

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
CENTRO DE CIÊNCIAS COMPUTACIONAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

Dissertação de Mestrado

Uma Arquitetura para Agentes com Utilização de Emoções e de Memória

Thiago Ferreira Dantas

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação da Universidade Federal do Rio Grande - FURG, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Computação

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Diana Francisca Adamatti
Coorientador: Prof. Dr. Cleo Zanella Billa

Rio Grande, 2021

Ficha Catalográfica

D192a Dantas, Thiago Ferreira.

Uma arquitetura para agentes com utilização de emoções e de memória / Thiago Ferreira Dantas. – 2021.
74 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Computação, Rio Grande/RS, 2021.

Orientadora: Dra. Diana Francisca Adamatti.

Coorientador: Dr. Cleo Zanella Billa.

1. Memória 2. Sistema Multiagente 3. Emoções 4. Dilema do Prisioneiro I. Adamatti, Diana Francisca II. Billa, Cleo Zanella III. Título.

CDU 004

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS COMPUTACIONAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Uma Arquitetura para Agentes com Utilização de Emoções e de Memória

Thiago Ferreira Dantas

Banca examinadora:

Prof.ª Dra. Rejane Frozza

Prof. Dr. Giovani Parente Farias

Prof. Dr. Eder Mateus Nunes Gonçalves

Prof. Dr. Cleo Zanella Billa
Coorientador

Prof.ª Dra. Diana Francisca Adamatti
Orientadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me apoiaram durante o desenvolvimento deste trabalho, principalmente aos meus orientadores por sempre estarem presentes e dispostos a me auxiliar. Também agradeço a Capes pela bolsa de mestrado que me auxiliou durante meu mestrado.

Um investimento em conhecimento produz os melhores dividendos —
BENJAMIN FRANKLIN

RESUMO

DANTAS, Thiago Ferreira. **Uma Arquitetura para Agentes com Utilização de Emoções e de Memória**. 2021. 75 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Computação. Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Rio Grande.

Este trabalho busca investigar a utilização de emoções e de memória aplicadas a sistemas multiagente (SMA). Para tanto, neste estudo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, de forma a verificar como estes conceitos foram implementados em outros trabalhos. Observou-se que vários estudos apontam a utilização dos conceitos de emoções e de memória de ambientes baseados em agentes, porém não os integram os de forma conjunta. Isso agrega a possibilidade de conseguir simular emoção e memória, criando sistemas mais complexos de forma a simular indivíduos que consigam tomar decisões baseadas com base em emoção e memória. A arquitetura proposta toma como requisito, um sistema onde os agentes devem ser capaz de lembrar de eventos passados, usar a informação dos eventos passados no futuro, ser capaz de tomar decisões levando em conta memórias passadas, baseadas nas emoções expressas por outro agente e além disso, ser capaz de expressar emoções. Essa arquitetura, foi desenvolvida tendo como base o modelo de emoções OCC, que possui 22 emoções. O sistema utiliza a ferramenta Watson, que mapeia as emoções para o Jason através de um sistema de transferência de mensagens, utilizando a IDE Selenium. Também implementou-se um mecanismo que simule as memórias de curto e longo prazo. De forma a analisar a arquitetura e sistema propostos, foi realizado um experimento, utilizando o problema do Dilema do Prisioneiro como referência e em diferentes cenários. Como resultado, é possível concluir que o uso de memória e emoções pode ser modelado, para análise da tomada de decisão dos agentes. Isso possibilita aprofundar o estudo de simulações onde o agente precise utilizar emoções ou memória.

Palavras-chave: Memória, Sistema Multiagente, Emoções, Dilema do Prisioneiro.

ABSTRACT

DANTAS, Thiago Ferreira. **An architecture to agents that integrates emotions and memory.** 2021. 75 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Computação. Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Rio Grande.

This work investigates the use of emotions and memory applied to multi-agent systems (MAS). Therefore, in this study, a bibliographical research was carried out, in order to verify how these concepts were implemented in other works. It was observed that several studies point to the use of the concepts of emotions and memory in agent-based environments, but they do not integrate them together. This adds the possibility of being able to simulate emotion and memory, creating more complex systems in order to simulate individuals who are able to make decisions based on emotion and memory. The proposed architecture considers them as a requirement, a system where agents must be able to remember past events, use information from past events in the future, be able to make decisions taking into account past memories, based on emotions expressed by another agent and in addition, being able to express emotions. This architecture was developed based on the OCC emotions model, which has 22 emotions. The system uses the Watson tool, which maps emotions to Jason through a message transfer system, using the Selenium IDE. A mechanism that simulates short and long term memories was also implemented. In order to analyze the proposed architecture and system, an experiment was carried out, using the Prisoner's Dilemma problem as a reference and in different scenarios. As a result, it is possible to conclude that the use of memory and emotions can be modeled to analyze the agents' decision making. This makes it possible to deepen the study of simulations where the agent needs to use emotions or memory.

Keywords: Multiagent system, Memory, Emotions, Prisoner Dilemma.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Especificação da Emoção MEDO em seus três elementos, adaptada de (ORTONY; CLORE; COLLINS, 1990)	24
Figura 2	Hierarquia de emoções do modelo OCC, adaptada de (ORTONY; CLORE; COLLINS, 1990)	24
Figura 3	Etapas do PLN	28
Figura 4	Arquitetura Watson, adaptada de (FERRUCCI, 2012).	29
Figura 5	Passos do <i>reasoning cycle</i> (BORDINI; HÜBNER; WOOLDRIDGE, 2007).	34
Figura 6	Criança jogando um jogo de palavras competitivo com um robô social, seguido de um teste individualizado	36
Figura 7	Tela do MetaTutor	37
Figura 8	Tela do programa onde a criança interage com o agente	39
Figura 9	Fases da metodologia proposta neste trabalho	43
Figura 10	Arquitetura do sistema.	45
Figura 11	Troca de mensagens entre agentes A e B e identificação de <i>tokens</i> pelo Watson.	46
Figura 12	Imagem exemplificando a comunicação entre Jason e Watson através do Selenium	48
Figura 13	Interface do Watson Assistant	48
Figura 14	Interação do Watson com Jason por meio da automação implementada com Selenium	49
Figura 15	Resposta do Watson para a frase, onde o número 1 representa a emoção medo.	49
Figura 16	Intents para a emoção medo.	50
Figura 17	Código das emoções no Jason.	50
Figura 18	Código da memória no jason.	51
Figura 19	Matriz de ganhos/perdas de cada prisioneiro dependendo da combinação de respostas geradas	54
Figura 20	Representação da memória utilizando as emoções esperança e medo	55
Figura 21	Primeiro diálogo do agente policial com o preso 1	57
Figura 22	Representação da interação do agente policial com o preso 1	58
Figura 23	Primeiro diálogo do agente policial com o preso 2	59
Figura 24	Representação do primeiro diálogo do agente policial com o preso 2	59
Figura 25	Segundo diálogo do agente policial com o preso 1	60

Figura 26	Representação do segundo diálogo do agente policial com o preso 1 .	61
Figura 27	Segundo diálogo do agente policial com o preso 2	62
Figura 28	Representação do segundo diálogo do agente policial com o preso 2 .	63
Figura 29	Terceiro diálogo com o preso 1	63
Figura 30	Representação do terceiro diálogo com o preso 1	64
Figura 31	Terceiro diálogo com o preso 2	65
Figura 32	Representação do terceiro diálogo com o preso 2	65
Figura 33	Representação da quarta simulação do diálogo entre o policial e o preso 1	66
Figura 34	Representação do quarto diálogo com o preso 1	67
Figura 35	Quarto diálogo com o preso 2	68
Figura 36	Representação do quarto diálogo com o preso 2	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	As 22 emoções do modelo OCC, adaptada de (ORTONY; CLORE; COLLINS, 1990)	23
Tabela 2	Ferramentas utilizadas para programar SMA.	31
Tabela 3	Trabalhos relacionados e áreas abordadas em cada pesquisa	42
Tabela 4	Tabela representando o gráfico da Figura 20	56
Tabela 5	Tabela representando o gráfico da Figura 22	58
Tabela 6	Tabela representando o gráfico da Figura 24	60
Tabela 7	Tabela representando o gráfico da Figura 26	61
Tabela 8	Tabela representando o gráfico da Figura 28	62
Tabela 9	Tabela representando o gráfico da Figura 30	64
Tabela 10	Tabela representando gráfico da Figura 32	66
Tabela 11	Tabela representando o gráfico da Figura 34	67
Tabela 12	Tabela representando o gráfico da Figura 36	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BDI	Belief–desire–intention
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
GoT	Game of Trust
IA	Inteligência Artificial
MMORPG	Multi Massive Online Role-Playing Games
NPC	Non playable character
OCC	Ortony, Clore e Collins
PLN	Processamento de Linguagem Natural
SMA	Sistema Multiagente
KQML	Knowledge Query and Manipulation Language

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	15
1.2	Objetivos Específicos	15
1.3	Estrutura do Texto	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Sistemas Multiagente	18
2.2	Memória	19
2.3	Emoções	22
2.4	Interação Humano-Agente	25
2.5	Interação Agente-Agente	26
2.6	Processamento de Linguagem Natural	27
2.7	Ferramentas para Sistemas Multiagente	30
3	TRABALHOS RELACIONADOS	35
4	METODOLOGIA PROPOSTA	43
5	ARQUITETURA PROPOSTA	45
5.1	Implementação	47
5.2	Validação	51
6	RESULTADOS	54
7	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	70
	REFERÊNCIAS	72

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, a inteligência artificial (IA) está cada vez mais presente na vida cotidiana, solucionando e simplificando tarefas rotineiras, atuando desde máquinas de lavar até carros autônomos e aviões militares. O conceito de autonomia e de aplicações capazes de executar tarefas de forma independente, tem despertado grandes interesses em muitos aspectos da computação, principalmente, relacionados à área de tecnologia de multiagentes (FERNANDES et al., 2008).

Os sistemas multiagente (SMA) são sistemas computacionais que visam implementar e analisar as formas de interação e coordenação de múltiplos agentes, podendo interagir com usuários (pessoas) ou não. A capacidade de interação contínua e autônoma entre estes agentes possibilita o aperfeiçoamento das relações comportamentais e os aspectos emocionais envolvidos nas interações entre os agentes, o ambiente e o usuário (HÜBNER; BORDINI; VIEIRA, 2004).

Esta interação contínua também possibilita a simulação de memória aplicada aos agentes, a fim de tornar suas interações mais fidedignas, possibilitando o desenvolvimento de sistemas de simulação mais realísticos. Uma vez que a interação entre os agentes permite que eles compartilhem conhecimentos, troquem serviços, formem grupos, e assumam objetivos individuais ou conjuntos (SILVA, 2014).

Neste contexto, relacionamentos podem ser estabelecidos entre os agentes por trocas sociais. Considerando a importância dos aspectos emocionais, do ponto de vista computacional, o processo de geração de emoções pode ser materializado através da implementação de um conjunto de procedimentos (regras) que leva em consideração os vários aspectos do ambiente que os agentes partilham (MARREIROS, 2008).

Como consequência disso, algumas metodologias já foram criadas para facilitar o desenvolvimento de sistemas multiagente. Neste sentido, este trabalho se propõe a utilizar sistemas multiagente em conjunto com emoções e memória para tornar as interações mais fidedignas e conseguir simular isso de forma mais real, principalmente na troca de mensagens entre os agentes. A importância deste trabalho está embasado em que, apesar de existirem metodologias que utilizem SMA e memória ou SMA e emoções, algumas até relacionam estes dois conceitos, porém a memória não é implementada de forma a simular

conceitos de memória humana e sim somente como uma crença presente no agente.

Assim, o objetivo desse trabalho consiste em especificar uma arquitetura utilizando a abordagem de sistemas multiagente, de forma que essa arquitetura possa ser utilizada como referência para simular a interação de agentes que utilizem emoções e memória, possibilitando a criação de sistemas que necessitem dos conceitos de memória de emoção para tomada de decisão de agentes.

A abordagem de SMA visa simplificar o projeto e desenvolvimento de sistemas complexos, estendendo as abordagens convencionais através da introdução de uma camada de abstração natural, caracterizada por componentes autônomos e interativos, denominados agentes.

Esses agentes, podem interagir entre si fazendo com que eles venham a estabelecer alguns relacionamentos muito semelhantes às características humanas, como estados mentais (conhecimento, crença, intenção, obrigação) emoção, racionalidade (HÜBNER; BORDINI; VIEIRA, 2004).

Sob esta perspectiva, a motivação para esse trabalho se dá pela necessidade de viabilizar uma arquitetura que consiga simular agentes, a fim de atingir resultados mais próximos do comportamento humano, importantes para tomada de decisão, tais como memória e emoção, que são o foco deste trabalho. Isso é importante, pois seres vivos agem com base em suas emoções e experiências passadas (como parte da memória).

Sendo assim, propõe-se a desenvolver uma arquitetura que utilize os conceitos de emoções e memória em conjunto com um SMA. Porém, para isto foi necessário que a arquitetura atendesse aos seguintes requisitos funcionais:

- O agente deveria ser capaz de lembrar de eventos passados;
- O agente deveria ser capaz de usar a informação dos eventos passados no futuro;
- O agente deveria ser capaz de tomar decisões levando em conta memórias passadas;
- O agente deveria ser capaz de tomar decisões baseado nas emoções expressas por outro agente;
- O agente deveria ser capaz de expressar emoções.

A justificativa a esses requisitos leva a hipótese do trabalho:

Tomar decisões baseadas nas emoções por outro agente leva a empatia, e consequentemente os agentes expressam emoções, estabelecendo compaixão emocional.

Atendendo a estes requisitos, a arquitetura proposta foi desenvolvida utilizando a ferramenta de multiagentes Jason. E, para realizar o processamento da linguagem natural e identificar emoções foi utilizada a inteligência artificial da IBM Watson. A interconexão

entre esta ferramenta e essa IA, foi feita utilizando uma automação desenvolvida com Selenium. A aplicação da arquitetura proposta para este trabalho utilizou-se do Dilema do Prisioneiro, objetivando proporcionar o estudo da influência das emoções e memória sobre as ações e comportamento dos agentes, levando em consideração a memória adquirida por eles e possibilitando que situações do cotidiano humano pudessem ser estudadas em um ambiente controlado. O diferencial deste ambiente é que, em modelos BDI, normalmente, a memória é tratada como crenças eternas até que não sejam mais necessárias, porém, aqui a memória não funciona desta forma, ela é tratada de forma mais dinâmica, tentando simular a memória de curto e longo prazo.

1.1 Objetivos

O trabalho tem como objetivo definir uma arquitetura que utilize os conceitos de memória e emoções relacionados a sistemas multiagente.

1.2 Objetivos Específicos

Para que o objetivo geral seja alcançado, propõem-se os seguintes objetivos específicos:

- Estudar sobre sistemas multiagente e suas aplicações com emoções e memória.
- Definir requisitos necessários para uma arquitetura onde emoções e memória são utilizados em agentes.
- Modelar diferentes formas de memória de forma que se assemelhe a memória humana.
- Propor e realizar um experimento que utilize a arquitetura proposta com o uso de emoções e memória para a tomada de decisões de agentes.

1.3 Estrutura do Texto

O primeiro capítulo desta dissertação apresenta as motivações, objetivos e a descrição da organização do texto. O segundo capítulo contém conceitos relacionados a SMA, memória, emoções, interação Humano-Agente, interação Agente-Agente, processamento de linguagem natural e ferramentas para Sistemas Multiagente, necessários para o desenvolvimento deste trabalho. No terceiro capítulo são apresentados trabalhos relacionados, que foram importantes para o desenvolvimento deste trabalho, através da análise de suas características, qualidades e falhas. O capítulo quatro consiste na metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho. No capítulo cinco está a proposta da arquitetura que integra SMA, memória e emoções, assim como sua implementação e a forma utilizada

para sua validação. O capítulo seis apresenta os resultados obtidos para o experimento baseado no Dilema do Prisioneiro, de maneira a analisar a proposta de trabalho realizada. Finalmente, o capítulo sete contém as conclusões desse trabalho, assim como possíveis trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são apresentados os conceitos teóricos necessários para o desenvolvimento deste trabalho. Estes conceitos são sistemas multiagente, memória, emoções, interação humano-agente e interação agente-agente. Também são apresentadas as ferramentas mais conhecidas e utilizadas em sistemas multiagente.

A definição desses conceitos possibilitará um melhor entendimento sobre como ocorre as interações entre agentes, pois, em termos conceituais, da mesma forma que existem interações entre as pessoas para a execução de tarefas, nos sistemas desenvolvidos com a tecnologia de agentes há comunicação entre os agentes, para realizar as suas atividades, ou em outras palavras, alcançar os seus objetivos.

Assim, para propor uma arquitetura que permita representar esse tipo de ambiente, torna-se necessário um estudo mais detalhado sobre como o uso da teoria de agentes pode representar o mundo real. Uma vez que, devido as suas potencialidades, a utilização de sistemas multiagente aliados á utilização de outras técnicas de IA tem se constituído um objeto de investigação por parte de vários pesquisadores.

Neste aspecto, a definição dos conceitos apresentados tem por objetivo melhor situar a complexidade e a dimensão do trabalho desenvolvido. Visto que os computadores não podem se relacionar afetivamente de uma forma natural, a pesquisa na área de sistemas multiagente neste momento, traz aspectos de funcionalidade que o estudo das emoções podem trazer.

O estudo da memória, por outro lado, possibilitará uma melhor investigação acerca da memória humana no sentido em que concepções diferentes podem ser guardadas de formas diferentes por cada um dos agentes, procurando alguma semelhança com as ações humanas, no caso deste estudo, as memórias relacionas com experiências passadas e a possibilidade de reforçar e esquecer memórias.

Com base neste contexto, as contribuições científicas listadas a seguir objetivam possibilitar um estudo mais aprofundado sobre estes aspectos para a concepção da arquitetura proposta neste trabalho.

2.1 Sistemas Multiagente

Os Sistemas Multiagente (SMA) são sistemas que utilizam inteligência artificial para criar ambientes virtuais mais ricos e com simulações cada vez mais complexas (NERI et al., 2012). Segundo Wooldridge (2009), SMA são sistemas compostos por múltiplos elementos computacionais conhecidos como agentes. Agentes tem duas capacidades importantes, primeiro eles precisam ser capazes de agir de forma autônoma e decidir sozinhos, segundo devem ser capazes de interagir com outros agentes não só trocando informações mas também sendo capazes de interagir socialmente.

Esse tipo de sistema proporciona abstrações adequadas para a solução de problemas complexos como a compreensão das emoções humanas. Este tipo de análise é possível através da observação das interações dos múltiplos agentes em um ambiente compartilhado, ao qual não é necessário o agente ter o domínio de conhecimento completo sobre esse meio. O que faz com que cada agente possa ter um comportamento autônomo sobre o qual é capaz de realizar ações para alcançar seus próprios objetivos. Todas estas ações podem ser realizadas de forma cooperativa entre os agentes ou de maneira individualizada, da mesma forma que as pessoas fazem em suas vidas.

Geralmente, esse tipo de sistema é utilizado para simulação de entidades comportamentais, tais como sistemas modelados com base em seres humanos, permitindo a visualização de diversos cenários e estratégias. Todas estas características contribuem, cada vez mais, à concepção de novas ferramentas, que são capazes de executar comportamentos considerados inteligentes para simulação de situações reais, fazendo com que o ambiente se torne mais dinâmico, parametrizado e adaptável às mudanças que poderão ocorrer conforme o sistema possa ser utilizado. Esse tipo de tecnologia permite a concepção de sistemas inteligentes que são capazes de tomar decisões automaticamente (RABELLO, 2010).

