



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação

Arquitetura de um Agente Emocional baseado em Modelos Psicológicos para uso em Jogos Eletrônicos

Hugo Galvão Ribeiro Arraes

Monografia apresentada como requisito parcial
para conclusão do Curso de Computação — Licenciatura

Orientadora

Prof.^a Dr.^a Carla Denise Castanho

Coorientador

Prof. Msc. Mauricio Miranda Sarmet

Brasília

2012

Universidade de Brasília — UnB
Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação
Curso de Computação — Licenciatura

Coordenador: Prof. Dr. Flávio de Barros Vidal

Banca examinadora composta por:

Prof.^a Dr.^a Carla Denise Castanho (Orientadora) — CIC/UnB
Prof. Msc. Mauricio Miranda Sarmet — IP/UnB
Prof. Dr. Guilherme Novaes Ramos — CIC/UnB

CIP — Catalogação Internacional na Publicação

Arraes, Hugo Galvão Ribeiro

.

Arquitetura de um Agente Emocional baseado em Modelos Psicológicos para uso em Jogos Eletrônicos / Hugo Galvão Ribeiro Arraes. Brasília : UnB, 2012.

86 p. : il. ; 29,5 cm.

Monografia (Graduação) — Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

1. emoções, 2. inteligência artificial, 3. agentes, 4. jogos eletrônicos,
5. psicologia

CDU 004.4

Endereço: Universidade de Brasília
Campus Universitário Darcy Ribeiro — Asa Norte
CEP 70910-900
Brasília-DF — Brasil

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, minha esposa e meus amigos que sempre me deram apoio. Em especial a João Antonio Tavares Rosa, Joãozinho, cujo sonho ainda vive em muitos de nós.

Agradecimentos

Agradeço a professora Carla Denise Castanho por ter aceitado ser minha orientadora e por ter buscado todo o apoio que precisei. Agradeço ao professor Mauricio Miranda Sarmet por toda a ajuda que me deu quanto as pesquisas sobre a psicologia humana e nuances de uma emoção. Agradeço também ao professor Guilherme Novaes Ramos por ter aceitado participar da banca examinadora.

Agradeço a minha esposa, que pacientemente esperou por todos estes anos a minha formatura. Também não poderia deixar de mencionar meu amigos, da faculdade, do trabalho, de longe, de perto, todos, pelo grande apoio que me deram.

Resumo

Apesar da rápida e contínua evolução dos jogos de computador, a Inteligência Artificial (IA) empregada não tem acompanhado o mesmo ritmo de desenvolvimento gerando comportamentos inadequados por parte dos agentes virtuais. Existem diversos trabalhos e abordagens para minimizar este problema, porém, agentes virtuais que apresentem comportamento próximo ao do ser humano ainda é um desafio. Este trabalho propõe uma arquitetura de agente emocional capaz de apresentar um comportamento humanizado onde é abordada a ideia de uma teoria de lógica emocional baseada na psicologia humana. Um agente emocional com características psicológicas humanas pode contribuir como uma abordagem alternativa para a tomada de decisão e simulação comportamental nesta promissora área de desenvolvimento de jogos eletrônicos. Foi desenvolvido também, um protótipo, através da ferramenta *Unity 3D* que utiliza as especificações do modelo apresentado, onde verificou-se o seu funcionamento através das ações do agente implementado.

Palavras-chave: emoções, inteligência artificial, agentes, jogos eletrônicos, psicologia

Abstract

Despite the rapid and continuous evolution of computer games, Artificial Intelligence (AI) has not followed the same pace of development generating inappropriate behavior on virtual agents. There are numerous research fronts with approaches to reduce this problem, however, is difficult to get close of the expected behavior of human beings.

In this paper is proposed an agent architecture capable of displaying emotional behavior humanized using a theory of emotional logic based on human psychology. This architecture will provide another approach to decision making and behavioral simulation in games.

We developed a prototype with Unity 3D tool using model's specifications where the operational status was analyzed through the actions of the agent implemented.

