. R.; BORDINI, R. H. Knowledge representation for argumentation in agent-oriented programming languages. In: IEEE. *2016 5th Brazilian Conference on Intelligent Systems (BRACIS)*. [S.l.], 2016. p. 13–18. Citado na página [6].
- PANISSON, A. R.; ENGELMANN, D. C.; BORDINI, R. H. Engineering explainable agents: an argumentation-based approach. In: SPRINGER. *International Workshop on Engineering Multi-Agent Systems*. [S.l.], 2021. p. 273–291. Citado (3) vezes nas páginas [3, 4 e 9].
- PANISSON, A. R.; MCBURNEY, P.; BORDINI, R. H. A computational model of argumentation schemes for multi-agent systems. *Argument & Computation*, IOS Press, n. Preprint, p. 1–39, 2021. Citado (4) vezes nas páginas [3, 6, 8 e 11].
- PANISSON, A. R. et al. An approach for argumentation-based reasoning using defeasible logic in multi-agent programming languages. In: *11th International Workshop on Argumentation in Multiagent Systems*. [S.l.: s.n.], 2014. p. 1–15. Citado na página [6].
- PARSONSA, S. et al. Argument schemes for reasoning about trust. *Computational Models of Argument: Proceedings of COMMA 2012*, IOS Press, v. 245, p. 430, 2012. Citado na página [11].
- PRAKKEN, H. et al. A formalization of argumentation schemes for legal case-based reasoning in aspic+. *Journal of Logic and Computation*, Oxford University Press, v. 25, n. 5, p. 1141–1166, 2015. Citado na página [16].
- RAO, A. S. Agentspeak (1): Bdi agents speak out in a logical computable language. In: SPRINGER. *European workshop on modelling autonomous agents in a multi-agent world*. [S.l.], 1996. p. 42–55. Citado na página [5].
- SCHIAPPA, E. The beginnings of rhetorical theory in classical greece. 1999. Citado na página [6].
- SNAITH, M. et al. A modular platform for argument and dialogue. In: *COMMA*. [S.l.: s.n.], 2020. p. 473–474. Citado (2) vezes nas páginas [17 e 18].
- TOLCHINSKY, P. et al. Agents deliberating over action proposals using the proclaim model. In: SPRINGER. *International Central and Eastern European Conference on Multi-Agent Systems*. [S.l.], 2007. p. 32–41. Citado na página [11].
- TONIOLO, A. et al. Making informed decisions with provenance and argumentation schemes. In: *Proceedings of the Eleventh International Workshop on Argumentation in Multi-Agent Systems, 2014*. [S.l.: s.n.], 2014. Citado na página [11].
- TOULMIN, S. The uses of argument. *Cambridge, UK*, Cambridge University Press, 1958. Citado na página [6].
- VERHEIJ, B. Artificial argument assistants for defeasible argumentation. *Artificial intelligence*, Elsevier, v. 150, n. 1-2, p. 291–324, 2003. Citado na página [14].
- VISSER, J. et al. Revisiting computational models of argument schemes: Classification, annotation, comparison. In: IOS PRESS. *7th International Conference on Computational Models of Argument, COMMA 2018*. [S.l.], 2018. p. 313–324. Citado na página [18].

VISSER, J. et al. An annotated corpus of argument schemes in us election debates. In: *Proceedings of the 9th Conference of the International Society for the Study of Argumentation (ISSA), 3-6 July 2018*. [S.l.: s.n.], 2019. p. 1101–1111. Citado na página [18].

WAGEMANS, J. Constructing a periodic table of arguments. In: *Argumentation, objectivity, and bias: Proceedings of the 11th international conference of the Ontario Society for the Study of Argumentation (OSSA), Windsor, ON: OSSA*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 1–12. Citado na página [18].

WALTON, D. *Argumentation schemes for presumptive reasoning*. [S.l.]: Routledge, 2013. Citado (5) vezes nas páginas [6, 7, 8, 17 e 18].

WALTON, D. Using argumentation schemes to find motives and intentions of a rational agent. *Argument & Computation*, IOS Press, v. 10, n. 3, p. 233–275, 2019. Citado (4) vezes nas páginas [11, 12, 14 e 18].

WALTON, D.; REED, C.; MACAGNO, F. *Argumentation schemes*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2008. Citado (7) vezes nas páginas [3, 6, 7, 11, 12, 17 e 18].

WOOLDRIDGE, M. *An introduction to multiagent systems*. [S.l.]: John wiley & sons, 2009. Citado (2) vezes nas páginas [3 e 6].

XU, F. et al. Explainable ai: A brief survey on history, research areas, approaches and challenges. In: TANG, J. et al. (Ed.). *Natural Language Processing and Chinese Computing*. Cham: Springer International Publishing, 2019. p. 563–574. ISBN 978-3-030-32236-6. Citado na página [3].