O desenvolvimento de ferramentas que utilizam multiagentes é uma prática que facilita transformar ideias (mundo real) em código de máquina, possibilitando que situações do cotidiano humano possam ser estudadas em ambientes controlados. Os sistemas multiagente e sua capacidade de criar simulações da realidade podem oferecer o meio perfeito para aplicação de um modelo de emoções, de forma que estas possam ser agregadas a um ambiente computacional proporcionando uma simulação ainda mais próxima da realidade (SILVA, 2014). Nesta tecnologia, os elementos de software, os agentes, são projetados para resolverem problemas de forma flexível por meio de coordenação, negociação e troca de informações entre seus elementos.

Os agentes representam papéis de pessoas do mundo real que têm as suas atividades modeladas no sistema. Da mesma forma que existem interações entre as pessoas para a execução de tarefas, nos sistemas desenvolvidos com a tecnologia de agentes há comunicação entre os agentes a fim de realizar as suas atividades, ou em outras palavras,

alcançar os seus objetivos (ITO; SILVA, 2010).

Estes agentes podem ser classificados em dois tipos, os reativos e os cognitivos. Os agentes reativos como o próprio diz, reagem a interações com outros agentes ou o ambiente. Quando um estímulo específico é detectado, há uma reação específica como resposta. Por sua vez os agentes cognitivos, apresentam maior complexidade, pois podem "raciocinar", podendo assim apresentar respostas diferentes ao mesmo estímulo. Quando um agente cognitivo interage com o ambiente ao redor, ele processa esta informação a fim de determinar qual será sua resposta (REZENDE, 2003).

Porém, para tornar possível a construção destes agentes é necessário que os agentes sejam autônomos, pró-ativos e com habilidades sociais e a capacidade de raciocínio e aprendizagem (NUNES, 2007). Isso se torna possível com o uso da arquitetura criada por (BRATMAN, 1987), definida como BDI (*Belief–Desire–Intention*), que modela o comportamento humano em 3 aspectos:

- *Belief* (crença): Os conhecimentos que o agente possui sobre si, sobre outros e sobre o ambiente que o cerca.
- *Desire* (desejo): São os objetivos do agente.
- *Intention* (intenção): São as ações que o agente pretende a realizar a fim de alcançar os objetivos.

Existem algumas ferramentas utilizadas para implementar SMA que utilizam linguagem próprias ou linguagens já estabelecidas como java ou XML. Algumas destas plataformas que estão dentre as mais utilizadas são NetLogo¹, Jade² e Jason³ que será apresentadas em uma das próximas seções.

2.2 Memória

Ao observar os seres vivos, principalmente os animais, percebe-se que eles geralmente interagem com o ambiente ao seu redor, com base em experiências passadas, aprendidas durante a vida. Esta observação conduz a acreditar que os conceitos estudados pela Ecologia são de suma importância para adquirir novos conhecimentos, para analisar e compreender a natureza (ROISENBERG; BARRETO; AZEVEDO, 1996). Por exemplo, um animal, ao provar uma planta com gosto ruim poderá não mais comê-la novamente, pois adquiriu-se um determinado conhecimento sobre essa planta em específico, que será lembrado e utilizado de forma consciente, fazendo com que o animal venha lembrar-se do gosto da planta.

¹ <https://ccl.northwestern.edu/netlogo>

² <https://jade.tilab.com/>

³ <http://jason.sourceforge.net/>

Uma outra situação pode ser observada analisando-se o comportamento dos ursos. Esses animais, comem mel devido ao seu gosto doce e valor nutritivo, mesmo que para isso recebam picadas de abelhas, pois o benefício compensa a dor (SPEAR, 1973).

Na natureza, para comer, é preciso saber onde encontrar comida. E os mecanismos de memória são bons em lembrar a localização das refeições anteriores: quando um animal encontra alimento em um local específico, faz uma conexão mental entre o local e a comida.

No caso de alguns animais da savana africana, por exemplo, durante uma temporada de seca, os estudos científicos apontam para a chamada memória da espécie, ou seja, seguem uma determinada rota orientando-se por acidentes geográficos (rios, lagos, montanhas) perfeitamente conhecidos para regressarem a lugares que sejam seguros (CLAYTON et al., 2001).

É possível perceber com estes exemplos, que tanto as memórias boas como as memórias ruins afetam o comportamento dos animais e que o mesmo ocorre com os humanos (SMITH et al., 1998). Memórias positivas reforçam comportamento e memórias negativas enfraquecem comportamentos (GRIFFITHS; DICKINSON; CLAYTON, 1999).

No entanto, o ser humano pode usar a memória de diferentes maneiras, podendo criar planos a longo prazo, aprender habilidades novas com base nas memórias adquiridas, utilizar algo aprendido em uma conversa ao falar com uma mesma pessoa no futuro, como chamá-la pelo nome ou falar de algo que ela gosta, evitando assuntos que ela não gosta (JÚNIOR; FARIA, 2015).

Todas essas características fazem com que a memória seja essencial ao ser humano e, sua implementação em uma simulação que a represente de forma mais fidedigna à memória dos seres humanos ainda é alvo de várias pesquisas na área de inteligência artificial (KINTSCH, 2014). Seguindo a proposta desse trabalho, ao utilizar-se da tecnologia de agentes, que pretendem recriar o comportamento humano, é necessário a presença do conceito de memória.

Neste sentido, cabe salientar que de acordo com (COSENZA; GUERRA, 2009) existem dois tipos principais de memória:

- Memória implícita: memória de curta duração ou curto prazo, conhecimento adquirido, lembrados e utilizados conscientemente. Um exemplo é a lembrança sobre o que jantamos ou o que vestimos de manhã.
- Memória explícita: memória de longa duração ou memória de longo prazo, que guarda as lembranças permanentes se manifesta sem interação consciente ou esforço. São exemplos de memória implícita a habilidade de escovar os dentes ou andar de bicicleta.

A memória explícita e a memória implícita comportam subdivisões, das quais se encarregam sistemas e estruturas cerebrais diferentes. A seguir são apresentadas as subdivisões para a memória explícita, segundo (COSENZA; GUERRA, 2009).

- Memória transitória: também conhecida como memória de curta duração, atualmente denominada memória de trabalho ou memória operacional. Esta memória é importante para a regulação do nosso comportamento cotidiano.
- Memória sensorial: também chamada de memória imediata. Esta memória tem duração de alguns segundos, correspondendo apenas à ativação de sistemas sensoriais responsáveis por ela. Se a informação for considerada importante, ela será mantida, caso contrário será descartada. Para exemplificar pode-se considerar a seguinte situação: uma criança está jogando videogame na sala quando sua mãe pergunta se ele fechou a janela do quarto. Sem resposta ela repete a pergunta "Ciclano você me ouviu?". O filho então recorrendo à memória sensorial responde. "Se eu fechei a janela do quarto?". Perceba que a informação ficou gravada por alguns segundos e seria perdida se não fosse retomada. Para manter uma informação é necessário um sistema de repetição que pode ser feito por meio verbal ou pela imaginação visual.
- Memória prospectiva: esta memória está relacionada não com o tempo passado, mas sim com o tempo futuro. Trata-se da habilidade de memorizar eventos que estão por vir, seria o lembrar de lembrar. Esta memória tem grande importância no cotidiano das pessoas para o planejamento de estratégias comportamentais, que permitam realizar um objetivo definido ou mesmo cumprir nossa agenda de atividades diárias. Pessoas com problemas na memória prospectiva são consideradas desorganizadas, o que comumente gera problemas sociais e profissionais. O funcionamento desta memória pode ser relacionado ao processo mental feito por um malabarista que joga bolas para cima e as mantém no ar. O número dessas bolas está limitado pelo tempo para mantê-las no ar.

A Memória declarativa ou explícita também apresenta uma divisão, segundo (COSENZA; GUERRA, 2009):

- Memória episódica: é constituída pelas lembranças que temos dos eventos da vida pessoal e da nossa bibliografia. Esta memória está relacionada ao conhecimento do "onde" e "quando" em relação às nossas vidas. Um exemplo é que podemos dizer que o gás carbônico são átomos de oxigênio e átomos de carbono.
- Memória semântica: corresponde às lembranças que temos de coisas e dos processos que nos rodeiam. É possível dizer que esta memória se refere ao conhecimento do "que", "como" e "porque" em nossas vidas. Um exemplo seria lembrar

da fórmula do gás carbônico e lembrar que aprendemos esta informação com uma determinada professora ou em determinada escola.

Já a memória implícita que ocorre independente dos processos conscientes também apresenta divisões em vários processos, porém o tipo mais fácil de observar no nosso cotidiano é a memória de procedimentos. Esta memória é uma memória sensório-motora que se manifesta quando utilizamos habilidades ou procedimentos cotidianos. Esta memória é ativada quando aprendemos a digitar, dirigir, amarrar os cardaços, fazer o nó da gravata, entre outros. Esta memória é fixada através de um processo de repetição.

2.3 Emoções

Não existe um conceito universal sobre emoção, porém existe um consenso de que emoções são um conjunto de informações que os seres vivos sentem ao vivenciar determinadas situações, como a raiva que demonstra que algum impulso recebido incomoda o indivíduo (LEWIS; HAVILAND-JONES; BARRETT, 2010).

O ser humano é movido por suas emoções, sejam estas positivas ou negativas, o que impacta a tomada de decisões, as ações, memória, atenção, dentre outros aspectos da vida. Entretanto, a simulação de emoções computacionalmente é uma tarefa complexa, com um alto grau de dificuldade. Em simulações onde emoções são um fator fundamental, como na tomada de decisões, fatores sociais, fisiológicos e até mesmo hábitos comportamentais, elevam a complexidade necessária para a realização da simulação e sua modelagem computacional (MARSELLA et al., 2010).

Existem várias abordagens para modelar emoções, de forma a simplificar o entendimento de seu funcionamento, de forma a serem simuladas em máquina (GRATCH; MARSELLA, 2001). Dentre essas propostas, algumas se adéquam melhor a modelagem computacional. Um modelo com grande destaque para essa aplicação é o modelo OCC (acrônimo de seus criadores Ortony, Clore e Collins) que se baseia na valência entre emoções positivas e negativas (ORTONY; CLORE; COLLINS, 1990).

Ao analisar este modelo, fica claro o motivo de seu uso em simulações computacionais, devido ao detalhismo com que suas 22 emoções são descritas, como pode ser visto na Tabela 1. O modelo é capaz de identificar emoções geradas a partir de estímulos em um ambiente, baseando-se na valência entre emoções positivas e negativas (ORTONY; CLORE; COLLINS, 1990). Além disso, cada uma destas 22 classes de emoções é especificada como mostrado no exemplo da Figura 1.

Esta especificação está dividida em três elementos:

- TIPO DE ESPECIFICAÇÃO: Disponibiliza em uma sentença concisa as condições que ocasionam o tipo de emoção tratada.

Tabela 1: As 22 emoções do modelo OCC, adaptada de (ORTONY; CLORE; COLLINS, 1990)

Emoções	Condições
<i>Joy</i>	(contente com) um evento desejável
<i>Distress</i>	(descontente com) um evento indesejável
<i>Happy-for</i>	(contente com) um evento que se presume desejável para outro indivíduo
<i>Pity</i>	(descontente com) um evento que se presume indesejável para outro indivíduo
<i>Gloating</i>	(contente com) um evento que se presume indesejável para outro indivíduo
<i>Resentment</i>	(descontente com) um evento que se presume indesejável para outro indivíduo
<i>Hope</i>	(contente com) a perspectiva de um evento desejável
<i>Fear</i>	(descontente com) a perspectiva de um evento indesejável
<i>Satisfaction</i>	(contente com) a confirmação da perspectiva de um evento desejável
<i>Fear-confirmed</i>	(descontente com) a confirmação da perspectiva de um evento indesejável
<i>Relief</i>	(contente com) a não confirmação da perspectiva de um evento Indesejável
<i>Disappointment</i>	(desaprovação de) uma ação condenável do próprio indivíduo
<i>Pride</i>	(aprovação de) uma ação louvável de outro indivíduo
<i>Shame</i>	(desaprovação de) uma ação condenável do próprio indivíduo
<i>Admiration</i>	(aprovação de) uma ação louvável de outro indivíduo
<i>Reproach</i>	(desaprovação de) uma ação condenável de outro indivíduo
<i>Gratification</i>	(aprovação de) uma ação louvável do próprio indivíduo e (estar contente com) um evento desejável relacionado
<i>Remorse</i>	(desaprovação de) uma ação condenável do próprio indivíduo e (estar descontente com) um evento indesejável relacionado
<i>Gratitude</i>	(aprovação de) uma ação louvável de outro indivíduo e (estar contente com) um evento desejável relacionado
<i>Anger</i>	(desaprovação de) uma ação condenável de outro indivíduo e (estar descontente com) um evento indesejável relacionado
<i>Love</i>	(gostar de) um objeto atraente
<i>Hate</i>	(não gostar de) um objeto desagradável

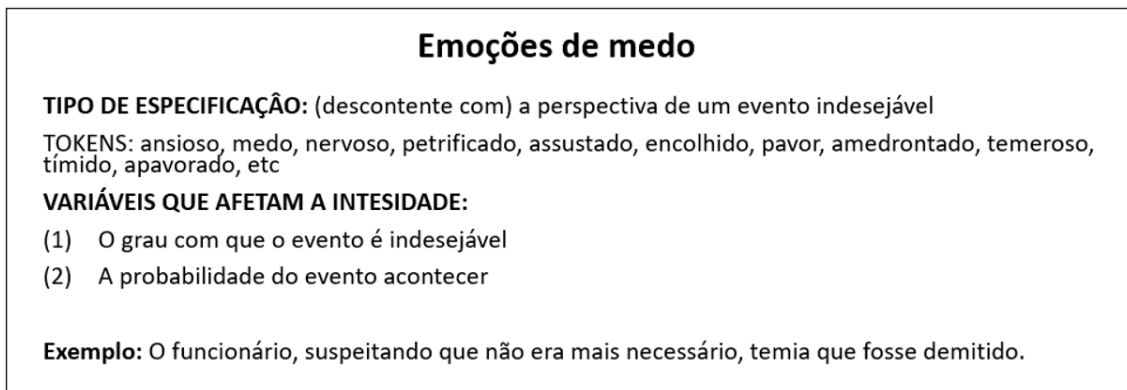


Figura 1: Especificação da Emoção MEDO em seus três elementos, adaptada de (ORTONY; CLORE; COLLINS, 1990)

- **TOKENS:** Uma lista de *tokens* são apresentados especificando quais palavras podem ser classificadas como a emoção tratada. Por exemplo, como *furious* (furioso), *angry* (raivoso) ou *aggressive* (agressivo), são tipos de *anger* (raiva).
- **VARIÁVEIS QUE AFETAM A INTENSIDADE:** Cada emoção contém uma lista de variáveis que afetam sua intensidade. Estas variáveis afetam uma única emoção e variáveis que afetam várias não são consideradas. Quanto maior o número de variáveis mais forte será a intensidade da emoção.

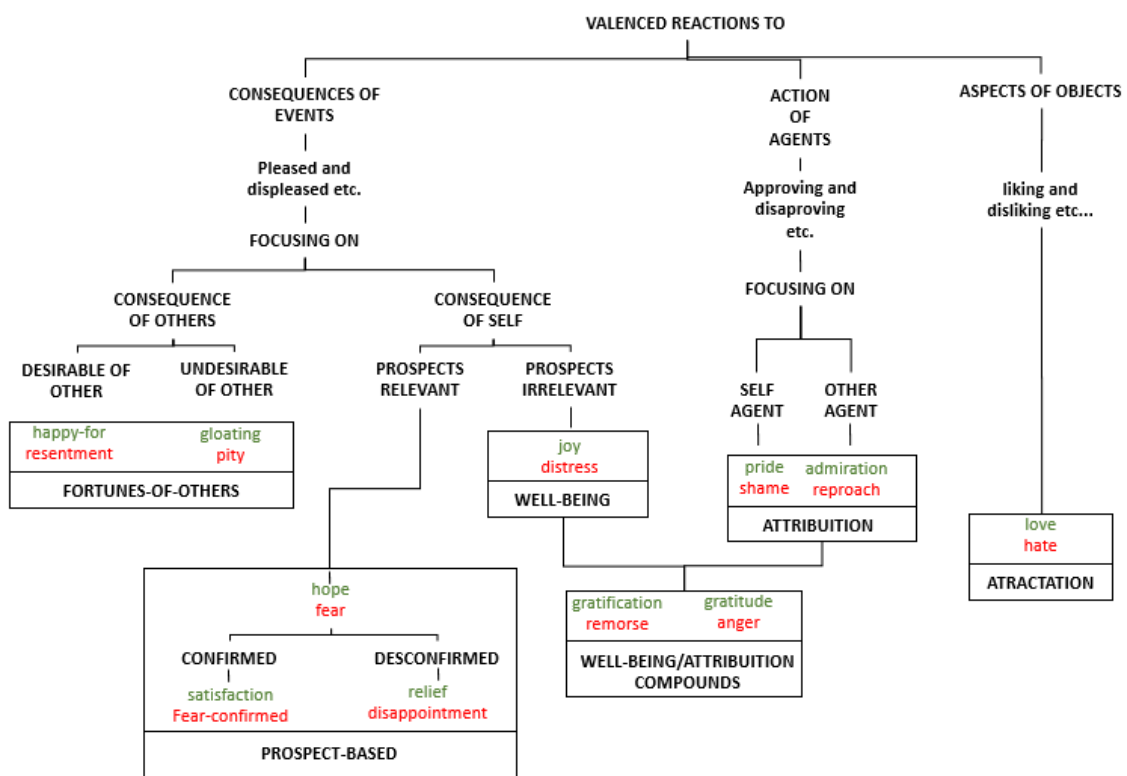


Figura 2: Hierarquia de emoções do modelo OCC, adaptada de (ORTONY; CLORE; COLLINS, 1990)

Seu uso aplicado a agentes é facilitado ainda mais através do sistema de hierarquia proposto por Ortony, Clore e Collins (1990), que divide as emoções em três ramos principais, conforme Figura 2, nos quais as emoções com valência positiva são escritas na cor verde e as emoções com valência negativa na cor vermelha:

- *Event-based Emotions*: São emoções que ocorrem em decorrência de eventos que acontecem com outros indivíduos ou com o próprio indivíduo. As emoções relacionadas ao indivíduo são: *Joy* (Alegria), *Distress* (Angústia), *Hope* (Esperança), *Fear* (Medo), *Satisfaction* (Satisfação), *Fear-Confirmed* (Medo Confirmado), *Relief* (Alívio), *Disappointment* (Desapontamento), e as emoções para outros indivíduos são: *Happy-For* (Feliz Por), *Pity* (Pena), *Gloating* (Contente), *Ressentiment* (Ressentimento).
- *Agent-Based Emotions*: São emoções sentidas em relação a indivíduos, sejam outros ou a si mesmo. As emoções relacionadas a si são *Pride* (Orgulho), *Shame* (Vergonha); já as emoções relacionadas a outros indivíduos são *Admiration* (Admiração) e *Reproach* (Reprovação).
- *Object-Based Emotions*: São emoções relacionadas a objetos, sendo elas *Love* (Amor) e *Hate* (Ódio).

Além disto, existe um conjunto com quatro emoções que são a união dos *Event-based Emotions* e *Agent-Based Emotions*: *Gratification* (Gratificação), *Remorse* (Remorso), *Gratitude* (Gratidão) e *Anger* (Raiva).

2.4 Interação Humano-Agente

Na atualidade, os SMA estão presentes em vários aspectos da vida de uma pessoa, embora muitos nem saibam de sua existência, mas acabam por interagir com estes agentes de uma forma ou de outra, estes agentes interagem com o ser humano de diversas formas tais como:

- Agentes inteligentes tutores: São agentes aplicados ao ensino que objetivam ensinar uma determinada tarefa, auxiliando o aluno através de dicas, adaptando a forma com que o conhecimento é passado de modo a se encaixar melhor ao perfil do aluno, a fim de manter o aluno motivado e assim ele aprenda o conteúdo desejado (GIRAFFA; VICCARI, 1998).
- Agentes inteligentes aplicados a internet das coisas: São agentes responsáveis pelo controle de todos elementos eletrônicos de uma casa, apartamento ou até mesmo um prédio inteiro, controlam ar condicionado, aquecedor, fogão, máquina de fazer pão, luzes, controle de umidade do jardim e outros. Um único carro pode conter um

sistema com vários agentes responsáveis por cada um de seus sensores (KAGERMANN et al., 2013).