Keywords: emotions, artificial intelligence, agents, electronic games, psychology

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Objetivos	2
1.1.1	Geral	2
1.1.2	Específicos	2
1.2	Organização do Trabalho	3
2	Conceitos de Inteligência Artificial	4
2.1	Definição	4
2.2	Um Breve Histórico	5
2.3	Agentes Inteligentes	6
2.4	Implementação de Agentes em Jogos	7
3	Conceitos Gerais sobre Emoção	10
3.1	Emoção e Comportamento	12
3.2	Modelos Psicológicos para Agentes	13
3.2.1	Estados Mentais selecionados para a Proposta	13
3.2.2	Raiva	14
3.2.3	Medo	16
3.2.4	Alegria/Felicidade	17
3.2.5	Tristeza	18
3.2.6	Surpresa/Atenção	19
4	Trabalhos Correlatos	20
4.1	Modelos Baseados em BDI	20
4.1.1	Modelo 1	20
4.1.2	Modelo 2	21
4.2	Modelos Baseados em OCC	21
4.2.1	Modelo 3	21
4.2.2	Modelo 4	22
4.3	Modelos Híbridos	22
4.3.1	Modelo 5	22
4.4	Modelos Baseados em Outras Abordagens	23
4.4.1	Modelo 6	23
4.4.2	Modelo 7	23
4.4.3	Modelo 8	24
4.5	Análise Comparativa	24

5	Arquitetura do Agente Emocional	29
5.1	Arquitetura	32
5.2	Grupo 1	32
5.2.1	Módulo Emoção	32
5.2.2	Módulo Memória	36
5.2.3	Módulo Estados Internos	41
5.2.4	Exemplificação	42
5.3	Grupo 2	42
5.3.1	Módulo Atenção	42
5.3.2	Módulo Fila de Prioridades	46
5.3.3	Exemplificação	48
5.4	Grupo 3	49
5.4.1	Módulo Lógica	49
5.4.2	Módulo Scripts Ação/Reação	54
5.4.3	Exemplificação	55
5.5	Módulos da Arquitetura – Modelo Detalhado	56
5.6	Análise Comparativa do Modelo Proposto	56
6	Implementação do Protótipo	62
6.1	Outros Cenários	65
7	Conclusão e Trabalhos Futuros	68
7.1	Implicações dos resultados encontrados	68
7.2	Sugestões para trabalhos futuros	68
	Referências	70

Lista de Figuras

2.1	Esquema geral de um agente proposto por Russel e Norvig. Adaptado de [62].	7
2.2	Exemplo de Máquina de Estados Finitos. Adaptado de [49].	8
2.3	Árvore de decisão do jogo <i>Crysis</i> . Adaptado de [47].	9
2.4	<i>Crysis</i> - Comportamento inadequado em uma conversa ativada por <i>script</i> .	9
2.5	<i>Battlefield: Bad Company 2</i> - Comportamento inadequado em uma conversa ativada por <i>script</i> .	9
3.1	Roda das Emoções de Robert Plutchik [59]. Imagem de [18]	14
3.2	Modelo Circumplexo Genérico sobre o afeto. Adaptado de [73].	15
3.3	Esquema emocional proposto neste trabalho.	16
3.4	Emoções selecionadas para compor a proposta deste trabalho, assim como o limiar de surpresa/atenção relacionado a elas.	16
4.1	Modelo Genérico GRACE. Adaptado de [13].	23
5.1	Esquema genérico de percepção, tomada de decisão e ação realizado por um ser humano.	30
5.2	Visão Geral da arquitetura do Agente Emocional proposto.	31
5.3	Fluxo de informação.	31
5.4	Fluxo de informação por Grupos.	32
5.5	Emoções utilizadas no módulo Emoção.	33
5.6	Conjuntos distintos de estados mentais do Agente Emocional.	34
5.7	Detalhamento do módulo Emoção.	35
5.8	Conjuntos distintos de estados mentais associados a cada Agente(AG) / Objeto(OB) / Evento(EV) na memória.	37
5.9	Detalhamento do módulo Memória.	38
5.10	Exemplo de funcionamento do Senso Comum.	39
5.11	Ações possíveis por parte do Agente Emocional em um determinado evento.	40
5.12	Detalhamento do módulo Estados Internos.	41
5.13	Processo de aprendizado envolvendo o módulo Estados Internos.	42
5.14	Detecção do ambiente e Recuperação de informações em memória.	43
5.15	Esquema das variáveis que compõem a Atenção em relação aos Estados Emocionais da proposta.	44
5.16	Detalhamento do módulo Atenção.	45
5.17	Exemplo de influência por proximidade no Estado Emocional Cena.	46
5.18	Avaliação dos filtros do módulo Atenção.	47
5.19	Filtros de uso geral.	47
5.20	Detalhamento do módulo Fila de Prioridades.	48