- Agentes inteligentes aplicados a jogos: Estes agentes atuam em jogos de maneiras diversas em diálogos do jogador com NPC (*Non-Player-Characters*), tornando inimigos mais inteligentes e menos previsíveis e em jogos de MMorpg (*Massive Multiplayer Online Role Playing Game*), podendo atuar no controle da variação climática do mundo onde o jogo ocorre, ou os tipos de “evento” que o correm no mundo (D’AMICO et al., 1995).
- Agentes inteligentes aplicados a fábricas: Semelhantes aos agentes aplicados á internet das coisas, este tipo de agente se tornou possível graças aos sistemas inteligentes, integração de vários componentes dentro de uma fábrica a fim de criar uma fábrica adaptável e reconfigurável conforme a necessidade, a chamada indústria 4.0. Nestas fábricas são usadas computação em nuvem, sistemas de monitoramento para controlar a organização e as máquinas da fábrica com cada máquina sendo um agente inteligente que interage com seu operador (KAGERMANN et al., 2013).

2.5 Interação Agente-Agente

A capacidade de um agente interagir com outro é crucial para um sistema multiagente, pois grande parte do uso de SMA é em simulações nas quais os agentes interagem apenas com agentes, sem interação com o meio externo ou pessoas. Estes agentes podem agir de diversas formas, colaborativamente, competitivamente e até mesmo apresentar hierarquia social entre os agentes (GRZONKA et al., 2018).

Porém, a utilização de sistemas multiagente sem intervenção externa, apesar de parecer ser mais simples do que um sistema que interage com o usuário, apresenta alguns problemas em sua implementação, pois todas as ações serão tomadas pelos agentes, os resultados obtidos podem ser muito diferentes dos desejados até que haja a calibração do sistema desenvolvido. A comunicação com outro agente pode envolver a realização de uma tarefa ou simplesmente troca de informações. Esta capacidade de interação entre agentes é muito importante quando utilizada na internet das coisas, por exemplo, sendo a ponte de comunicação entre vários aparelhos dentro de uma casa, ou então em simulações onde agentes devem colaborar entre si ou então formar grupos e competir (CARDOSO, 2017).

A fim de tornar esta interação mais simples e gerar um número menor de possíveis ações indesejadas causadas por má comunicação entre agentes, deve-se usar linguagens de comunicação dos agentes, como a KQML (*Knowledge Query and Manipulation Language*), que é um protocolo para transportar e formatar mensagens baseadas no ato da fala e define um conjunto de mensagens primitivas e suas respostas (FININ et al., 1994).

A comunicação baseada em KQML contém três partes, como apresentado a seguir:

- Parte 1: corresponde ao conteúdo e pode ser codificada através de linguagens de representação.
- Parte 2: Corresponde á comunicação e é constituída pelas identificações do emissor e do receptor e o ID da mensagem.
- Parte 3: Especifica o conteúdo da mensagem.

Em termos sintáticos, a KQML define uma mensagem como cada uma sendo uma lista de parênteses, o primeiro elemento é performativo e os restantes representados em pares são os argumentos, uma das plataformas utiliza o KQML é o Jason.

2.6 Processamento de Linguagem Natural

Atualmente é notório, o uso da IA nos mais variados segmentos da área de Tecnologia da Informação (TI). A IA visa tornar máquinas e computadores capazes de imitar ações humanas para descobrir soluções para problemas comuns (MAKRIDAKIS, 2017).

Neste sentido, são utilizados métodos de aprendizado cada vez mais complexos e baseados em IA que auxiliam à resolver problemas computacionais, sociais, biológicos, físicos... Em fim, uma infinidade de áreas de estudos. Isso é possível através do aprendizado de máquina, ou seja, por meio de conhecimento adquirido. Contudo, é necessário que o computador tenha alguns recursos, como entender a linguagem natural (NORVIG; RUSSELL, 2014).

A comunicação existente entre máquinas e seres humanos ocorre por meio da linguagem natural, que permite que os computadores, com base em modelos estatísticos e na análise de padrões de comportamento linguístico, possam traduzir as frases informadas por seus usuários para a linguagem de máquina (SILVA, 2006).

O Processamento de Linguagem Natural (PLN) comumente utiliza conceitos linguísticos como substantivo, verbo, adjetivo, entre outros, denominadas *Part-Of-Speech*, além de estruturas gramaticais. O PLN também lida com situações mais complexas, como anáforas e ambiguidades. Isso é feito através de algumas representações de conhecimento como: léxicos de palavras e seus significados; propriedades e regras gramaticais da linguagem; tesouros de sinônimos ou abreviações; e ontologias de entidades e ações (INDURKHYA; DAMERAU, 2010).

No PLN o texto é tratado como uma sequência de caracteres, porém a estrutura hierárquica da linguagem é considerada. Ao analisar a linguagem pelo seu significado, os sistemas de PLN podem ser utilizados em uma diversa gama de papéis, como corretores gramaticais, na conversão de fala para texto, na tradução automática de texto entre linguagens e na análise de sentimentos/mineração de opiniões (LIU; ZHANG, 2012).

Cotidianamente, a linguagem humana nem sempre é escrita ou falada corretamente, entender a linguagem humana é entender não apenas as palavras, mas os conceitos e como eles estão ligados entre si para criarem significados. Apesar da facilidade que temos, como humanos, de aprender a linguagem natural, a ambiguidade de uma linguagem é o que torna o PLN um problema difícil para computadores.

Tipicamente, o processamento de linguagem natural é dividido em etapas, expondo as distinções linguísticas teóricas traçadas entre sintaxe, semântica e pragmática, esse processo é mostrado na Figura 3:

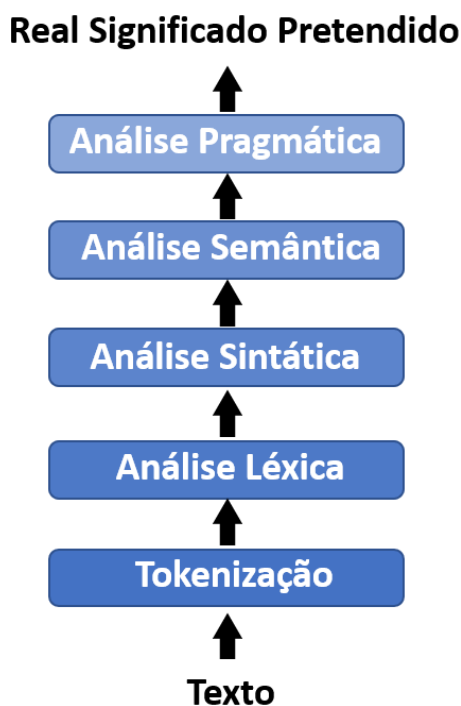


Figura 3: Etapas do PLN

- Tokenização: quebra a sequência de caracteres de um texto identificando o início e fim de cada palavra e através disto identifica caracteres alfabéticos e caracteres especiais (INDURKHYA; DAMERAU; PALMER, 2010);
- Análise léxica: é responsável por relacionar uma palavra a suas variantes e para isto é utilizado um dicionário de lemas (INDURKHYA; DAMERAU, 2010)
- Análise sintática: é responsável por se preocupar com a estrutura das sentenças em uma gramática formal, pois o significado de uma frase não está em palavras separadas e sim no conjunto que forma a frase (LJUNGLÖF; WIRÉN, 2010).
- Análise semântica: em textos longos é útil para recuperação de informação, extração de informação, sumarização de textos, mineração de dados e tradução para linguagem de máquina e auxiliares de tradução (GODDARD; SCHALLEY, 2010);

1. Análise de sentenças: cujo conteúdo de cada pergunta é analisado.
2. Análise semântica e estatística: etapa de busca de sentenças e evidências para selecionar as respostas e consolidar um banco de dados.

Na etapa 1 da Arquitetura do Watson, quando um banco de dados é obtido, a questão é analisada e é possível identificar a qual tópico ele pode estar relacionado. Nesta primeira etapa, são identificados alguns elementos, como: o assunto principal da pergunta, o tipo de pergunta solicitada, sua classificação e os elementos que necessitam de algum tratamento.

O próximo passo é decompor a pergunta, onde fatos independentes estão relacionados a outras perguntas, a fim de responder à pergunta principal feita. Na etapa 2, é realizada uma busca no banco de dados para gerar as hipóteses que atendem às respostas da pergunta, para isso, diversas técnicas de busca são utilizadas nesse processo. Para selecionar as melhores respostas, ocorre o que é chamado de pontuação de evidência. Essas respostas são refinadas no estágio *Synthesis* e as 100 principais respostas devem ser classificadas para o top 5. No final do processo, modelos predefinidos gerados durante o desenvolvimento da arquitetura são usados para obter o melhor resposta (VARGA, 2014).

2.7 Ferramentas para Sistemas Multiagente

Com o intuito de implementar uma arquitetura que integre SMA, emoções e memória proposta no problema de pesquisa foram analisadas as seguintes ferramentas: CORMAS⁶, Gama⁷, JACK⁸, JADE⁹, Jason¹⁰, NetLogo¹¹ e MAELIA¹² apresentadas de forma sumariada na Tabela 2. Para cada ferramenta foram analisadas a linguagem, se é *open source*, se suporta BDI, sua última atualização e se suporta comunicação baseada nos atos da fala.

- CORMAS (*COmmon pool Ressources and Multi-Agent Simulations*): É uma ferramenta desenvolvida pela unidade de pesquisa green Do CIRAD (*Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement*) para desenvolvimento de SMA focados na modelagem da relação entre a sociedade e o ambiente. A linguagem utilizada para o desenvolvimento da plataforma CORMAS foi o Visualworks e para desenvolver modelos é utilizada a linguagem orientada a objetos Smalltalk, e ainda é possível importar códigos na linguagem dinâmica Pharo, feita com base na linguagem Smalltalk. O que pode facilitar a construção de simulações e modelos baseados em agentes (BOMMEL et al., 2016).

⁶<http://cormas.cirad.fr/>

⁷<https://gama-platform.github.io/>

⁸<https://aosgrp.com/products/jack/>

⁹<https://jade.tilab.com/>

¹⁰<http://jason.sourceforge.net/>

¹¹<https://ccl.northwestern.edu/netlogo>

¹²<http://maelia-platform.inra.fr/>

Tabela 2: Ferramentas utilizadas para programar SMA.

Ferramentas	Linguagem	Open source	BDI	Última atualização	Suporte a atos da fala
CORMAS	Smaltalk	Sim	Não	09/2019	Não
GAMA	GAML Language	Sim	Sim	15/11/2019	Não
JACK	JACK Agent Language	Não	Sim	01/07/2015	Sim
JADE	JAVA	Sim	Não	08/07/2017	Não
JASON	Agentspeak(L) e Java	Sim	Sim	04/11/2019	Sim
NETLOGO	Linguagem própria	Sim	Possui extensão	10/12/2019	Não
GAMA (MAELIA)	GAML language	Sim	Sim	15/11/2019	Não

- **Gama Platform:** É uma plataforma que prove um ambiente completo para desenvolver modelos e simulações multiagentes espacialmente explícitas relacionadas ao ambiente, inicialmente desenvolvida por uma equipe formada por pesquisadores francês e vietnamitas e atualmente está sendo desenvolvida por um consórcio de parceiros acadêmicos liderados pela UMMISCO (*Unité de Modélisation Mathématique et Informatique des Systèmes Complexes*). Os usuários também podem instanciar agentes a partir de dados GIS (Geographic Information Systems), bancos de dados ou arquivos GIS e executar simulações em larga escala contando com até milhões de agentes caso seja necessário além de apresentar interfaces avançadas que possibilita a análise detalhada dos agentes, ações e painéis controlados pelo usuário, também apresenta telas aspectos em diversas camadas 2D ou 3D. O Gama é *open source* e conta com uma linguagem própria para desenvolver modelos, a GAML language e apresenta suporte a BDI.
- **JACK:** É um ambiente multi-plataforma para criar, executar e integrar sistemas multiagente de nível comercial. Foi construído sobre uma base lógica sólida: BDI é totalmente escrito em Java. Sua base Java significa que o JACK pode ser executado com vários encadeamentos em várias CPUs, possui GUIs independentes da plataforma e pode ser facilmente integrado a bibliotecas de terceiros. O JACK é o kit de ferramentas do agente BDI comercial que usa uma linguagem intuitiva que estende a linguagem de programação Java com determinadas palavras-chave específicas do agente. É a primeira plataforma a apresentar suporte para recursos e estruturas de equipe genéricas, porém não tem capacidade de atender as especificações FIPA (WINIKOFF, 2005). A linguagem de agentes JACK apresenta 5 níveis de componentes chave:

- *Agent*: O argumento principal do Jack.
 - *Event*: Modelar eventos e mensagens capazes de mostrar reação a eles.
 - *Project*: Modelar a descrição do processo prático para responder certos eventos.
 - *Ability*: Coletar os componentes operacionais tais como Eventos, Mapas, coleções de crenças e outros recursos e assim usar os agentes.
 - *Believe collection*: Modelar o conhecimento de mundo que cada agente apresenta.
- **JADE (*Java Agent DEvelopment Framework*)**: É um *framework* desenvolvido em Java e é um software livre distribuído pela Telecom Italia. Ele facilita a implementação de SMA através de um *middleware* que atende as especificações FIPA e por meio de um conjunto de ferramentas gráficas. Um sistema baseado em JADE pode ser distribuído em diversas máquinas, inclusive com sistemas operacionais diferentes e a sua configuração pode ser controlada com a ajuda de uma GUI remota. As configurações podem ser alteradas em tempo de execução, movendo agentes de uma máquina para outra caso necessário. O JADE é completamente implementado na linguagem Java e o requisito mínimo do sistema é a versão 5 do JAVA (BELLIFEMINE; CAIRE; GREENWOOD, 2007).
 - **NETLOGO**: É um ambiente de modelagem programável SMA. Ele foi projetado através da linguagem Logo. O NetLogo permite a exploração de fenômenos emergentes, e acompanha uma vasta biblioteca de modelos, incluindo modelos em várias áreas, como economia, biologia, física, química, psicologia e dinâmica de sistemas. Pode ser usado tanto por professores da comunidade educacional quanto por especialistas de uma área que não tenha experiência em programação para modelar fenômenos. Além da exploração, o NetLogo possibilita criar novos modelos e possibilita alterar modelos existentes. Ele também capacita o HubNet, uma tecnologia que usa o NetLogo para executar simulações participativas na sala de aula e devido a isto é popular na comunidade de ensino e pesquisa.
 - **GAMA (MAELIA)**: É uma plataforma SMA, para modelagem e avaliação integrada de territórios agrícolas bio-economia territorial. Tem por objetivo avaliar os impactos ambientais, econômicos e sociais das mudanças combinadas nas atividades agrícolas, a transformação e reciclagem de biomassa, os métodos de gestão de recursos naturais e globais. Permite lidar com escalas espaço-temporais pequenas e as interações entre atividades agrícolas, a hidrologia dos diferentes recursos hídricos e os recursos hídricos gestão. Atualmente, é usado para avaliar os impactos dos cenários de distribuição de sistemas de agroecologia nas águas verde e azul,

fluxos de nitrogênio e carbono nas bacias hidrográficas e de trocas de produção entre criadores de gado arável e pecuário, individual e coletivo. desempenhos ambientais e socioeconômicos. É *open source* com Suporte a BDI e a linguagem de programação é GAML language.

- JASON: É um intérprete para uma versão estendida do *AgentSpeak-L*, apresenta uma linguagem de programação lógica orientada a agentes BDI e é implementado em Java além de ter suporte a KQML. Ele implementa a semântica operacional dessa linguagem e fornece uma plataforma para o desenvolvimento SMA, com muitos recursos que o usuário pode personalizar. Usando o SACI, um SMA pode ser distribuído por uma rede sem dificuldade. Além de interpretar o *AgentSpeak-L*, o Jason ainda conta com alguns outros recursos (BORDINI; HÜBNER; WOOLDRIDGE, 2007):

- Forte negação, para que tanto a suposição do mundo fechado quanto o mundo aberto estejam disponíveis.
- Tratamento de falhas no plano.
- Comunicação entre agentes baseada em atos de fala (e anotações de crenças nas fontes de informação).
- Anotações em crenças usadas para informações de nível meta e anotações em rótulos de plano que podem ser usadas por funções de seleção elaboradas.
- Suporte ao desenvolvimento de ambientes (em java).
- Funções de seleção totalmente personalizáveis (em Java), funções de confiança e arquitetura geral do agente (percepção, revisão de crenças, comunicação entre agentes e atuação).
- Uma biblioteca de “ações internas” essenciais.

Além destes recursos o *AgentSpeak-L* presente no Jason conta com o *reasoning cycle*, que consiste em uma série de etapas de execução que começam a ser executadas até que o agente interrompa seu raciocínio, estas etapas podem ser vistas na Figura 5:

1. Percebendo o Ambiente.
2. Atualizando a Base de Crenças.
3. Recebendo comunicação de outros agentes.
4. Selecionando mensagens ”socialmente aceitáveis”.
5. Selecionando um evento ciclo de raciocínio (etapas).
6. Recuperando todos os planos relevante.

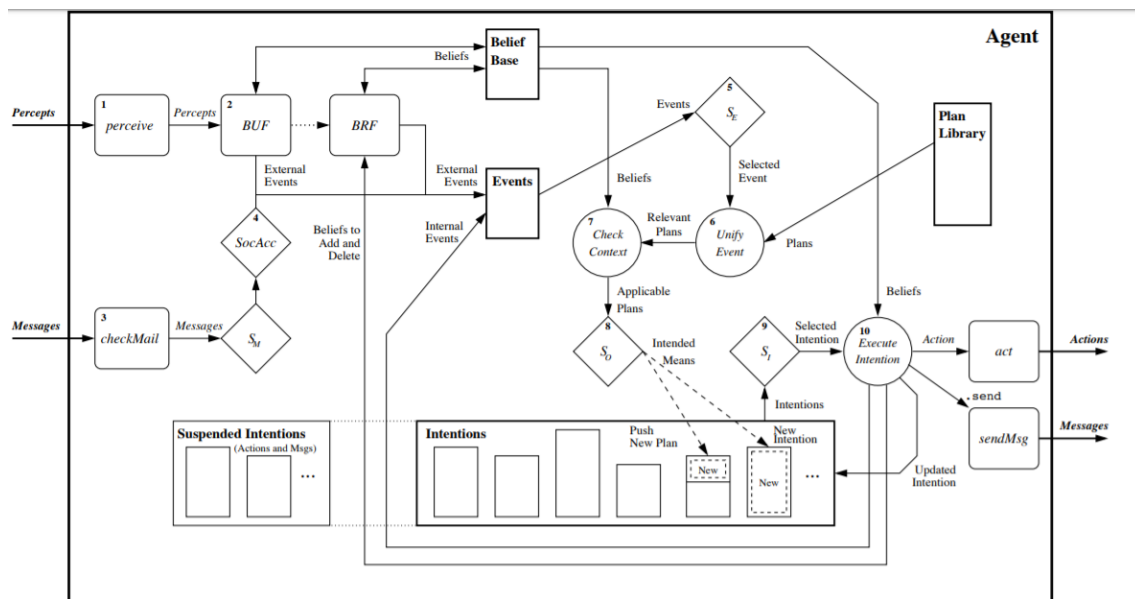


Figura 5: Passos do *reasoning cycle* (BORDINI; HÜBNER; WOOLDRIDGE, 2007).

7. Determinando os planos aplicáveis.
8. Selecionando um plano aplicável.
9. Selecionando uma Intenção para Execução Adicional.
10. Executando uma etapa de uma Intenção.

Ao analisar diversas ferramentas relacionadas a SMA verificou-se que o Jason é a ferramenta ideal para a construção deste sistema devido as características que se sobrepõe a outras ferramentas com relação ao que é necessário ao projeto proposto. O Jason conta com atualizações constantes, grande capacidade de modificações, uma vasta biblioteca e diversos outros fatores apontados anteriormente nesta seção.

Além do Jason, optou-se por utilizar o Watson porque essa ferramenta provê uma grande capacidade de personalização, a qual é atualizada frequentemente. O Watson foi utilizado visto que ele é capaz de interpretar e processar as mensagens que são trocadas entre os agentes.

E, para conseguir especificar cada uma das emoções, foi utilizado um modelo psicológico e validado de emoções que é o OCC.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo são apresentados trabalhos que relatam a aplicação de conceitos e teorias alinhadas á este estudo. Para isto, realizou-se um levantamento bibliográfico em portais de periódicos de relevância na área, como o portal de periódicos da CAPES, IEEE, ACM, SPRINGER e IFAAMAS, além de artigos publicados em congressos e periódicos, a fim de identificar as principais características utilizadas no desenvolvimento da proposta aqui apresentada, pesquisou-se por trabalhos relacionados a emoções, SMAs e memória.

Pela semelhança com a proposta de arquitetura a ser desenvolvida neste trabalho, analisou-se o trabalho de Sen et al. (2018), o qual, através do desenvolvimento de um jogo, denominado *Game of Trust* (GoT), investiga como a experiência passada afeta a confiança humana e os níveis de esforço baseado em interações entre agentes.

O GoT é um jogo em equipe para dois jogadores, em que cada um participa de n interações sequenciais. Na i -ésima interação, os jogadores recebem uma tarefa em equipe e os agentes precisam desenvolver rapidamente uma compreensão da expectativa dos membros da equipe humana e se adaptar de acordo. Os jogadores devem então cooperar repetidamente, para concluir as tarefas da equipe sem a atribuição prévia de sub-tarefas. Os efeitos da experiência passada na confiança humana são avaliados através da realização de um extenso conjunto de experimentos controlados.

Os resultados mostram que a experiência passada positiva (ou negativa) aumenta (ou diminui) a confiança humana nos colegas de equipe do agente e a experiência passada pode afetar três antecedentes de confiança: estado emocional, experiência em jogos e expectativa. Essas descobertas fornecem evidências claras e significativas da influência de fatores-chave na confiança humana em colegas de equipe de agentes virtuais e aprimoram a compreensão das mudanças na confiança humana em colegas de equipe de agentes em nível de pares em relação à experiência passada.

Através desse sistema, é possível realizar um estudo sobre as características de emoções para facilitar a modelagem de problemas reais, permitindo que os agentes consigam lidar melhor com cenários nas quais a área de inteligência artificial clássica, lógica e formal tem dificuldade de atuar.

Outro trabalho alinhado à concepção de sistemas multiagente é o estudo realizado por

Spaulding e Chen (2018), o qual apresenta um sistema baseado em multiagentes para avaliar autonomamente a pronúncia das palavras de crianças no contexto de um jogo educativo com um robô social, com a capacidade de imitar as habilidades emotivas, perceptivas e empáticas de professores humanos.

Nesse estudo, os autores descrevem a utilização de um robô social para auxiliar na alfabetização de crianças. Esse robô tenta imitar algumas características emotivas, perceptivas e empáticas de professores humanos para avaliar a leitura das crianças por meio da pronúncia das palavras, utilizando para isso agentes autônomos.

O sistema desenvolvido envolve a utilização de uma interface interativa, por meio de um jogo, nas quais imagens e letras de palavras de um Currículo de Teste (por exemplo, animais ou utensílios domésticos comuns) aparecem no centro da tela e, quando um par figura/palavra aparece, o robô e a criança "corre" para tocar botão, dando ao jogador que toca pela primeira vez dizer a palavra em voz alta e receber um ponto, se a pronúncia é considerada "correta". A cada rodada, o robô decide qual ação do jogo executar nessa rodada e qual palavra introduzir para maximizar algum objetivo (por exemplo, obter informações, ensinar palavras ou simplesmente facilitar uma interação envolvente).

O robô então analisa o discurso coletado das respostas no jogo de cada criança para criar dois modelos diferentes de habilidade de pronúncia de palavras: um que modela o estilo da criança e outro que modela a pontuação média da pronúncia de cada palavra no currículo de teste. Na Figura 6, pode-se ver uma criança interagindo com o robô.

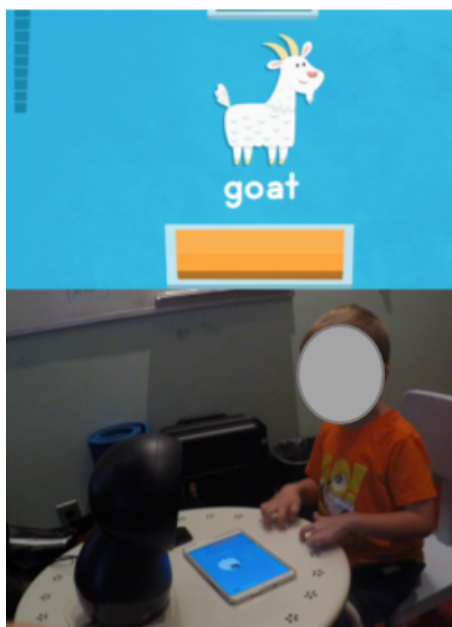


Figura 6: Criança jogando um jogo de palavras competitivo com um robô social, seguido de um teste individualizado

Os resultados obtidos mostraram que o sistema pode avaliar efetivamente a capacidade de pronúncia das crianças em um discurso capturado durante jogabilidade autônoma

e interativa por meio de agentes. Isto torna a produção atual uma contribuição valiosa para pesquisadores interessados no desenvolvimento de tecnologia comportamental, estimulando o desdobramento de inúmeros estudos futuros em campos variados de aplicação.

Outra pesquisa relacionada à temática abordada neste trabalho é o estudo de Lallé, Conati e Azevedo (2018), que avalia a influência de agentes pedagógicos no aprendizado de alguns estudantes e como esses agentes podem influenciar suas emoções enquanto eles aprendem por intermédio de sistemas de tutoria inteligentes. Estes agentes foram capazes de conseguir reagir a episódios de afeto negativo com base nos objetivos do aluno, aproveitando apenas as informações de rastreamento ocular. O sistema de tutoria inteligente foi denominado MetaTutor e consiste de diagramas e páginas de texto relacionadas ao sistema circulatório com vários agentes pedagógicos com a capacidade de comunicação, como mostrado na Figura 7.

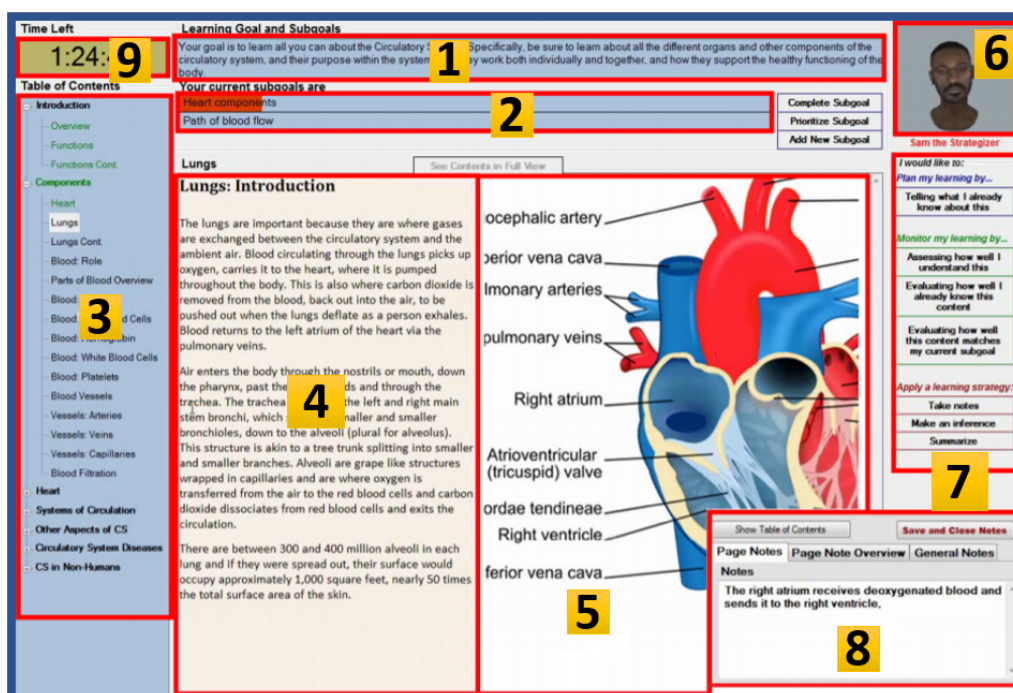


Figura 7: Tela do MetaTutor

A seguir, é detalhado partes da tela de como o MetaTutor é composto, conforme a Figura 7.

- 1) Objetivo geral de aprendizado.
- 2) Subobjetivos.
- 3) Tabela com conteúdo.
- 4) Texto de aprendizagem.
- 5) Diagrama.

- 6) Agente pedagógico.
- 7) Paleta *Self-Regulated Learning*.
- 8) Notas para cada conceito.
- 9) Temporizador.

Para que isso fosse possível, o sistema implementado utilizou-se de vários classificadores, capturando os padrões de olhar dos alunos, bem como a distância da cabeça à tela, para investigar a previsão em tempo real das metas de realização dos alunos e da valência emocional durante a interação com vários sistemas de tutoria inteligentes.

O foco destes classificadores era descobrir quais solicitações e o *feedback* gerados pelos sistemas que poderiam gerar reações afetivas negativas nos estudantes, detectadas em tempo real. Os pesquisadores também mostraram que essa previsão pode ser feita em conjunto com a previsão de metas de conquista (ou seja, uma característica de longo prazo).

Os resultados desta aplicação foram promissores, para modelagem de agentes pedagógicos, uma vez que os classificadores conseguiram prever efetivamente as emoções dos estudantes durante a utilização do sistema em tempo real.

Já o estudo realizado por Khadka, Yates e Tumer (2019) demonstrou que o aprendizado em sistemas multiagente pode ser influenciado diretamente pela memória. Este estudo prevê a uma modelagem de memória, no qual os agentes possuem uma memória compartilhada, que pode ser lida e atualizada coletivamente.

Porém, cada agente no sistema era capaz de processar seu próprio fluxo de informações sequenciais de forma independente, enquanto interagia com a memória externa compartilhada para identificar, reter e propagar informações importantes.

Deste modo, informações relevantes eram distribuídas, fazendo com que os agentes assimilassem rapidamente os recursos das tarefas realizadas entre o grupo de agentes distribuídos, em uma memória externa reconfigurável, utilizando esse conhecimento para o aprendizado multiagente.

Os pesquisadores observaram que isso permitiu que o grupo de agentes se adaptasse instantaneamente com base nas observações de seus vizinhos. Assim, o conhecimento é adquirido pelo sistema, a partir de seu ambiente, através de um processo de aprendizado. A cada nova experiência, o agente melhora sua capacidade de prever o resultado de suas ações e, conseqüentemente sua capacidade de tomar boas decisões.

O trabalho de Zhang, Thalmann e Zheng (2016) é um estudo que aborda uma revisão sobre aspectos importantes ao combinar emoções e memória com o diálogo de uma companhia virtual ou um robô social. Foram identificados quatro aspectos importantes ao se desenvolver o diálogo de um robô virtual, sendo eles: memória episódica, emoções, humor e personalidade.

A memória episódica é importante para que o robô possa lembrar de acontecimentos, datas e informações importantes relacionadas ao interlocutor. Já o uso de emoções é importante para tornar a conversa mais real e causar uma ligação emocional do robô com o interlocutor e ajudar na construção da memória.

Neste sentido, emoções fortes ajudam a fixar uma memória melhor na mente humana. Observa-se que, todo ser humano acorda com um humor diferente a cada dia, seja feliz, triste, estressado, cansado ou enraivecido. Sendo assim, é natural que um robô virtual que queira simular um ser humano também apresente estas características.

Contudo, a personalidade é uma característica única de cada ser humano. Nesta pesquisa são representadas através do *Big Five Model*, dividindo as personalidades em 5 grupos *Openness*, *Conscientiousness*, *Extroversion*, *Agreeableness*, *Neuroticism*, mas o trabalho apresenta apenas o modelo, pois esta parte do sistema ainda não foi desenvolvida.

Nessa mesma linha de pesquisa, pode-se citar, o estudo realizado por Kaptein et al. (2017), que apresenta o contexto de um assistente virtual pessoal que tira proveito das características do modelo BDI para auxiliar no desenvolvimento de um estilo de vida saudável para crianças entre 7 a 14 anos com diabetes tipo 1. Este assistente virtual é capaz de se explicar com base nos objetivos através de emoções, fazendo assim com que a criança entenda melhor o que é pedido e tornando a interação mais real, como mostrado na Figura 8. Isto fica ainda mais claro no exemplo dado pelo artigo, ao qual é mencionado a seguir:

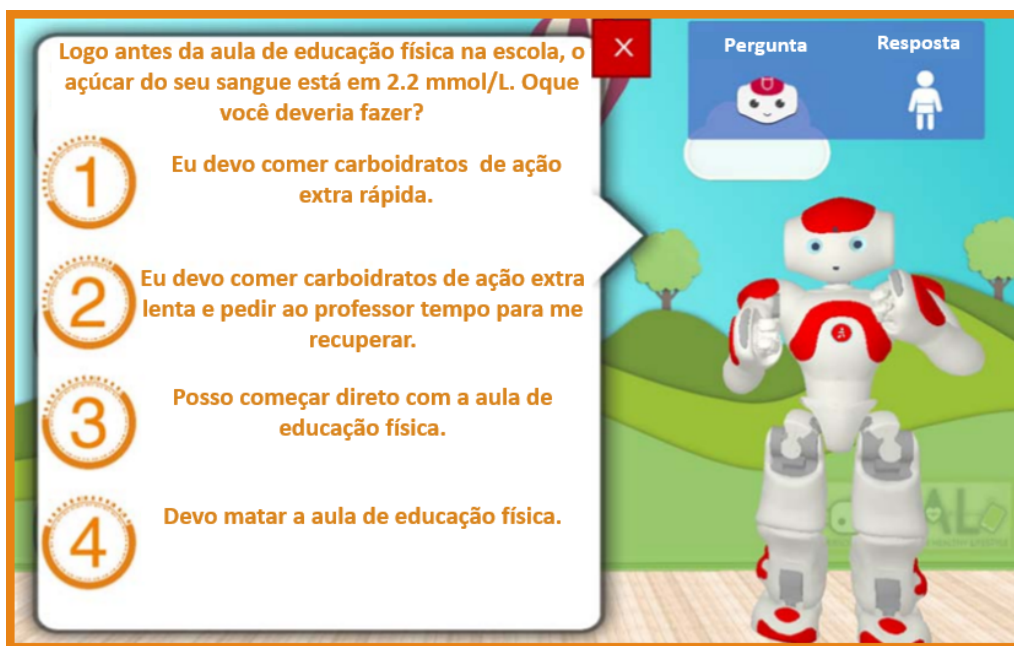


Figura 8: Tela do programa onde a criança interage com o agente

- Assistente pessoal: Antes de você ir para o ginásio da escola, o açúcar no seu sangue estava em 2.2 mmol/L. O que você deve fazer?

- E o assistente complementa com a seguinte frase: Eu quero saber como regular o nível de glicose no seu sangue quando você estiver hipoglicêmico. Isto iria me fazer feliz.

Este trabalho elucida um aspecto que pode aprimorar muitos projetos de SMA, cuja utilização de emoções tem a capacidade do agente explicar o seu objetivo ou perguntar, utilizando emoções ou até mesmo, como mostrado no exemplo, utilizar emoções para “manipular” o usuário a fazer o que é pedido.

Outro aspecto importante para criar um agente que simula o ser humano de forma mais realística é a inclusão do conceito de personalidades ao SMA, como é feito no trabalho de Urban e Adamatti (2018), cuja proposta foi a integração entre personalidade e emoção com base no comportamento humano.

Essa proposta também é aplicada a um sistema multiagente, que apresenta um estudo sobre a personalidade de cada agente e como isso afeta a tomada de decisões para que as emoções sejam geradas. Para isso, foram utilizados o modelo de emoções OCC e o modelo de personalidades OCEAN (*Big Five Model*), atrelados ao uso de SMA, de forma a demonstrar como emoções podem influenciar mudanças de personalidade e indiretamente as ações dos agentes. Também foi demonstrado como a personalidade influencia nas ações dos agentes e pode indiretamente influenciar nas suas emoções.

Além disso, o modelo proposto é genérico em relação a emoções e personalidade. Porém, o grande diferencial do modelo proposto é que a integração das emoções e da personalidade, e o modo como uma influencia a outra, o que não ocorre em outros modelos propostos.

O trabalho de Costantini, Gasperis e Migliarini (2019) propõe o design de um robô capaz de se comunicar com humanos e manter uma interação enfática, ou seja, reconhecendo e expressando emoções. Porém, existem várias formas de expressar emoções como foram elucidadas no trabalho, sendo algumas delas:

- Verbais: Fala e Texto.
- Não Verbais: Entonação, Volume, Ritmo e Pausas.
- Paralinguagem: Suspiros e Limpar garganta.
- Linguagem corporal: Expressão facial, Contato visual, Olhar, Movimento dos olhos, Gestos, Odores, Tatibilidade, Resposta da pele a toques e Cor e umidade da pele.
- Proxêmica: Espaço ocupado.

Para isso, algumas tecnologias deveriam estar presente no robô, sendo elas: um sistema de reconhecimento de fala onde são citadas algumas tecnologias como, Google speech API, Amazon Alexa, Mycroft; um sistema de reconhecimento de rostos que poderia

utilizar umas destas tecnologias Kairos Emotion Analysis, Amazon Rekognition, Google Vision, Microsoft Emotion, IBM Watson, Affective, OpenCV and Megvii Face++; um sistema de reconhecimento de postura corporal que poderia utilizar o Microsoft Kinect and deep learning posture tracker. Além disto, a tecnologia sugerida para ligar estas tecnologias é a linguagem de programação Python, devido a sua grande versatilidade e compatibilidade com diversos sistemas.

Outro trabalho alinhado a esta pesquisa é Bourgais, Taillandier e Vercouter (2017), que tem por objetivo criar um formalismo capaz de simplificar simulações sociais utilizando agentes cognitivos e levando em conta a influência das emoções em sua implementação. Para isso, foi utilizada a plataforma multiagente Gama, ao qual por meio desta ferramenta foi possível representar a parte social das simulações, definindo-se assim, os seguintes status:

- *Liking* (Gosto): O grau que um agente gosta do outro;
- *Dominance* (Domínio): Representa o poder que um agente tem sobre outro.
- *Solidarity* (Solidariedade): Representa a distância social entre os agentes, isto indica a similaridade entre, desejos, crenças e valores.
- *Familiarity* (Familiaridade): A quantidade e o tipo de informação que pode ser transmitida a outro agente.

Para o desenvolvimento da parte cognitiva do agente, foi utilizado o modelo BDI e as emoções foram representadas utilizando o modelo OCC.

Já o trabalho de Rossi, Ferland e Tapus (2017) procura identificar os pontos importantes necessários para que um robô ou um agente possa adaptar seu comportamento de acordo com o perfil do usuário ou o objetivo que deseja alcançar. Com base nisto, alguns tópicos foram especificados: aspectos físicos do perfil que corresponde a como uma pessoa se move, ocupação de espaço, temperatura da pele, cheiro e qualquer outro aspecto físico de um indivíduo; aspectos do perfil cognitivo do indivíduo (aqui está incluso o BDI), como emoções, linguagem, gestos e qualquer forma de comunicação cognitiva; aspectos do perfil social correspondem como uma pessoa interage com outra, como empatia, interesse e emoções dentre outros vários aspectos sociais.