5.21	Exemplificação do funcionamento dos módulos do Grupo 2.	49
5.22	Organização da Fila de Prioridades do módulo Fila de Prioridades.	50
5.23	Detalhamento do módulo Lógica.	51
5.24	Exemplificação de problemas detectados e os respectivos custos relacionados.	52
5.25	Relação entre os filtros do módulo Atenção e os diferentes tipos de lógicas do módulo Lógica.	53
5.26	Exemplo simples de resolução de problema.	54
5.27	Exemplo de Ação do módulo interno Confrontar.	55
5.28	Exemplo de Ação do módulo interno Evitar.	55
5.29	Exemplo de Ação do módulo interno Contornar.	56
5.30	Detalhamento do módulo Scripts Ação/Reação.	56
5.31	Resolução de problema complexo através do desmembramento em problemas de fácil localização de uma solução junto a memória.	57
5.32	Modelo Detalhado do Agente Emocional.	60
6.1	Tela do programa Unity 3D.	62
6.2	Elementos da cena.	63
6.3	Painel Informativo.	64
6.4	Início da simulação.	64
6.5	Mudança do foco da Atenção do Agente Emocional.	65
6.6	Comportamento de perseguição.	65
6.7	Mudança de valor de prioridade do agente emocional.	66
6.8	Nova mudança de valor de prioridade do agente emocional.	66
6.9	Comportamento investigativo no jogo <i>Crysis</i>	67
6.10	NPC aliado entra na linha de tiro do jogador no jogo <i>Homefront</i>	67

Lista de Tabelas

2.1	Definições de IA proposto por Russel e Norvig. [62]	4
4.1	Tabela comparativa dos modelos correlatos abordados.	28
5.1	Tabela comparativa dos modelos correlatos abordados e do modelo da proposta de Agente Emocional.	61

Capítulo 1

Introdução

A utilização de personagens virtuais com comportamentos inteligentes, os Agentes Inteligentes, em jogos de computador, é uma prática difundida e muito promissora no entretenimento digital. Entretanto, apesar da rápida e contínua evolução destas simulações computacionais no que diz respeito aos aspectos técnicos de qualidade e sofisticação dos gráficos, o desenvolvimento de técnicas mais aprimoradas de Inteligência Artificial (IA) aplicadas à jogos não segue a mesma regularidade [48]. Não é incomum observar comportamentos inadequados de agentes controlados pelo computador, os chamados NPCs (*non-player characters*), em jogos eletrônicos *AiGameDev* [11].

Atualmente é possível ver os mais diferentes tipos de Agentes Inteligentes sendo lançados a cada mês, tanto em projetos pequenos e independentes como em grandes projetos milionários que envolvem centenas de profissionais e anos de desenvolvimento. Entretanto, fica claro que, principalmente nos grandes lançamentos, existe um cronograma muito apertado entre a fase inicial de desenvolvimento e o lançamento oficial do produto. Infelizmente, neste processo, o tempo necessário para aprimoramento da Inteligência Artificial acaba sendo prejudicado. [29]

Com o surgimento dos motores gráficos proprietários, ou *Engines*, que são conjuntos de programas modulares para a implementação de novos jogos a partir de uma estrutura preexistente, o desenvolvimento da lógica para os agentes pôde evoluir de acordo com a sequência de jogos lançados utilizando os módulos para IA destes motores. Contudo, esta evolução ainda não se apresenta de modo totalmente satisfatório como pode ser observado em jogos recentes. [29]

Com o intuito de criar personagens virtuais dotados de uma inteligência artificial mais realista, tem-se considerado a apropriação de conceitos e fundamentos da psicologia, o uso de interações sociais, emoção e rascunhos de estados mentais [24]. Mais precisamente, baseando-se na teoria de lógica emocional onde a estrutura e processos cognitivos observados podem, através de analogias, ser aplicados a um modelo funcional de mente artificial. Este modelo pode ser útil em jogos que utilizam inteligência artificial para controlar os personagens virtuais, possibilitando a caracterização de um comportamento emocional.