Nos estudos realizados e apresentados nesta seção, apesar de terem sido encontrados trabalhos que utilizem de forma conjunta os três conceitos de memória, emoções e sistemas multiagente; a forma que a memória foi implementada nesses trabalhos consiste em crenças do BDI sem modelar conceitos de memória humana propriamente dita, o qual foi desenvolvido neste trabalho. A Tabela 3 apresenta de forma resumida os trabalhos e o uso dos conceitos, também dando ênfase para os modelos BDI, para agentes cognitivos.

Tabela 3: Trabalhos relacionados e áreas abordadas em cada pesquisa

Trabalhos	Emoções	Memória	SMA	BDI
Sen et al. (2018)	Não Especificado	✗	✓	✗
Spaulding e Chen (2018)	Não especificado	✗	✓	✗
Lallé, Conati e Azevedo (2018)	Valência de Emoções	✗	✓	✗
Khadka, Yates e Tumer (2019)	✗	DMMU	✓	✗
Zhang, Thalmann e Zheng (2016)	Diversos	Diversos	✓	✗
Kaptein et al. (2017)	Não especificado	✗	✓	✗
Urban e Adamatti (2018)	OCC	✗	✓	✓
Costantini, Gasperis e Migliarini (2019)	Memória episódica	✗	✓	✓
Bourgais, Taillandier e Vercoouter (2017)	OCC	✗	✓	✓
Rossi, Ferland e Tapus (2017)	Não Especificado	✗	✓	✓
Arquitetura proposta nesta dissertação	✓	✓	✓	✓

Os trabalhos acima citados foram o resultado de uma busca de estudos nas seguintes bases de dados: IEEE, ACM, IFAAMAS e SPRINGER. Para esta busca, foram utilizadas as seguintes palavras-chaves:

- IEEE: multiagent system AND emotions AND memory;
- IFAAMAS: multiagent system AND emotions AND memory AND BDI;
- SPRINGER: MAS AND emotions AND memory AND BDI;
- ACM: multiagent system AND emotions AND memory AND BDI;

Após essa etapa de busca, ao todo, 192 artigos foram selecionados. Em seguida, foi realizada uma etapa de exclusão de artigos duplicados e artigos que não eram completos (apenas abstract). Também foram excluídos artigos pelo título, abstract e palavras-chaves que não eram relevantes ao estudo em questão. Na sequência, procedeu-se à uma leitura diagonal, nessa etapa analisou-se: introdução, figuras, tabelas e a conclusão dos artigos. Um total de 11 estudos, ao quais mencionados neste capítulo, foram selecionados para leitura completa e compõe os trabalhos relacionados a esta dissertação.

4 METODOLOGIA PROPOSTA

O presente trabalho pode ser caracterizado, segundo Rampazzo (2013), quanto aos procedimentos metodológicos, como de natureza tecnológica, considerando que o objetivo é produzir um recurso tecnológico. Pode ser classificada como um método hipotético-dedutivo, devido a sua característica base, que a partir da identificação de uma hipótese que utilizar emoções e memória possibilita a simulação de agentes com a capacidade de tomar decisões mais complexas para propor uma arquitetura que integre emoções, memória, SMA, com agentes cognitivos utilizando o modelo BDI. O processo tem início na implementação e posterior validação ou não dos resultados obtidos. Quanto aos procedimentos adotados, o trabalho foi enquadrado como sendo uma pesquisa exploratória e experimental, por se basear em recolher e registrar dados, viabilizando a descoberta de novos materiais, métodos e/ou técnicas (RAMPAZZO, 2013).

A execução deste trabalho respeita um conjunto de fases pré-definidas, cada uma contendo suas etapas, conforme mostrado na Figura 9.

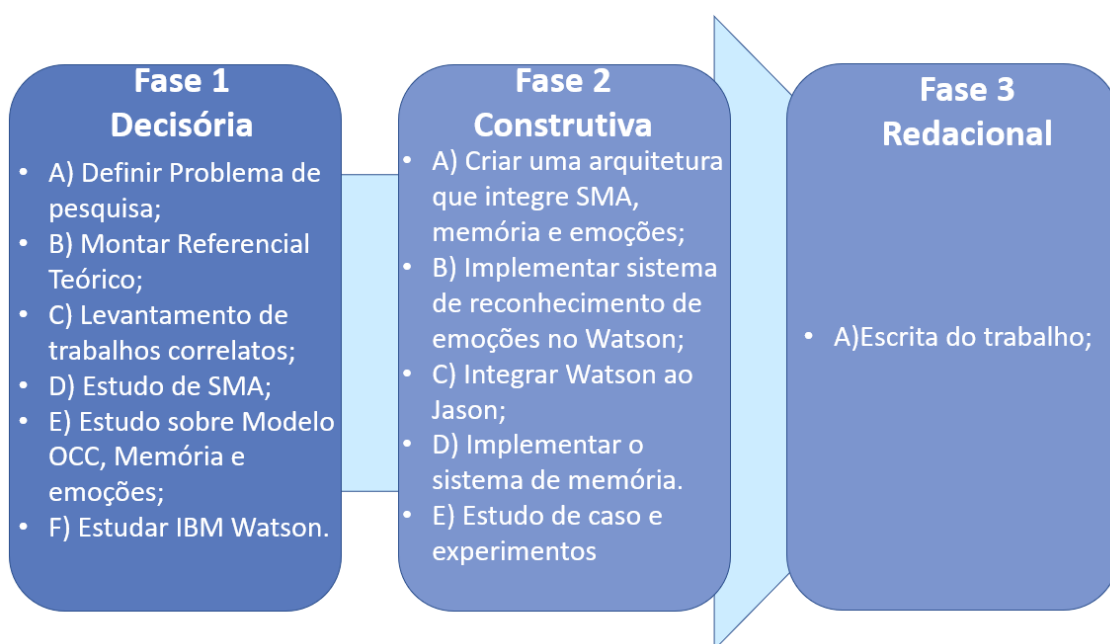


Figura 9: Fases da metodologia proposta neste trabalho

A primeira fase, denominada Fase Decisória, apresenta um conjunto de etapas, sendo que na etapa “A” se expõe o problema de pesquisa, o qual foi definido como desenvolver uma arquitetura que englobe SMA, modelo BDI, Emoções e Memória. Na etapa “B” foi realizado o levantamento teórico bibliográfico necessário para o desenvolvimento do trabalho em portais de periódicos de relevância na área. Já na etapa “C” foram analisados trabalhos relacionados referentes ao uso de emoções e memória atrelados a SMA tais como os apresentados no capítulo 3. Em sequência foi realizado um estudo visando entender melhor os SMA, na etapa “D”. Após, na Etapa “E” foi realizado um estudo sobre memória, emoções e o modelo OCC com objetivo de identificar a melhor forma de implementar estes conceitos á arquitetura. Na etapa “F” foi estudado o funcionamento do IBM Watson.

A fase que abrange as etapas do desenvolvimento deste trabalho, é a fase construtiva, ao qual compreende os seguintes passos:

- (A) Nesta etapa, é definido uma arquitetura que integre SMA, memória, BDI e emoções.
- (B) Posteriormente, o Watson foi programado para identificar emoções em frases. A sua programação passa por três etapas, a saber:
 - (i) Construção das Intenções;
 - (ii) Formação das Entidades;
 - (iii) Criação dos Diálogos.
- (C) Em sequência, foi utilizado um sistema de transferência de mensagens através do Selenium para automatização do envio das informações do Watson para o Jason;
- (D) No sistema desenvolvido, foi implementado uma simulação de memória, seguindo o modelo BDI;
- (E) A seguir, foram realizados os testes e a análise do sistema, a partir de simulações de diálogo.

Por fim, na terceira fase foi conclusão e a escrita do trabalho.

5 ARQUITETURA PROPOSTA

O funcionamento da arquitetura desenvolvida ocorre basicamente da seguinte maneira: uma mensagem é enviada de um agente para outro, a qual contém alguns *tokens*. Estes *tokens* são então capturados e analisados na base de perguntas e respostas do Watson. Essa base determina qual a emoção foi identificada, tendo como base as 22 emoções presentes no Modelo OCC.

Na arquitetura proposta, o Watson é responsável apenas pela identificação dos *tokens* presentes nas mensagens trocadas e é conectado ao Jason pelo Selenium como mostrado na figura 10. Desta forma, pode ser substituído por uma ferramenta semelhante caso seja de interesse do desenvolvedor.



Figura 10: Arquitetura do sistema.

Existem dois tipos possíveis de mensagens a serem interpretadas pelo Watson:

- Declaração com emoção incluída: mensagens que contém pelo menos um símbolo em sua estrutura. Por exemplo:
 - Estou ressentido com ele.
 - Estamos eufóricos com a viagem.
 - Você é uma pessoa amarga.

Nestas frases, *ressentido*, *eufórico* e *amarga* identificadas como *tokens*.

- Declaração sem emoções incluídas: estas são geralmente respostas diretas monossilábicas. Por exemplo:

- Sim.
- Não.

No entanto, também podem ser sentenças mais longas, sem expressão emocional. Por exemplo:

- Eu vou ao mercado.
- O filho dos meus vizinhos nasceu esta noite.
- Ele está construindo sua casa.

Nenhuma dessas declarações contém *tokens* que expressam emoção. Portanto, o Watson não transmitirá ao agente receptor uma emoção expressa pelo agente emissor.

E cada agente conta com uma memória para lembrar se determinado tópico é útil ou não ao se comunicar com o outro agente.

Para um melhor entendimento do funcionamento do sistema é detalhado por meio da Figura 11 a ordem de processamento em relação a comunicação entre os agentes A e B no sistema:

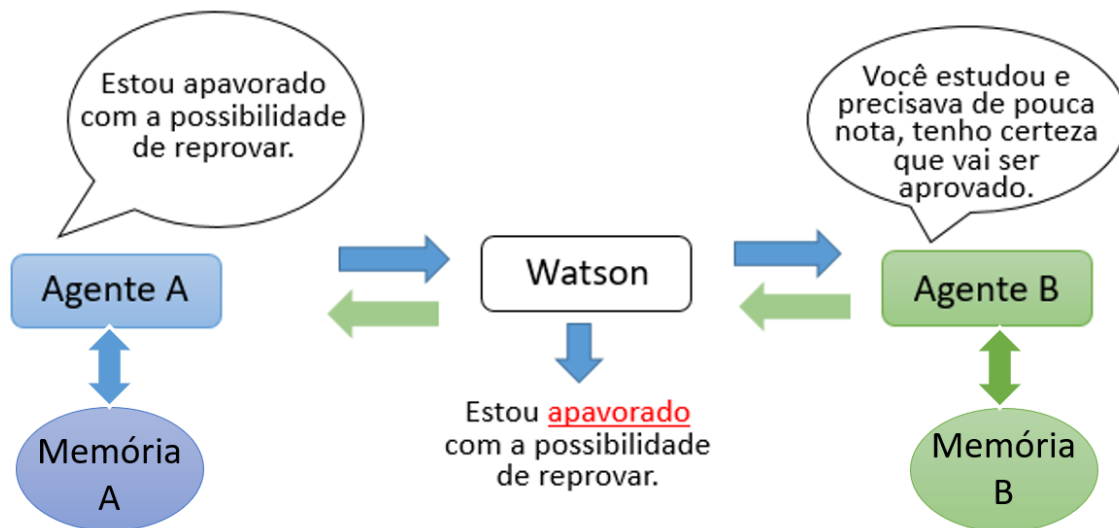


Figura 11: Troca de mensagens entre agentes A e B e identificação de *tokens* pelo Watson.

1. O agente A envia uma mensagem para o Agente B.
2. Esta mensagem é processada pelo Watson, que busca *tokens* e ao encontrar “apavorado” identifica a emoção expressa como medo.

3. O Watson passa a informação de que o agente A está expressando medo ao Agente B.
4. O agente B responde ao agente A com objetivo de acalmá-lo.
5. O Watson processa a mensagem do agente B ("*Você estudou e precisava de pouca nota, tenho certeza que vai ser aprovado.*") e não encontra *token* o que indica que nenhuma emoção foi expressa.

Após a modelagem do sistema e a definição dos *tokens* referentes a cada uma das 22 emoções, foi realizada a implementação no Watson. Esta implementação foi realizada utilizando o módulo do *Watson Assistant*, que normalmente é utilizado em *chat bots*. Porém, neste projeto ele foi adaptado para identificar as emoções presentes no modelo OCC, sendo necessário usar os conceitos de intenção *intent* e Entidade *entity*:

- *Intent*: é a representação do propósito que o usuário inseriu na mensagem, uma intenção é definida para cada tipo de chamada que a aplicação deseja atender. Neste projeto existe uma *intent* para cada emoção.
- *Entity*: representa o termo ou o objeto que é relevante para a intenção e provêm o contexto específico para a intenção. Neste projeto, as entidades são os *tokens* de cada emoção.

A implementação do sistema de emoções e posteriormente, a memória vão afetar de forma expressiva o colocar modelo BDI do agente, pois ao utilizar as emoções e lembrar de eventos passados, a base de crenças do agente será alterada, as mensagens que serão selecionadas para comunicação dependerão da emoção, da memória ou de ambos e o plano a ser aplicado em determinada situação será afetado por esses dois fatores.

Após o sistema ser construído com os primeiros resultados obtidos, a validação do sistema será realizada em um estudo de caso onde os agentes interagem em três cenários: sem a presença de emoções e memória; com a presença de emoções; e com a presença de emoções e memória. Assim, será realizada uma comparação a fim de identificar as diferenças e vantagens entre os dois sistemas.

5.1 Implementação

Para implementar a arquitetura proposta, foi necessário desenvolver um conjunto de passos para que fosse possível realizar a simulação final que utiliza emoções e memória.

Na primeira etapa, utilizou-se somente o Jason, e foi desenvolvido um SMA que não utilizava memória e nem emoções. Neste sistema, foram implementados três agentes que interagiam entre si a partir de perguntas e respostas, porém a conclusão dessa interação era

gerada randomicamente pelo Jason, pois não haviam emoções e memória implementadas para este sistema.

A segunda etapa, porém já utilizava emoções e continha três elementos principais: a IDE de automação em Java Selenium, o Watson e a plataforma de multiagente Jason, conforme são apresentados no fluxo da Figura 12.



Figura 12: Imagem exemplificando a comunicação entre Jason e Watson através do Selenium

Seguindo este fluxo, o Selenium atuava apenas com a comunicação entre o Jason e o Watson, transferindo as mensagens de um sistema para o outro. Na figura 13, é apresentada a interface do Watson Assistant ao qual após ser treinado, conseguia identificar os tipos de emoções que eram geradas pelos agentes.



Figura 13: Interface do Watson Assistant

Para que isso fosse possível, o Selenium realizava a transferência das mensagens entre

o Jason e o Watson. Na figura 14 é possível observar como isso funcionava. Primeiramente, a mensagem *x* que era enviada de um agente para outro no Jason era capturada por meio de uma automação implementada no Selenium. Essa mensagem era enviada para a caixa de texto da interface do Watson Assistant. O Selenium então fazia o clique no botão na plataforma e a mensagem era enviada para o Watson para que identificasse o tipo de emoção presente nas mensagens. Por fim, o Selenium transferia o resultado para um arquivo no formato csv, cujo texto correspondia a emoção identificada pelo Watson.

```
Mensagem(x) // O x é a mensagem enviada pelo agente para outro agente
{
  Endereço recebe ("Endereço do Watson para identificar as emoções");
  Var_botao_id recebe (" Id do botão para enviar a mensagem");
  Var_Caixa_de_texto recebe x;
  Clica Var_botao_id;
  Emoção recebe (" Emoção identificada pelo Watson);
  Var_arquivo recebe (Arquivo. Csv onde são salvas as emoções);
  Escreve emoção em Var_arquivo; // Escreve a emoção no arquivo csv
}
```

Figura 14: Interação do Watson com Jason por meio da automação implementada com Selenium

Na Figura 14, para uma melhor compreensão de como isto funciona, foi fixada uma mensagem: "Eu estou temeroso com a guerra". Isso foi feito, para facilitar o entendimento do leitor, porém neste campo normalmente está presente uma variável ao qual é responsável por realizar a comunicação com o Watson.

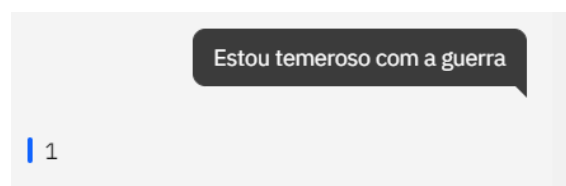


Figura 15: Resposta do Watson para a frase, onde o número 1 representa a emoção medo.

O Watson, por sua vez, retornava um número de 0 a 6, um número para cada emoção e 0 caso não identificasse nenhuma como mostrado na Figura 15.

Para isso, o Watson contava com uma lista de *intents*, cada uma utilizada para identificar uma emoção. Na Figura 16 é mostrada a lista de *intents* referente á emoção de medo, que contém vários exemplos de *tokens* usados no treinamento do Watson.

Após esta etapa, o Selenium capturava a resposta enviada pelo Watson e salvava na variável. A seguir, esta emoção identificada era transferida para o agente através de

Figura 16: Intents para a emoção medo.

percepções de mundo. Assim, o agente sabia a emoção presente na mensagem recebida e finalmente, conseguia escolher a resposta adequada entre seus planos.

O pseudocódigo de como as emoções funcionam, é descrita na Figura 17, a qual representa como o agente escolhe as emoções. A variável X é o que o agente recebe do Watson. Conforme o valor recebido, o agente retorna a frase correspondente, salvando na variável Aux1 o valor de X.

```

Função escolha frase1( X)

Se X =1 então

Escreva("Frase relacionada ao medo.");

Aux1=X;

Se X =2 então

Escreva("Frase relacionada ao Esperança.");

Aux1=X;

Se X =3 então

Escreva(" Frase relacionada ao felicidade.");

Aux1 =X; { salvo para calcular depois qual
emoção foi mais predominante no diálogo}
:
:

```

Figura 17: Código das emoções no Jason.

Cada variável Aux representa o valor da emoção identificada na frase. Ao todo são 6 emoções, se Aux=1 a emoção é identificada como medo, se igual a 2 a emoção é identificada como felicidade, se igual a 3 a emoção identificada é esperança e assim sucessivamente para as demais emoções.

Na sequência, a próxima etapa deste trabalho foi o desenvolvimento da memória do

sistema, utilizando a arquitetura implementada anteriormente. Para a memória ser de longo prazo, é necessário seu reforço. Assim, em sua implementação, foi necessário utilizar contadores, como mostrado na figura 18 para a emoção medo foi utilizado o contador Emo_medo, que representa a intensidade para emoção medo ao longo das interações que são realizadas entre os agentes.

```

Função memória (aux1, aux2, aux3)

Se aux1 == 1 então {1 representa a emoção medo}

Emo_medo =1;

Se aux1 == 1 & aux2 == 1 então {1 representa a emoção medo}

Emo_medo =2;

Se aux1 == 1 & aux2 != 1 então

Emo_medo=0;

Se aux2==1 & Emo_medo>0 & aux3 != 1

Emo_medo= Emo_medo /2;

```

Figura 18: Código da memória no jason.

Se uma emoção for identificada em uma frase entre os agentes, para essa frase o contador recebe 1 e, na frase seguinte, caso a emoção seja reforçada o contador receberá +1 e caso contrário o valor do contador será zerado porque é uma memória de curto prazo. Porém, na próxima frase, caso a emoção tenha se tornado de longo prazo, sendo repetida duas vezes seguidas, o valor do contador será apenas dividido por 2 e não zerado. Pois é uma memória de longo prazo que não é esquecida, somente enfraquecida.

Sendo assim, o último estágio da implementação conta com memória e emoções que é capaz de tomar decisões com base nas emoções e memória apresentadas por cada um dos agentes implementados.

5.2 Validação

O caso de testes utilizado neste trabalho baseia-se em um problema relacionado a teoria dos jogos e é conhecido como o “Dilema do Prisioneiro”. É uma técnica de análise de jogos padrão, criada em 1950 por Merrill Flood e Melvin Dresher, para determinar o equilíbrio de Nash. Este conceito representa uma situação em que, em um jogo envolvendo dois ou mais jogadores, nenhum jogador tem a ganhar mudando sua estratégia unilateralmente (POUNDSTONE, 1993).

Contudo, para esta validação, as regras foram levemente alteradas, utilizando o conceito de que um suspeito tem maior chance de confessar caso o policial consiga gerar uma ligação e, ou conforto na conversa através de emoções (GUDJONSSON, 2003). Ori-

ginalmente, na análise padrão de jogos criada por Merrill Flood e Melvin Dresher, há dois prisioneiros, que podem ou não dedurar o seu companheiro de crime. No caso deste trabalho, o suspeito pode confessar o crime ou não, sem dedurar ninguém.

Estas regras foram baseadas em uma teoria, presente no livro: *Getting to the Truth: A practical, scientific approach to behaviour analysis for professionals* (LANGLEY, 2017), que apresenta em seus estudos que gerar empatia faz a pessoa, no caso deste trabalho, o agente confessar. Ou seja, é necessário criar uma relação de emoções positivas, uma linha empática, a qual esse tipo de relação é conhecida na psicologia como *rapport*¹, caso contrário, o policial não conseguirá a confissão do suspeito para resolver o caso. Chegará em um determinado momento no interrogatório em que o desejo do criminoso será somente confessar o crime. Porém, se o policial ficar pressionando o suspeito, ele irá guardar a informação pra ele e confessará. Então, de acordo com essa teoria, pressionar o suspeito, não é a melhor alternativa. Assim, no sistema o policial irá tentar conversar com o suspeito, mantendo empatia na conversa.

No sistema, são implementados três agentes. Dois deles são interpretados como infratores, que são interrogados por um policial. O policial oferece uma forma de justiça negociada entre os suspeitos para que eles confessem o crime. A conversa sempre inicia pelo policial. Sua comunicação é enviada para um sistema, que é o Watson, ao qual possui um mecanismo de processamento que simula a inteligência humana e consegue identificar as emoções que estão presentes nestas frases com base no modelo OCC, já treinado na etapa anterior deste trabalho.

Após, começam a ocorrer as interações entre estes agentes, entre o policial e o primeiro prisioneiro. Com base nas respostas que são obtidas através dos questionamentos do policial ao criminoso, o agente espera por uma confissão. Durante a conversa, as emoções que se repetem são reforçadas e as que não se repetem são enfraquecidas, caso uma emoção positiva seja predominante as emoções negativas, o prisioneiro confessa o crime. O mesmo ocorre com o segundo prisioneiro, ao qual é interrogado pelo policial. Ao final, o veredito é emitido. Se ambos confessarem, adquirem uma pena de cinco anos de prisão. Se um confessar e outro não, o que não confessou saíra livre e o outro adquire uma pena de dez anos. E se os dois não confessarem, cada um adquirirá um ano de prisão.

A implementação do Dilema do prisioneiro neste trabalho utilizando a arquitetura proposta foi feita de três formas: dilema sem utilizar emoções e a memória; dilema utilizando apenas emoções; e o dilema utilizando emoções e memória.

Ao utilizar emoções, o sistema ficou mais complexo, pois o resultado não é mais aleatório e sim depende da valência entre emoções positivas e negativas. Caso uma emoção positiva se sobressaia, a consciência do prisioneiro irá pesar e ele irá confessar. Caso uma emoção negativa prevaleça, ele irá negar o crime.

¹ *Rapport* teve sua origem na psicologia, utilizado para designar a técnica de gerar uma ligação de empatia com outra pessoa, para uma comunicação sem resistência.

Já o terceiro sistema utiliza tanto emoções como memória para chegar ao resultado, o processo para identificar as emoções funciona como no sistema anterior, porém como existe memória, caso uma emoção não seja detectada na próxima frase, a intensidade desta emoção será dividida pela metade.

6 RESULTADOS

O primeiro cenário realizado do Dilema do Prisioneiro funcionou igual ao original, com a única exceção do prisioneiro confessar ao invés de delatar o outro prisioneiro. Isso resultou em possibilidades de resultado iguais, pois não existem outras variáveis além da resposta dos agentes. As possíveis respostas são:

- Prisioneiro 1 culpado, prisioneiro 2 culpado.
- Prisioneiro 1 culpado, prisioneiro 2 inocente.
- Prisioneiro 1 inocente, prisioneiro 2 culpado.
- Prisioneiro 1 inocente, prisioneiro 2 inocente.

Essas possíveis respostas apresentadas acima, acarretará nas penas ou absolvições mostradas na Figura 19.

	Prisioneiro 2 Confessa	Prisioneiro 2 Nega
Prisioneiro 1 confessa	5 anos  5 anos	10 anos  Sai Livre
Prisioneiro 1 Nega	Sai Livre  10 anos	1 ano  1 ano

Figura 19: Matriz de ganhos/perdas de cada prisioneiro dependendo da combinação de respostas geradas

No segundo cenário foi utilizado o conceito de emoção, no qual a partir da mensagem enviada pelo agente, uma emoção é identificada e com isto o outro agente é capaz de dar

uma resposta adequada. Ao final destas interações o agente prisioneiro irá se declarar inocente ou culpado.

Caso o agente policial gere emoções positivas no agente prisioneiro, ele irá confessar e caso gere emoções negativas, o agente prisioneiro irá negar. Isto é feito com base nas valências de emoções do modelo OCC.

A intensidade da emoção mais forte irá determinar se o prisioneiro irá confessar ou negar. Isso é determinado pela emoção específica mais intensa, independente se as emoções de valência contrária apresentarem uma soma maior.

O terceiro cenário utilizou os conceitos de emoções e memória. Nesta simulação, as emoções funcionam como na simulação anterior. Porém, agora é utilizado o conceito de memória humana, sendo estas a memória explícita ou de curta duração, e a memória implícita ou de longa duração, as quais são determinantes para a tomada de decisão.

Neste cenário, os agentes que possuem memória de curto prazo subtraem 1 do valor da emoção caso esta emoção não seja repetida na próxima interação. Contudo, se esta memória for repetida, ela se tornará uma memória de longo prazo. Sendo assim, não será subtraído 1, o que acontecerá é que quando ela não for repetida sua intensidade será dividida por 2, sendo assim sua intensidade poderá até diminuir, mas o agente sempre terá esta memória guardada, podendo ser incrementada novamente caso ela seja identificada em alguma interação futura, como apresentado na Figura 20.

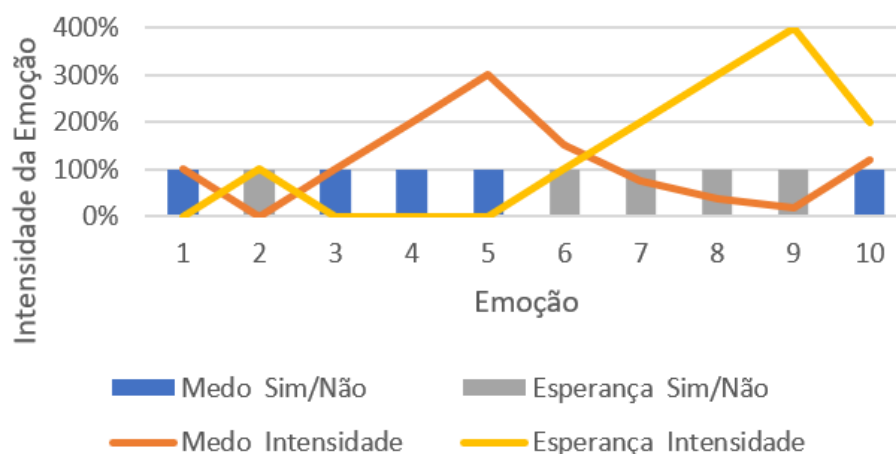


Figura 20: Representação da memória utilizando as emoções esperança e medo

Para justificar estes cálculos, levou-se em consideração que a memória de curta duração pode ser esquecida e que a memória de longa duração não é esquecida, ela só perde intensidade.

No gráfico apresentado na Figura 20 as barras representam se foi identificada determinada emoção ou não durante cada uma das interações (0 - para quando não ocorre e 1 para quando ocorre). Ao todo, o gráfico representa 10 interações da memória. As barras azuis representam a emoção de medo e as barras cinzas representam a emoção de esperança e as linhas representam a variação da intensidade das emoções para o agente.

Para formalizar a perda gradativa da memória no decorrer das interações é apresentada a Tabela 4.

Tabela 4: Tabela representando o gráfico da Figura 20

Emoção	Representação da Memória de um Agente									
Medo	Sim/Não	1	0	1	1	1	0	0	0	1
	Intensidade	1	0	1	2	3	1,5	0,75	0,375	0,1875
Esperança	Sim/Não	0	1	0	0	0	1	1	1	0
	Intensidade	0	1	0	0	0	1	2	3	4

Na Tabela 4 são representadas as 10 interações, como ocorrem no gráfico da Figura 20, as quais são detalhadas nos itens 1 a 10:

1. O agente identifica a emoção medo e a sua intensidade é incrementada em 1, sendo esta ainda uma memória de curta duração, pois ainda não foi reforçada;
2. O agente identifica a emoção esperança e a sua intensidade é incrementada 1, sendo esta ainda uma memória de curta duração, pois ainda não foi reforçada e a intensidade da emoção medo foi reduzida a zero pois esta ainda não ocorreu, então não é reforçada;
3. O agente identifica a emoção medo e a sua intensidade é incrementada 1, sendo esta ainda uma memória de curta duração pois ainda não foi reforçada e a intensidade da emoção esperança foi reduzida a zero pois esta ainda não ocorreu, então também não é reforçada;
4. O agente identifica a emoção medo e incrementa 1 ao seu valor tornando-a uma memória de longa duração pois foi repetida, com sua intensidade igual a 2;
5. O agente identifica a emoção medo e incrementa 1 ao seu valor, ficando agora com sua intensidade igual a 3;
6. O agente identifica a emoção esperança e incrementa 1 ao seu valor, a intensidade da emoção medo é reduzida pela metade pois é uma memória de longa duração tornando-se 1,5;
7. O agente identifica a emoção esperança e incrementa 1 ao seu valor se tornando uma memória de longa duração e sua intensidade se torna 2. Por sua vez, a intensidade da emoção medo é reduzida pela metade pois é uma memória de longa duração e seu valor fica 0,75;
8. O agente identifica a emoção esperança e incrementa 1 ao seu valor que se torna 3. Por sua vez, a intensidade da emoção medo é reduzida pela metade pois é uma memória de longa duração e seu valor fica 0,375;

9. O agente identifica a emoção esperança e incrementa 1 ao seu valor, se tornando 4. Por sua vez, a intensidade da emoção medo é reduzida pela metade, pois é uma memória de longa duração e seu valor fica 0,1875;
10. O agente identifica a emoção medo e incrementa 1 a sua intensidade e seu valor se torna 1,1875. A emoção esperança é reduzida pela metade e seu valor se torna 2.

Assim, para essa interação, a emoção predominante é a esperança. Uma vez que sua intensidade final é maior que a intensidade da emoção medo.

O que foi apresentado anteriormente foi o funcionamento da memória. A partir daqui, serão apresentadas algumas das interações no Jason e os 4 resultados possíveis para o Dilema do Prisioneiro que foi adaptado neste trabalho.

No primeiro diálogo, o preso 1 se declarou culpado, pois o agente policial conseguiu gerar a intensidade de uma emoção positiva maior do que a de emoções negativas. Isso pode ser observado no gráfico da Figura 21.

[preso1] Olá, policial
 [policial] Olá Kleberton
 [preso1] Por que eu estou aqui?
 [preso1] Não fiz nada isto obviamente é um engano
 [policial] Estou esperançoso que você tome a decisão correta.
 [preso1] você tem esperança que vou fazer a escolha correta?
 [policial] Tenho esperança que você coloque a mão na consciência e confesse o que fizeram.
 [preso1] Tenho esperança que percebam que sou inocente logo.
 [policial] Consigo perceber o medo crescendo em você.
 [preso1] Estou começando a ficar com medo e se eu for condenado?
 [policial] Tenho esperança de que você me conte o que aconteceu aquele dia
 [preso1] Tenho esperança de que vocês descubram o que aconteceu aquele dia pois eu não sei.
 [policial] Espero que você me conte quem era a outra pessoa que estava lá aquele dia.
 [preso1] Espero que vocês acreditem no meu alibi.
 [policial] Seu alibi não foi confirmado mas você pode ter esperança de ficar pouco tempo na cadeia caso confesse.
 [preso1] Tenho esperança de sair livre afinal você parece um policial sério.
 [policial] Você não tem medo de não confessa e acabar pegando pena máxima?
 [preso1] temo que o juiz não acredite em mim.
 [policial] Tenho esperança que você confesse pois as pistas te ligam ao crime.
 [preso1] Tenho esperança de sair livre.
 [policial] Então você se declara inocente ou culpado?
 [preso1] Hmm.
 [preso1] Me declaro culpado

Figura 21: Primeiro diálogo do agente policial com o preso 1

No gráfico da Figura 22 fica claro que a emoção mais intensa foi esperança, pois apesar de algumas quedas, se manteve acima da emoção medo e sua intensidade ao final do diálogo foi maior que a emoção medo.

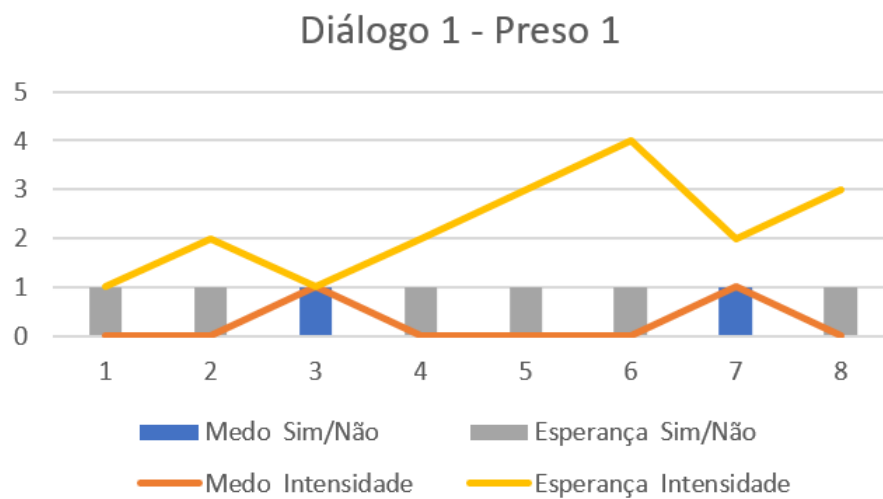


Figura 22: Representação da interação do agente policial com o preso 1

Na Tabela 5 são apresentados os valores da intensidade das emoções para cada interação do diálogo apresentado no gráfico da Figura 22.

Tabela 5: Tabela representando o gráfico da Figura 22

Emoção	Diálogo 1 - Preso 1								
	Sim/Não	0	0	1	0	0	0	1	0
Medo	Intensidade	0	0	1	0	0	0	1	0
Esperança	Sim/Não	1	1	0	1	1	1	0	1
	Intensidade	1	2	1	2	3	4	2	3

Com relação ao diálogo que ocorreu entre o policial e o preso 2, este é apresentado na Figura 23.

[policial] _____
 [policial] _____ Proximo Prisioneiro _____
 [policial] _____
 [policial] Olá preso2, tudo bem?
 [preso2] Olá policial
 [preso2] Já falei com o outro policial o que mais você quer saber?
 [policial] Estou com medo do seu futuro caso não confesse.
 [preso2] Não precisa ficar com medo pois sou inocente?
 [policial] A família da vítima está com medo até agora.
 [preso2] Não tenho medo não existem provas contra mim.
 [policial] Consigo perceber o medo crescendo em você.
 [preso2] Estou começando a ficar com medo e se eu for condenado?
 [policial] Tenho esperança de que você me conte o que aconteceu aquele dia
 [preso2] Tenho esperança de que vocês descubram o que aconteceu aquele dia pois eu não sei.
 [policial] Espero que você me conte quem era a outra pessoa que estava lá aquele dia.
 [preso2] Espero que vocês acreditem no meu alibi.
 [policial] Seu alibi não foi confirmado, sinto o medo aumentando em você.
 [preso2] Meu medo de ser preso só aumenta com esta conversa.
 [policial] Tenho esperança de que você confesse e evite a pena máxima.
 [preso2] Estou esperançoso de que o juiz acredite em mim.
 [policial] Temo pelo seu futuro pois as provas te ligam ao crime.
 [preso2] Tenho medo de receber a pena máxima.
 [policial] Então você se declara inocente ou culpado?
 [preso2] OK
 [preso2] Me declaro inocente
 [policial] _____
 [policial] _____ Veredito _____
 [policial] _____
 [policial] O preso 1 se declarou culpado e o preso 2 se declarou inocente. Preso1 sai livre e preso 2 pega 10 anos.

Figura 23: Primeiro diálogo do agente policial com o preso 2

Após o diálogo, o preso 2 se declarou inocente, pois o agente policial não conseguiu gerar a intensidade de uma emoção positiva maior do que a de emoções negativas. Por fim, o preso 1 saiu livre por ter confessado e o preso 2 negou e pegou 10 anos. Isso pode ser observado no gráfico da Figura 24.

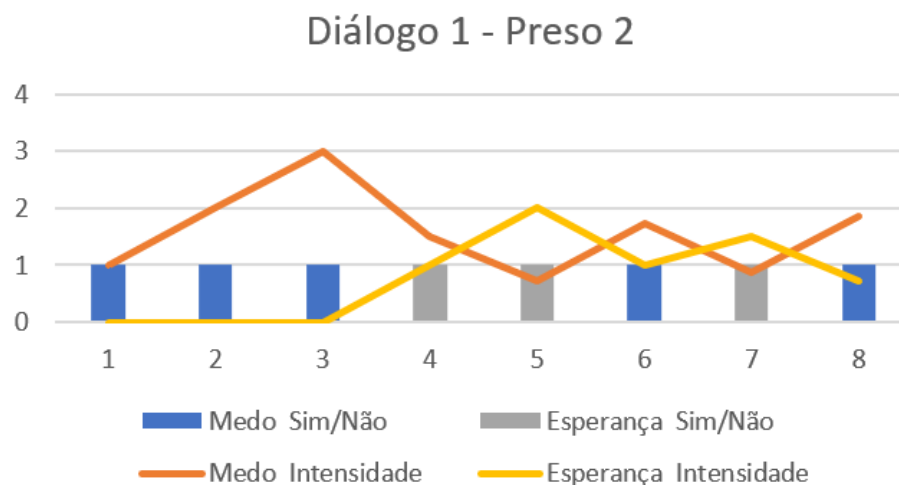


Figura 24: Representação do primeiro diálogo do agente policial com o preso 2

Na Tabela 6 são apresentados os valores da intensidade das emoções para cada interação do diálogo apresentado no gráfico da Figura 24.

Tabela 6: Tabela representando o gráfico da Figura 24

Emoção	Diálogo 1 - Preso 2								
Medo	Sim/Não	1	1	1	0	0	1	0	1
	Intensidade	1	2	3	1,5	0,75	1,75	0,875	1,875
Esperança	Sim/Não	0	0	0	1	1	0	1	0
	Intensidade	0	0	0	1	2	1	2	1

Além dos diálogos que foram apresentados anteriormente, também realizou-se outros, entre o preso 1 e o policial e o preso 2 e o policial. O segundo diálogo, que ocorreu entre o preso 1 e o policial é apresentado na Figura 25. Neste diálogo, o preso 1 declarou-se culpado, isso porque o policial conseguiu despertar nele a emoção de amor, fazendo com que o criminoso confessasse o crime.