Ainda assim, são inúmeros os relatos de ações e reações incoerentes observadas em NPCs em jogos, variando deste comportamentos mecanizados, até repetitivos e previsíveis. Neste sentido, não basta a mera mecanização de estados emocionais puramente acionadas por gatilhos como uma ação em específico ou uma opção em um diálogo, pois, apesar de disparar um comportamento similar ao esperado para uma reação emocional es-

pecífica, existe o perigo da previsibilidade e problemas de interação entre diferentes tipos de gatilhos. Na busca em oferecer um novo modelo que tenha o enfoque nestes quesitos, existem frentes de pesquisa com diferentes abordagens [6] [32] [43] [35] [52] [72] [13] [63].

Independente da linha de pesquisa utilizada, o que está claro é que a emoção e comportamento estão ligados diretamente a noção da psicologia como ciência que estuda os comportamentos e processos mentais. Sendo assim, existindo modelos psicológicos que descrevem diferentes tipos destes fenômenos, é natural pensar em adaptá-los para o uso por parte de um agente emocional.

Nesta linha, existem variadas propostas que se baseiam nos modelos OCC (*Ortony, Clore, Collins*) [51], BDI (*Believe-Desire-Intention*) [61], híbridos de OCC e BDI, assim como outros tipos de abordagens. Apesar dos esforços, estes modelos pecam por tratar cada estímulo individualmente, sem considerar a complexidade emocional que pode ser gerada do conjunto de estímulos do ambiente.

Com isso, o foco deste trabalho reside na proposta de um agente emocional capaz de apresentar uma resposta mais humanizada com demonstrações de raiva, medo ou gratidão, visando minimizar estes comportamentos tidos como inadequados. Mais precisamente é apresentada uma arquitetura de um Agente Emocional baseado em Modelos Psicológicos para uso em Jogos Eletrônicos. É um modelo que contempla a experiência subjetiva de acordo com o ponto de vista do agente emocional, ou seja, uma representação dos estados emocionais através de diferentes variáveis baseadas na ciência da psicologia e a capacidade de memória. De forma complementar, a proposta implementa uma noção de senso comum baseada no aprendizado e a possibilidade de filtrar as informações do ambiente, tanto de forma individual como em conjunto, de acordo com a relevância para o próprio agente emocional.

Acredita-se que um agente emocional com características psicológicas humanas pode contribuir como uma abordagem alternativa para a tomada de decisão e simulação comportamental nesta promissora área de desenvolvimento de jogos eletrônicos.

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

O objetivo geral deste trabalho é propor um modelo de um agente emocional baseado em estudos existentes da psicologia humana para uso em jogos eletrônicos. Este modelo propiciará a criação de Agentes Inteligentes que englobem as capacidades de emoção, aprendizado e planejamento em ambientes com diversidade de agentes, objetos e eventos, com ou sem conhecimento prévio por parte do Agente.

1.1.2 Específicos

São objetivos específicos deste trabalho:

- Construir um protótipo do modelo proposto utilizando a ferramenta *Unity 3D*, da *Unity Technologies*.
- Verificar sua aplicabilidade em um protótipo de jogo onde foram levados em consideração os estados mentais Raiva, Medo e Felicidade.

- Mostrar alguns comportamentos típicos em jogos da indústria de entretenimento e comparar com a proposta apresentada.

1.2 Organização do Trabalho

O Capítulo 2 apresenta os conceitos e definições envolvendo Inteligência Artificial, jogos e os problemas enfrentados pela indústria de entretenimento quanto aos modelos de Agentes Inteligentes utilizados nas simulações computacionais. Tais conceitos servem como base para o desenvolvimento da proposta do agente. No Capítulo 3 são apresentados os conceitos psicológicos e os estados mentais que servirão de base para a construção do modelo do agente emocional da proposta. No Capítulo 4 são detalhados trabalhos correlatos à proposta do agente emocional onde, através de uma análise comparativa, são apontadas as vantagens e desvantagens dos modelos atuais. Com base nos capítulos anteriores, a arquitetura lógica das emoções e os módulos do agente emocional são apresentados no Capítulo 5. No Capítulo 6 estão os detalhes da implementação do protótipo desenvolvido através da ferramenta *Unity 3D*. Por fim, no Capítulo 7, as conclusões obtidas são expostas assim como algumas sugestões de trabalhos futuros.

Capítulo 2

Conceitos de Inteligência Artificial

2.1 Definição

Existem muitas aplicações práticas da Inteligência Artificial como a utilização no controle de semáforos, veículos automatizados e na área de jogos eletrônicos. Além disso, o tema abrange desde estudos filosóficos até a área de aplicação em robótica, sistemas adaptativos, estados de modelos formais de raciocínio, redes neurais artificiais, teoria do caos, algoritmos genéticos, dentre outras áreas recentes de aplicação [36]. Outra razão para o estudo da IA, segundo Luís Moniz Pereira, "*será para nos compreendermos melhor. Ao contrário da filosofia ou da psicologia, que também se interessam pela inteligência, a IA pretende ainda construir entidades inteligentes, e nesse aspecto é uma ciência do artificial, semelhante a uma engenharia, ocupada com a totalidade dos aspectos relevantes às suas construções.*" [54].

É importante definir o que é Inteligência Artificial que, segundo Russell e Norvig [62], estaria dividida em quatro categorias (Tabela 2.1) que variam de acordo com o nível de fidelidade de resposta se comparado com o ser humano e o nível de racionalidade desta resposta.

Sistemas que pensam como humanos	Sistemas que pensam racionalmente
Sistemas que agem como humanos	Sistemas que agem racionalmente

Tabela 2.1: Definições de IA proposto por Russel e Norvig. [62]

Essa divisão pode ser observada sobre diferentes ângulos. As duas definições na primeira linha da tabela se preocupam com o processo de pensamento, enquanto as duas na segunda linha se preocupam mais com o comportamento. Por outro lado, ambas as definições na esquerda da tabela buscam o ser humano como modelo, enquanto as da direita buscam um modelo ideal de inteligência, definido por Russel e Norvig como racionalidade. Historicamente, as quatro abordagens são utilizadas, e, embora, seja possível imaginar que são independentes, o mesmo não ocorre, ou seja, há uma grande colaboração entre elas. [62]

Abaixo, é explicitado cada uma destas categorias:

- Sistemas que pensam como humanos: buscam entender como o pensamento funciona, que é o objeto da ciência cognitiva. Basicamente, se as entradas e saídas do

sistema assim como seu comportamento correspondem aos dos humanos. Aqui o importante é comparar os passos do sistema com os de uma pessoa para resolver o mesmo problema.

- Sistemas que agem como humanos: bastante empíricos, baseiam-se na habilidade de se comportar como um humano, possuindo hipóteses e confirmações experimentais como o teste de Turing [64].
- Sistemas que pensam racionalmente: baseados no campo da lógica, utilizam notações precisas para declarações sobre todos os tipos de coisas no mundo e sobre as relações ente elas.
- Sistemas que agem racionalmente: neste contexto agir racionalmente significa agir para atingir seus objetivos, dadas as suas próprias crenças. Neste sentido, um agente é uma entidade que percebe e age sob esta ótica. A Inteligência Artificial é vista como a ciência que estuda e busca construir agentes inteligentes, ou seja, que se comportem de forma a atingir seus objetivos.

Cabe ressaltar aqui, que neste trabalho, não foi escolhida apenas uma visão de IA. Buscou-se, a partir de uma estrutura de agente, ou seja, uma entidade que percebe o ambiente a sua volta e age em retorno para atingir seus objetivos e integrar seu funcionamento buscando um comportamento baseado no comportamento humano.