[preso1] Olá, policial
 [policial] Olá Kleberton
 [preso1] Por que eu estou aqui?
 [preso1] Não fiz nada isto obviamente é um engano
 [policial] Eu sei que você ama sua família imagine que se você não confessar passará décadas sem vê-los.
 [preso1] Amo minha família e quero ficar com eles o máximo possível.
 [policial] Você deve amar a liberdade pense bem no que vai me falar.
 [preso1] Eu realmente amo a liberdade e minha família sei o que vou fazer.
 [policial] Percebo que você ama sua liberdade.
 [preso1] Quero ficar pouco aqui pois amo minha família e quero ficar perto deles.
 [policial] Pense no quanto você ama sua família é melhor contar o que aconteceu aquele dia.
 [preso1] Eu amo minha família por isso gostaria de falar o que aconteceu aquele dia porém não tenho certeza.
 [policial] Sua família vai te odiar se passar muitos anos na cadeia por não cooperar com a polícia.
 [preso1] Odeio o que duvidem de mim porque não acredito no meu alibi?
 [policial] Seu alibi não foi confirmado pois vimos as câmeras de vigilância mas sua esposa realmente o ama a ponto de mentir para a polícia.
 [preso1] Independente do desenrolar desta história o que importa é que minha esposa ainda me ama.
 [policial] Se você confessar sairá mais cedo da cadeia e poderá ficar com as pessoas que ama.
 [preso1] Deus me ama e vai iluminar a cabeça do juiz a tomar a decisão correta.
 [policial] Fico triste vendo alguém tão jovem prestes a ser condenado pois as pistas te ligam ao crime.
 [preso1] Ficarei triste caso me culpem.
 [policial] Então você se declara inocente ou culpado?
 [preso1] Hmm.
 [preso1] Me declaro culpado

Figura 25: Segundo diálogo do agente policial com o preso 1

As interações relacionadas a este diálogo podem ser observadas a partir do gráfico apresentado na Figura 26. No gráfico é possível observar que durante as interações que ocorrem, o policial conseguiu despertar no preso 1 as emoções de amor, ódio e tristeza. Mas, a que mais se sobressaiu foi amor.

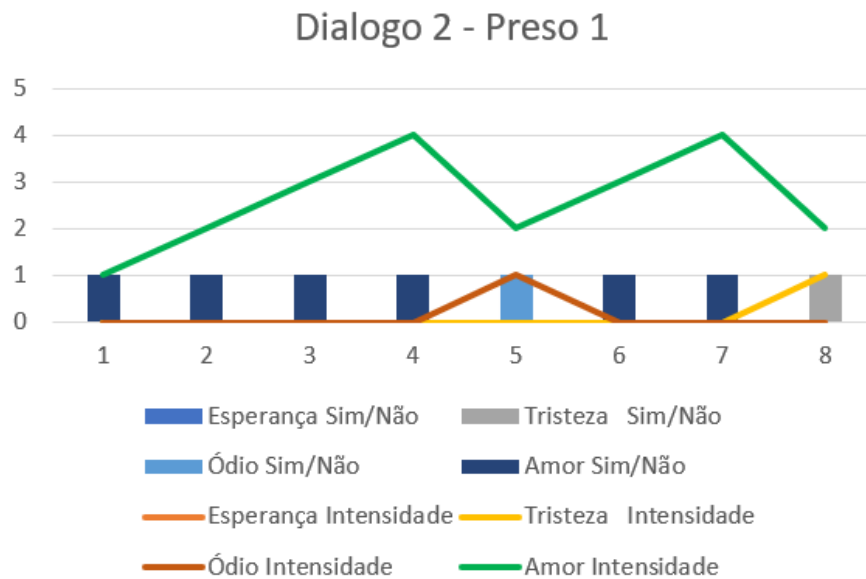


Figura 26: Representação do segundo diálogo do agente policial com o preso 1

Os valores em relação as intensidades das emoções que foram geradas com base nesse diálogo e para cada uma das interações que foram apresentadas no gráfico da Figura 26 são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7: Tabela representando o gráfico da Figura 26

Emoção		Diálogo 2 - Preso 1								
Esperança	Sim/Não	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Intensidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tristeza	Sim/Não	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Intensidade	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Amor	Sim/Não	1	1	1	1	0	1	1	0	0
	Intensidade	1	2	3	4	2	3	4	2	0
Ódio	Sim/Não	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Intensidade	0	0	0	0	1	0	0	0	0

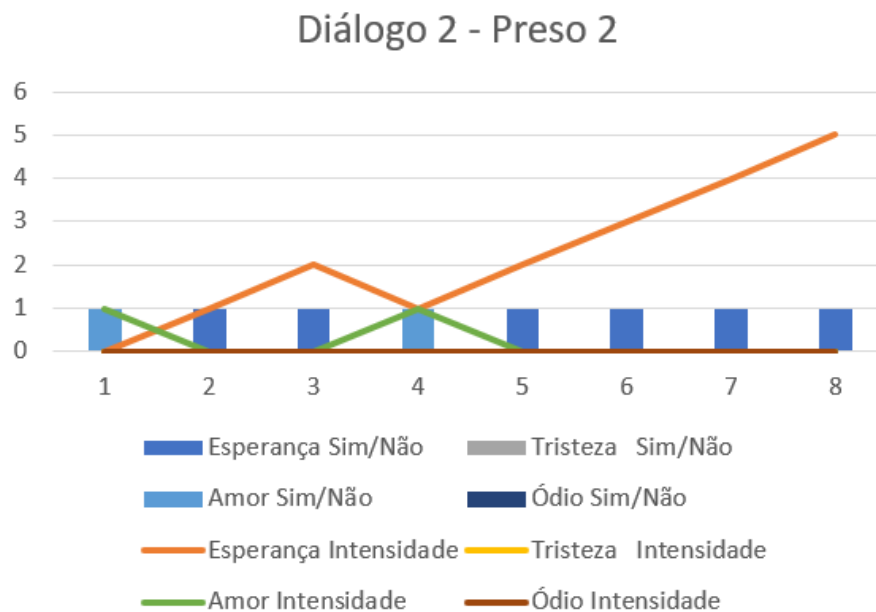


Figura 28: Representação do segundo diálogo do agente policial com o preso 2

Um terceiro e um quarto cenário foram gerados entre os dois presos e o policial. O terceiro diálogo com o preso 1 é apresentado na Figura 29.

[preso1] Olá, policial
 [policial] Olá Kleberton
 [preso1] Por que eu estou aqui?
 [preso1] Não fiz nada isto obviamente é um engano
 [policial] Se você confessar agora poderá passar muitos anos felizes fora da cadeia mas caso contrário pegará pena máxima.
 [preso1] Caso eu passe um tempo preso a culpa é da justiça falha desse país que prende inocentes.
 [policial] Tenho esperança que você coloque a mão na consciência e confesse o que fizeram.
 [preso1] Tenho esperança que percebam que sou inocente logo.
 [policial] Percebo que você está ficando mais esperançoso.
 [preso1] Estou começando a ter esperança de ficar pouco tempo na cadeia.
 [policial] Se você não me contar o que aconteceu aquele dia sua tristeza só aumentará.
 [preso1] Estou triste com a possibilidade de o que aconteceu aquela noite me afetar.
 [policial] Se você levar a culpa sozinho aposto que se sentiria muito triste.
 [preso1] Estou triste por não ter testemunhas para confirmar meu alibi.
 [policial] Seu alibi não foi confirmado percebo a tristeza no seu olhar.
 [preso1] O desenrolar desta história está me deixando cada vez mais triste pois sou inocente.
 [policial] Se voce confessar podera ficar muito feliz evitando a pena maxima.
 [preso1] Estou feliz com a possibilidade do juiz acreditar e mim.
 [policial] Fico triste vendo alguém tão jovem prestes a ser condenado pois as pistas te ligam ao crime.
 [preso1] Ficarei triste caso me culpem.
 [policial] Então você se declara inocente ou culpado?
 [preso1] Hmm.
 [preso1] Me declaro inocente

Figura 29: Terceiro diálogo com o preso 1

No diálogo apresentado na Figura 29, o preso 1 declarou-se inocente. Verifica-se que isso aconteceu porque o policial não conseguiu gerar uma linha empática com o preso, fazendo com que o mesmo sentisse tristeza e não confessasse o crime.

O gráfico da Figura 30 mostra como isso ocorreu. É possível observar que foram geradas as emoções de esperança, felicidade, tristeza e amor. Contudo, no decorrer da

conversa, a tristeza começa a predominar em relação ao diálogo que ocorre entre os agentes.

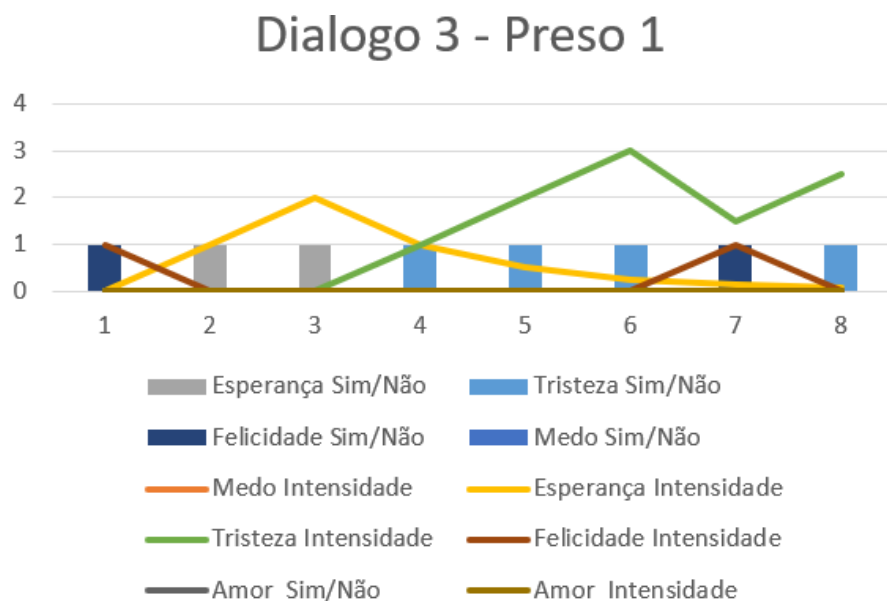


Figura 30: Representação do terceiro diálogo com o preso 1

Os valores da intensidade das emoções que foram geradas no gráfico da Figura 30 podem ser conferidos na Tabela 9.

Tabela 9: Tabela representando o gráfico da Figura 30

Emoção	Diálogo 3 - Preso 1								
	Sim/Não	0	0	0	0	0	0	0	0
Medo	Sim/Não	0	0	0	0	0	0	0	0
	Intensidade	0	0	0	0	0	0	0	0
Esperança	Sim/Não	0	1	1	0	0	0	0	0
	Intensidade	0	1	2	1	0,5	0,25	0,125	0,0625
Tristeza	Sim/Não	0	0	0	1	1	1	0	1
	Intensidade	0	0	0	1	2	3	1,5	2,5
Felicidade	Sim/Não	1	0	0	0	0	0	1	0
	Intensidade	1	0	0	0	0	0	1	0
Amor	Sim/Não	0	0	0	0	0	0	0	0
	Intensidade	0	0	0	0	0	0	0	0

Com o preso 2, o desenrolar da conversa teve como resultado um parecer diferente do que ao observado com o preso 1. Isso pode ser observado na Figura 31.

[policial] _____
 [policial] _____ Proximo Prisoneiro _____
 [policial] _____
 [policial] Olá preso2, tudo bem?
 [preso2] Olá policial
 [preso2] Já falei com o outro policial o que mais você quer saber?
 [policial] Estou com medo do seu futuro caso não confesse.
 [preso2] Não precisa ficar com medo pois sou inocente
 [policial] Poder viver em liberdade e ter uma vida feliz só depende de você.
 [preso2] Vou ficar feliz pq sei que vocês não tem rprovas contra mim basta esperar e serei solto.
 [policial] Percebo que voce parece mais feliz .
 [preso2] Estou começando a ficar feliz pois acho que vou ficar pouco aqui.
 [policial] Pense no quanto você ama sua família é melhor contar o que aconteceu aquele dia.
 [preso2] Eu amo minha família por isso gostaria de falar o que aconteceu aquele dia porém não tenho certeza.
 [policial] sua esposa se sentiria melhor se soubesse que o homem que ama é corajoso o suficiente para admitir os proprios erros.
 [preso2] Minha esposa me ama e provará meu alibi.
 [policial] Seu ailibi não foi confirmado percebo a tristeza no seu olhar.
 [preso2] Independente do desenrolar desta hist'roia o que importa é que minha esposa ainda me ama.
 [policial] Se você confessar sairá mais cedo da cadeia e podera ficar com as pessoas que ama.
 [preso2] Deus me ama e vai iluminar a cabeça do juiz a tomar a decisão correta.
 [policial] As pistas te ligam ao crime caso confesse poderá ter um final relativamente feliz.
 [preso2] Estou feliz pois acredito em um bom julgamento.
 [policial] Então você se declara inocente ou culpado?
 [preso2] OK
 [preso2] Me declaro culpado
 [policial] _____
 [policial] _____ Veredito _____
 [policial] _____
 [policial] O preso 1 se declarou inocente e o preso 2 se declarou culpado. Preso1 pega 10 anos e preso sai livre.

Figura 31: Terceiro diálogo com o preso 2

Observa-se que o preso 2 declarou-se culpado, pois o policial conseguiu despertar nele a emoção de felicidade. Embora fosse observada outras emoções como: medo, tristeza, felicidade e amor, a emoção que mais se sobressaiu foi a de felicidade, como observa-se no gráfico da Figura 32.

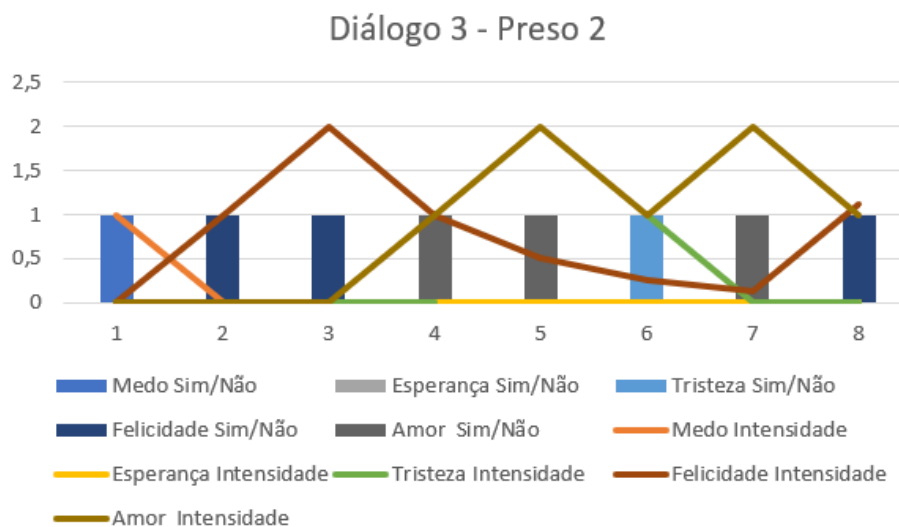


Figura 32: Representação do terceiro diálogo com o preso 2

Na Tabela 10 é possível conferir os valores das intensidades das emoções que foram geradas no terceiro diálogo com o preso 2, conforme apresentado na Figura 32.

Tabela 10: Tabela representando gráfico da Figura 32

Emoção	Diálogo 3 - Preso 2								
Medo	Sim/Não	1	0	0	0	0	0	0	0
	Intensidade	1	0	0	0	0	0	0	0
Esperança	Sim/Não	0	0	0	0	0	0	0	0
	Intensidade	0	0	0	0	0	0	0	0
Tristeza	Sim/Não	0	0	0	0	0	1	0	0
	Intensidade	0	0	0	0	0	1	0	0
Felicidade	Sim/Não	0	1	1	0	0	0	0	1
	Intensidade	0	1	2	1	0,5	0,25	0,125	1,125
Amor	Sim/Não	0	0	0	1	1	0	1	0
	Intensidade	0	0	0	1	2	1	2	1

Por fim, apresenta-se a quarta simulação realizada, conforme apresentado na Figura 33, do preso 1 com o agente policial.

[preso1] Olá, policial
 [policial] Olá Kleberton
 [preso1] Por que eu estou aqui?
 [preso1] Não fiz nada isto obviamente é um engano
 [policial] Se você confessar agora poderá passar muitos anos felizes fora da cadeia mas caso contrário pegará pena maxima.
 [preso1] Caso eu passe um tempo preso a culpa é da justiça falha desse pais que prende inocentes.
 [policial] Tenho esperança que você coloque a mão na consciencia e confesse o que fizeram.
 [preso1] Tenho esperança que percebam que sou inocente logo.
 [policial] Percebo que você esta ficando mais esperançoso.
 [preso1] Estou coemçando a ter esperança de ficar pouco tempo na cadeia.
 [policial] Se você não me contar o que aconteceu aquele dia sua tristeza só aumentará.
 [preso1] Estou triste com a possibilidade de o que aconteceu aquela noite me afetar.
 [policial] Se você levar a culpa sozinho aposto que se sentira muito triste.
 [preso1] Estou triste por não ter testemunhas para confirmar meu alibi.
 [policial] Seu alibi não foi confirmado, sinto o medo aumentando em você.
 [preso1] Meu medo de ser preso só aumenta com esta conversa.
 [policial] Voce não tem medo de não confessa e acabar pegando pena maxima?
 [preso1] temo que o juiz não acredite em mim.
 [policial] Temo pelo seu futuro pois as provas te ligam ao crime.
 [preso1] Tenho medo de receber a pena maxima.
 [policial] Então você se declara inocente ou culpado?
 [preso1] Hmm.
 [preso1] Me declaro inocente

Figura 33: Representação da quarta simulação do diálogo entre o policial e o preso 1

Neste diálogo, o policial não conseguiu estabelecer uma relação positiva com o preso e ele se declarou inocente. Isso pode ser verificado, conforme mostra o gráfico da Figura 34.

Embora fossem geradas as emoções de medo, esperança, tristeza e felicidade, a emoção que mais se sobressaiu foi o medo e por esse motivo, o preso 1 declarou-se inocente.

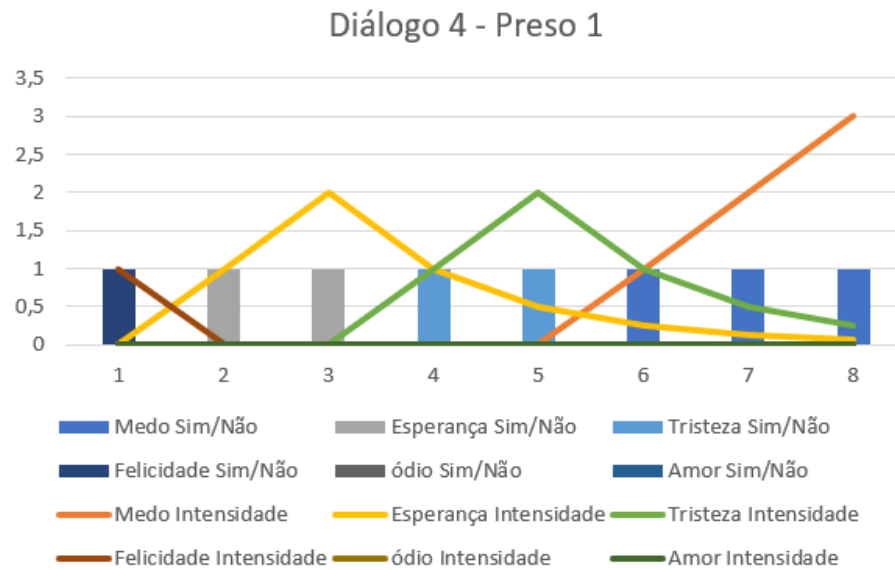


Figura 34: Representação do quarto diálogo com o preso 1

Na Tabela 11 é possível verificar o valor da intensidade de cada uma dessas emoções, conforme o gráfico da Figura 34.