2.2 Um Breve Histórico

Primeiramente, o termo Inteligência Artificial, mais conhecido pela abreviatura IA, foi definido em 1956 pelo pesquisador americano John McCarthy [4] durante o primeiro evento dedicado ao assunto, a conferência de *Dartmouth* [45], nos Estados Unidos. Atualmente o termo se refere a uma disciplina científica que utiliza as capacidades de processamento de símbolos, com exceção de redes neurais, da computação com o fim de encontrar métodos genéricos para automatizar atividades perceptivas, cognitivas e manipulativas, por via do computador [55].

Ainda em *Dartmouth*, nasceram alguns dos paradigmas para a IA, ou seja, a linha simbólica, que tenta simular o comportamento inteligente humano desconsiderando os mecanismos responsáveis por tal, e a conexionista, que visa a modelagem da inteligência através de simulações dos neurônios e suas interligações [68].

O conexionismo teve início em 1943, em artigos de McCulloch e Pitts, em que sugeriam a construção de uma máquina baseada ou inspirada no cérebro humano e, a partir deste início, o primeiro neuro computador a obter sucesso (*Mark I Perceptron*) surgiu em 1957 e 1958, criado por Frank Rosenblatt, Charles Wightman e outros. Devido a profundidade de seus estudos, suas contribuições técnicas e de sua maneira moderna de pensar, é tido como o fundador da neurocomputação na forma em que ela existe hoje. Seu interesse inicial para a criação do *Perceptron* era o reconhecimento de padrões [68].

Já na linha simbólica, observa-se a predominância da lógica e manipulação simbólica sobre um determinado domínio e sua história pode ser dividida nos seguintes e principais períodos distintos, na seguinte ordem: Clássico, Romântico e Moderno [5].

O **Período Clássico**, que vai de 1956 a 1970, tem por objetivo simular a inteligência humana através de solucionadores gerais de problemas e utilização de lógica, porém,

ocorreu uma subestimação da complexidade dos problemas envolvidos [5]. A pesquisa em manipulação de símbolos manteve o foco no desenvolvimento de sistemas formais gerais com capacidade para resolver qualquer tipo de problema. O problema com estes sistemas é que a sua utilização em situações reais é inviável, por vezes impossível, devido a várias razões dentre as quais destacam-se características teóricas dos métodos utilizados e a natureza do conhecimento do mundo real.

No **Período Romântico**, que vai de 1970 a 1980, esperava-se simular a inteligência humana em situações pré-determinadas através de uma representação formal de conhecimento adaptada a cada tipo de problema [5]. Porém, esta abordagem também falhou ao subestimar a quantidade de conhecimento necessário para se resolver um determinado problema, lembrando que não era difundido o interesse em construir programas de IA com aplicações práticas.

No **Período Moderno**, a partir de 1980, o foco está situado na simulação de comportamentos relativos a especialistas humanos em domínios específicos de conhecimento através de regras e representações de incerteza, porém, subestimou-se a complexidade do problema da aquisição do conhecimento [5].

Cabe ressaltar que existem outros paradigmas da IA, a exemplo da linha evolucionista [2], que tem como uma das características a inspiração na evolução biológica através da seleção natural [14] utilizando recombinação genética, e a linha estatística/probabilística [12], com o uso de redes bayesianas e sistemas difusos.

Com os recentes progressos no domínio das ciências da computação tem-se buscado uma maior multidisciplinaridade quanto a este tema permitindo o nascimento de novas abordagens. Muitas destas abordagens tem como um dos objetivos a investigação da natureza da cognição [46]. Nesse ponto, a Inteligência Artificial converge com a Filosofia da Mente, que estuda os processos cognitivos e seu funcionamento. Ou seja, encontra-se no computador tanto uma fonte nova de metáforas, quanto no cérebro e na mente humana um guia para uma "consciência artificial".

2.3 Agentes Inteligentes

Agentes Inteligentes, segundo Russel e Norvig [62], são personagens virtuais que possuem duas partes importantes as quais são denominadas de Sensores e Atuadores. (Figura 2.1).

É através dos sensores que o agente percebe o mundo e esta percepção servirá de base para as possíveis decisões que serão tomadas através de um ou mais atuadores. As principais características que um Agente Inteligente deve ter são a Reatividade, ou seja, ele deve responder as percepções captadas do ambiente, a Pró-atividade, isto é, o agente deve ter iniciativa de modo a alcançar seu objetivo e a Sociabilidade que corresponde à necessidade de interação com o jogador ou outros agentes. [62]

Russel e Norvig classificam os agentes de acordo com os seguintes tipos:

- Agente Reativo Simples: a partir de uma regra com condição igual a situação atual, executa uma ação associada a esta regra.
- Agente Reativo Baseado em Modelos: o agente deve manter um estado interno alimentado por um histórico de percepções assim como um modelo de como suas ações afetam o mundo.

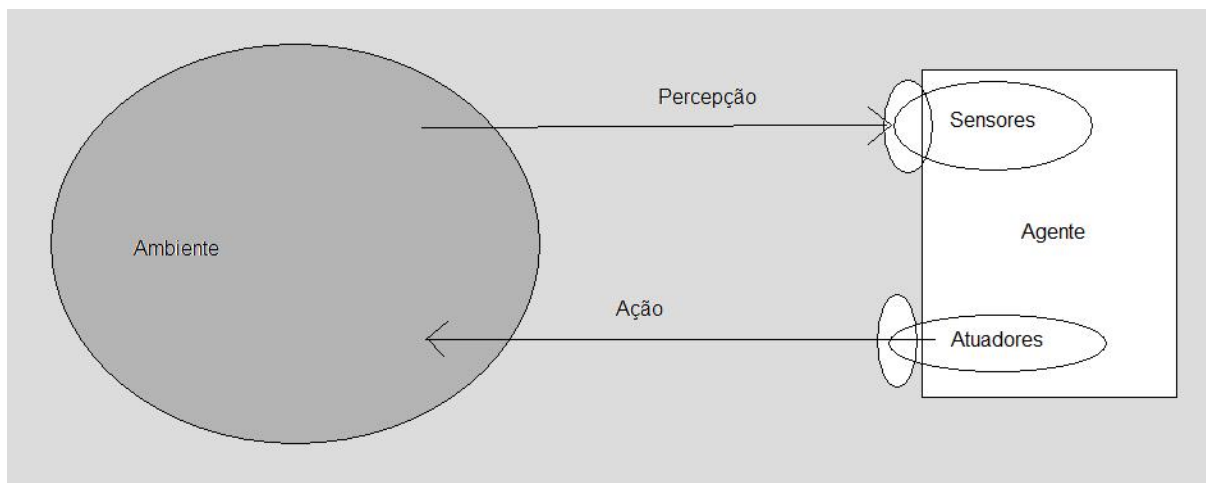


Figura 2.1: Esquema geral de um agente proposto por Russel e Norvig. Adaptado de [62].

- Agente Baseado em Objetivos: trata-se de um agente que para executar sequências de ações se utiliza dos subcampos da IA chamados de busca e planejamento para alcançar os objetivos.
- Agente Baseado na Utilidade: é capaz de decisões racionais utilizando funções visando maximizar a utilidade do agente através da ponderação da importância dos objetivos e a probabilidade de sucesso.
- Agente com Aprendizagem: é capaz de aprendizado podendo operar em ambientes inicialmente desconhecidos utilizando-se da percepção de entrada como recompensa ou penalidade.

Alguns destes tipos de agentes são utilizados em jogos eletrônicos para dar vida a inimigos ou mesmo aliados do jogador. É possível separar algumas das implementações mais comuns como a máquina de estados finitos [49] (Figura 2.2) e a árvore de decisão (*Behavior Tree* [47]) onde, a partir de um estado raiz, o agente pode buscar comportamentos cada vez mais especializados de acordo com o galho selecionado através da passagem de uma condição (Figura 2.3).

2.4 Implementação de Agentes em Jogos

A princípio, o comportamento de agentes em jogos é um ponto que é ignorado por boa parte dos jogadores uma vez que é mais fácil de se verificar se um jogo está ou não com gráficos melhores em relação aos jogos da concorrência, do que verificar qual possui a melhor IA. Felizmente este cenário tende a mudar com a presença de pessoas como Yves Guillemot [60], CEO da empresa de jogos de entretenimento *Ubisoft*, que defende a ideia da Inteligência Artificial como o elemento de diferenciação real entre os títulos.