Tabela 11: Tabela representando o gráfico da Figura 34

Emoção	Diálogo 4 - Preso 1								
Medo	Sim/Não	0	0	0	0	0	1	1	1
	Intensidade	0	0	0	0	0	1	2	3
Esperança	Sim/Não	0	1	1	0	0	0	0	0
	Intensidade	0	1	2	1	0,5	0,25	0,125	0,0625
Tristeza	Sim/Não	0	0	0	1	1	0	0	0
	Intensidade	0	0	0	1	2	1	0,5	0,25
Felicidade	Sim/Não	1	0	0	0	0	0	0	0
	Intensidade	1	0	0	0	0	0	0	0
ódio	Sim/Não	0	0	0	0	0	0	0	0
	Intensidade	0	0	0	0	0	0	0	0
Amor	Sim/Não	0	0	0	0	0	0	0	0
	Intensidade	0	0	0	0	0	0	0	0

O último diálogo gerado com o preso 2, é apresentado na Figura 35. Neste diálogo, o preso 1 também declara-se inocente.

[policial] Olá preso2, tudo bem?
 [preso2] Olá policial
 [preso2] Já falei com o outro policial o que mais você quer saber?
 [policial] Estou com medo do seu futuro caso não confesse.
 [preso2] Não precisa ficar com medo pois sou inocente?
 [policial] Poder viver em liberdade e ter uma vida feliz só depende de você.
 [preso2] Vou ficar feliz pq sei que vocês não tem provas contra mim basta esperar e serei solto.
 [policial] Percebo que voce parece mais feliz .
 [preso2] Estou começando a ficar feliz pois acho que vou ficar pouco aqui.
 [policial] Você quer me deixar irritado ? fale logo o que aconteceu aquele dia.
 [preso2] Seu jeito de falar comigo só me da raiva pois sou inocente.
 [policial] Sua familia vai te odiar se passar muitos anos na cadeia por não cooperar com a policia.
 [preso2] Odei oque duvidem de mim porque não acredita no meu alibi?
 [policial] Seu ailibi não foi confirmado percebo a tristeza no seu olhar.
 [preso2] O desenrolar desta historia esta me irritando cada vez mais.
 [policial] Se você confessar saira mais cedo da cadeia e podera ficar com as pessoas que ama.
 [preso2] Deus me ama e vai iluminar a cabeça do juiz a tomar a decisão correta.
 [policial] Odeio pessoas que não adimitem seus crimes mesmo com todas provas confirmando que são culpados.
 [preso2] Vou odiar caso tenha que ficar preso.
 [policial] Então você se declara inocente ou culpado?
 [preso2] OK
 [preso2] Me declaro inocente
 [policial] _____
 [policial] _____ Veredito _____
 [policial] _____
 [policial] Os dois se declararam inocentes e pegaram 1 ano cada

Figura 35: Quarto diálogo com o preso 2

No gráfico da Figura 36 é possível observar que houveram emoções de medo, felicidade e ódio. Contudo com sua conversa, o policial conseguiu gerar mais ódio no preso 2, fazendo com que ele se declarasse inocente, apesar de ter gerado muita felicidade no início.

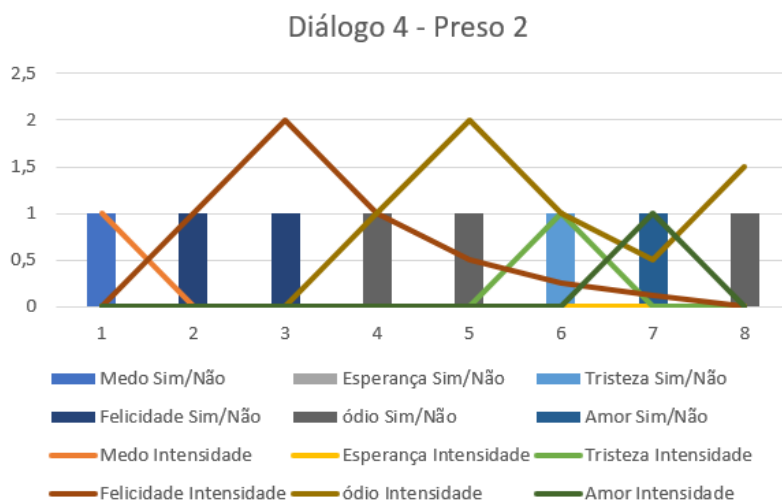


Figura 36: Representação do quarto diálogo com o preso 2

Na Tabela 12 é possível verificar os valores de cada uma dessas emoções que foram geradas ao longo desse quarto e último diálogo entre os dois agentes, conforme Figura 36.

Tabela 12: Tabela representando o gráfico da Figura 36

Emoção	Diálogo 4 - Preso 2								
Medo	Sim/Não	1	0	0	0	0	0	0	0
	Intensidade	1	0	0	0	0	0	0	0
Esperança	Sim/Não	0	0	0	0	0	0	0	0
	Intensidade	0	0	0	0	0	0	0	0
Tristeza	Sim/Não	0	0	0	0	0	1	0	0
	Intensidade	0	0	0	0	0	1	0	0
Felicidade	Sim/Não	0	1	1	0	0	0	0	0
	Intensidade	0	1	2	1	0,5	0,25	0,125	0,0625
ódio	Sim/Não	0	0	0	1	1	0	0	1
	Intensidade	0	0	0	1	2	1	0,5	1,5
Amor	Sim/Não	0	0	0	0	0	0	1	0
	Intensidade	0	0	0	0	0	0	1	0

Este capítulo apresentou os resultados de algumas das simulações que foram executadas utilizando a arquitetura proposta neste trabalho. Apresentou-se o dilema do prisioneiro padrão, sem emoções e sem memória, com emoção e por fim, foram apresentadas as quatro possibilidades de resultados com emoção e memória. Porém, as possibilidades de interações entre os agentes podem ser infinitas. Por exemplo, aumentando o número de interações durante as conversas entre o preso e o policial ou até mesmo, alterando qualquer frase durante o diálogo, fazendo com que seja possível realizar n simulações entre SMAs que envolvam memória e emoções. Contudo, o cálculo da memória ainda pode ser aperfeiçoado. Criando uma função que simule de forma ainda mais semelhante com a memória humana.

7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Com os resultados obtidos, observou-se que o trabalho atendeu ao objetivo geral proposto: definir uma arquitetura que utilizasse os conceitos de memória e de emoções relacionados a sistemas multiagente, bem como realizar experimento para sua análise.

Para isso, nesta dissertação, foram apresentados vários estudos sobre sistemas multiagente que subsidiaram as etapas de desenvolvimento da arquitetura proposta, como o modelo OCC e os trabalhos relacionados apresentados. Apesar de alguns apresentarem os conceitos de emoções e memória integrados a SMAs, a maioria destes estudos apresenta alguns desses conceitos, porém utilizam memória apenas como uma crença BDI, sem utilizar conceitos de memória humana, como memória de curto e longo prazo apresentada neste trabalho.

Por intermédio dos estudos que foram realizados, verificou-se que para definir os requisitos necessários para uma arquitetura onde emoções e memória são utilizados em agentes, são necessários vários ferramentais: uma IA capaz de identificar emoções em um diálogo, com a utilização de um modelo de emoções validado, como o OCC; uma plataforma de sistema multiagente funcional e flexível, que permita de forma simples sua integração a outros sistemas; e um conjunto de regras baseadas no funcionamento da memória humana.

A partir dos requisitos definidos, e com os experimentos realizados, pode-se implementar um sistema a partir de uma arquitetura que utiliza SMAs e simula memória e emoções entre agentes, de modo que se assemelha com a memória humana. Isto fica mais claro pela diferença das respostas adquiridas entre os experimentos sem memória e sem emoções, sem memória e com emoções, e com memória e com emoções.

Contudo, o diferencial da arquitetura apresentada é que através dos conceitos de memória humana e emoções integradas a um SMA, possibilitou-se simular “problemas” ou “situações” que necessitam destes conceitos, como o problema do Dilema do Prisioneiro, adaptado neste trabalho para simular a teoria de que ao gerar *rapport* através de emoções positivas, haverá maior chance de um suspeito culpado confessar.

Alguns trabalhos futuros que este estudo apresenta são:

- Implementar personalidades nos agentes como por exemplo utilizando o OCEAN

(modelo Big Five) (DIGMAN, 1990).

- Refinar o cálculo utilizado para a memória, bem como implementar os demais conceitos de memória apresentados neste trabalho como: memória explícita, implícita, transitória, sensorial, prospectiva, episódica ou semântica. Uma vez que, para representar melhor a memória na arquitetura é necessário desenvolver uma equação que represente como cada um dos tipos de memória funciona.
- Realizar simulações entre o sistema e um humano, pois é possível integrar a arquitetura já desenvolvida com um sistema de entrada e saída, possibilitando a um usuário interagir, o que seria possível de duas formas: a primeira seria, com o usuário escolhendo a mensagem a ser enviada de acordo com certas opções mostradas a ele; e a segunda, através de texto puro (aberto), pois graças ao Watson, a arquitetura consegue processar o texto e responder ao usuário (humano).

REFERÊNCIAS

BELLIFEMINE, F. L.; CAIRE, G.; GREENWOOD, D. *Developing multi-agent systems with JADE*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2007. v. 7.

BOMMEL, P. et al. Cormas: an agent-based simulation platform for coupling human decisions with computerized dynamics. In: *Simulation and gaming in the network society*. [S.l.]: Springer, 2016. p. 387–410.

BORDINI, R. H.; HÜBNER, J. F.; WOOLDRIDGE, M. *Programming multi-agent systems in AgentSpeak using Jason*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2007. v. 8.

BOURGAIS, M.; TAILLANDIER, P.; VERCOUTER, L. Enhancing the behavior of agents in social simulations with emotions and social relations. In: SPRINGER. *International Workshop on Multi-Agent Systems and Agent-Based Simulation*. [S.l.], 2017. p. 89–104.

BRATMAN, M. *Intention, plans, and practical reason*. [S.l.]: Harvard University Press Cambridge, MA, 1987. v. 10.

CARDOSO, J. R. *Novas tecnologias aplicadas a sistemas de produção*. 2017.

CLAYTON, N. S. et al. Elements of episodic-like memory in animals. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, The Royal Society, v. 356, n. 1413, p. 1483–1491, 2001.

COSENZA, R.; GUERRA, L. *Neurociência e Educação*. [S.l.]: Artmed Editora, 2009.

COSTANTINI, S.; GASPERIS, G. D.; MIGLIARINI, P. Multi-agent system engineering for emphatic human-robot interaction. In: IEEE. *2019 IEEE Second International Conference on Artificial Intelligence and Knowledge Engineering (AIKE)*. [S.l.], 2019. p. 36–42.

DIGMAN, J. M. Personality structure: Emergence of the five-factor model. *Annual review of psychology*, Annual Reviews 4139 El Camino Way, PO Box 10139, Palo Alto, CA 94303-0139, USA, v. 41, n. 1, p. 417–440, 1990.

D'AMICO, C. et al. *Inteligência artificial: uma abordagem de agentes*. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1995.

FERNANDES, A. M. d. R. et al. Uma experiencia com agentes inteligentes e jogos de cartas. *Revista ficticia*, 2008.

- FERRUCCI, D. A. Introduction to “this is watson”. *IBM Journal of Research and Development*, IBM, v. 56, n. 3.4, p. 1–1, 2012.
- FININ, T. et al. Kqml as an agent communication language. In: *ACM. Proceedings of the third international conference on Information and knowledge management*. [S.l.], 1994. p. 456–463.
- GIRAFFA, L.; VICCARI, R. Intelligent tutoring systems modelled through agents techniques. *Revista de Ciência, Educacao e Cultura*, 1998.
- GODDARD, C.; SCHALLEY, A. C. Text preprocessing. *Handbook of Natural Language Processing, Second Edition*. Chapman et Hall/CRC, p. 9, 2010.
- GRATCH, J.; MARSELLA, S. Modeling emotions in the mission rehearsal exercise. In: *Proceedings of the 10th Conference on Computer Generated Forces and Behavioral Representation*. [S.l.: s.n.], 2001. p. 15–17.
- GRIFFITHS, D.; DICKINSON, A.; CLAYTON, N. Episodic memory: what can animals remember about their past? *Trends in cognitive sciences*, Elsevier, v. 3, n. 2, p. 74–80, 1999.
- GRZONKA, D. et al. Using a multi-agent system and artificial intelligence for monitoring and improving the cloud performance and security. *Future Generation Computer Systems*, Elsevier, v. 86, p. 1106–1117, 2018.
- GUDJONSSON, G. H. *The psychology of interrogations and confessions: A handbook*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2003.
- HÜBNER, J. F.; BORDINI, R. H.; VIEIRA, R. Introdução ao desenvolvimento de sistemas multiagentes com Jason. *XII Escola de Informática da SBC*, v. 2, p. 51–89, 2004.
- INDURKHIA, N.; DAMERAU, F. J. *Handbook of natural language processing*. [S.l.]: CRC Press, 2010. v. 2.
- INDURKHIA, N.; DAMERAU, F. J.; PALMER, D. D. Text preprocessing. *Handbook of Natural Language Processing, Second Edition*. Chapman et Hall/CRC, p. 9, 2010.
- ITO, M.; SILVA, L. R. da. Arquitetura unificada agente-objeto: usando objetos da tecnologia orientada a objetos para modelar o ambiente de sistemas multiagentes. *São Paulo: Programa de Pós Graduação do Centro Paula Souza (POS-CEETEPS)*, 2010.
- JÚNIOR, C. A. M.; FARIA, N. C. Memory. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, SciELO Brasil, v. 28, n. 4, p. 780–788, 2015.
- KAGERMANN, H. et al. *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group*. [S.l.]: Forschungsunion, 2013.
- KAPTEIN, F. et al. Self-explanations of a cognitive agent by citing goals and emotions. In: *IEEE. 2017 Seventh International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction Workshops and Demos (ACIIW)*. [S.l.], 2017. p. 81–82.

- KHADKA, S.; YATES, C.; TUMER, K. Memory based multiagent one shot learning. In: INTERNATIONAL FOUNDATION FOR AUTONOMOUS AGENTS AND MULTIAGENT SYSTEMS. *Proceedings of the 18th International Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems*. [S.l.], 2019. p. 2054–2056.
- KINTSCH, W. *The representation of meaning in memory (PLE: Memory)*. [S.l.]: Psychology Press, 2014.
- LALLÉ, S.; CONATI, C.; AZEVEDO, R. Prediction of student achievement goals and emotion valence during interaction with pedagogical agents. In: INTERNATIONAL FOUNDATION FOR AUTONOMOUS AGENTS AND MULTIAGENT SYSTEMS. *Proceedings of the 17th International Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems*. [S.l.], 2018. p. 1222–1231.
- LANGLEY, C. *Getting to the Truth: A Practical, Scientific Approach to Behaviour Analysis for Professionals*. [S.l.]: Emotional Intelligence Academy, 2017.
- LEWIS, M.; HAVILAND-JONES, J. M.; BARRETT, L. F. *Handbook of emotions*. [S.l.]: Guilford Press, 2010.
- LIU, B.; ZHANG, L. A survey of opinion mining and sentiment analysis. In: *Mining text data*. [S.l.]: Springer, 2012. p. 415–463.
- LJUNGLÖF, P.; WIRÉN, M. Syntactic parsing. *Handbook of natural language processing*, v. 2, 2010.
- MAKRIDAKIS, S. The forthcoming artificial intelligence (ai) revolution: Its impact on society and firms. *Futures*, Elsevier, v. 90, p. 46–60, 2017.
- MARREIROS, G. Agentes de apoio à argumentação e decisão em grupo. 2008.
- MARSELLA, S. et al. Computational models of emotion. *A Blueprint for Affective Computing-A sourcebook and manual*, Oxford University Press New York, NY, v. 11, n. 1, p. 21–46, 2010.
- NERI, J. R. et al. Aplicando conceitos de sistemas multiagentes na elaboração de um jogo de estratégia simulado. *Revista de Informática Teórica e Aplicada*, v. 19, n. 2, p. 34–58, 2012.
- NORVIG, P.; RUSSELL, S. *Inteligência artificial: Tradução da 3a edição (Vol. 1)*. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2014.
- NUNES, I. O. de. Implementação do modelo e da arquitetura bdi. *Monografias em Ciência da Computação*, v. 1, 2007.
- ORTONY, A.; CLORE, G. L.; COLLINS, A. *The cognitive structure of emotions*. [S.l.]: Cambridge university press, 1990.
- POUNDSTONE, W. *Prisoner's Dilemma/John Von Neumann, game theory and the puzzle of the bomb*. [S.l.]: Anchor, 1993.
- RABELLO, R. d. S. Interação e autismo: uso de agentes inteligentes para detectar déficits de comunicação em ambientes síncronos. 2010.

- RAMPAZZO, L. *Metodologia científica*. [S.l.]: Edições Loyola, 2013.
- REZENDE, S. O. *Sistemas inteligentes: fundamentos e aplicações*. [S.l.]: Editora Manole Ltda, 2003.
- ROISENBERG, M.; BARRETO, J. M.; AZEVEDO, F. M. Biological inspirations in neural network implementations of autonomous agents. In: SPRINGER. *Brazilian Symposium on Artificial Intelligence*. [S.l.], 1996. p. 211–220.
- ROSSI, S.; FERLAND, F.; TAPUS, A. User profiling and behavioral adaptation for hri: a survey. *Pattern Recognition Letters*, Elsevier, v. 99, p. 3–12, 2017.
- SEN, S. et al. The effects of past experience on trust in repeated human-agent teamwork. In: INTERNATIONAL FOUNDATION FOR AUTONOMOUS AGENTS AND MULTIAGENT SYSTEMS. *Proceedings of the 17th International Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems*. [S.l.], 2018. p. 514–522.
- SILVA, B. C. D. da. O estudo lingüístico-computacional da linguagem. *Letras de Hoje*, v. 41, n. 2, p. 103–138, 2006.
- SILVA, F. N. d. *Modelagem de emoções utilizando redes bayesianas*. Dissertação (Mestrado) — FURG - Universidade Federal do Rio Grande, 2014.
- SMITH, J. D. et al. Memory monitoring by animals and humans. *Journal of Experimental Psychology: General*, American Psychological Association, v. 127, n. 3, p. 227, 1998.
- SPAULDING, S.; CHEN, H. A social robot system for modeling children's word pronunciation. *autonomous agents and multi agent systems 2018*, 2018.
- SPEAR, N. E. Retrieval of memory in animals. *Psychological Review*, American Psychological Association, v. 80, n. 3, p. 163, 1973.
- URBAN, G. A.; ADAMATTI, D. F. An adaptive agent approach using personality and emotions. In: IEEE. *2018 XLIV Latin American Computer Conference (CLEI)*. [S.l.], 2018. p. 215–223.
- VARGA, S. Uma visão geral sobre o uso de sistemas de perguntas e respostas na ciência cognitiva. *Campinas: Universidade Estadual de Campinas*, 2014.
- WINIKOFF, M. Jack™ intelligent agents: an industrial strength platform. In: *Multi-Agent Programming*. [S.l.]: Springer, 2005. p. 175–193.
- WOOLDRIDGE, M. *An introduction to multiagent systems*. [S.l.]: John wiley & sons, 2009.
- ZHANG, J.; THALMANN, N. M.; ZHENG, J. Combining memory and emotion with dialog on social companion: A review. In: *Proceedings of the 29th international conference on computer animation and social agents*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 1–9.