No site AiGameDev [11] observa-se uma coleção de comportamentos inadequados que são frequentemente cometidos por Agentes Inteligentes nos mais variados jogos como, por exemplo, o jogo de tiro em primeira pessoa *Crysis*, com custo de desenvolvimento de 22 milhões de dólares [34]. Nele, dois agentes estão conversando em um diálogo ativado por

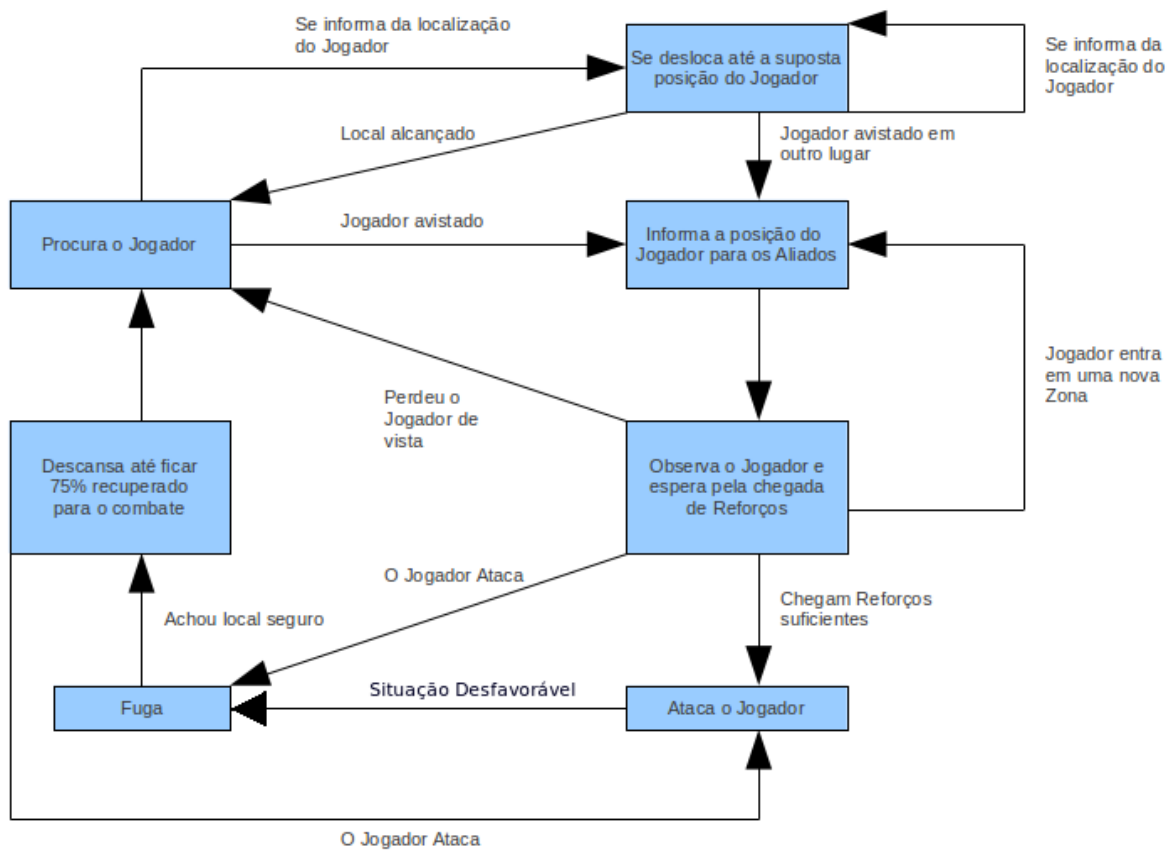


Figura 2.2: Exemplo de Máquina de Estados Finitos. Adaptado de [49].

script quando o jogador elimina um deles a partir de uma grande distância, e o agente que permaneceu continua a conversação como se nada tivesse acontecido (Figura 2.4). O problema observado aqui é que o comportamento durante um diálogo se baseia na presença do jogador, porém, como o mesmo estava distante o disparo não pôde ser ouvido pelos inimigos impossibilitando a interrupção do diálogo já que a morte do outro inimigo não foi percebida.

Aparentemente o mesmo problema em diálogos ativados por *script* pode ser encontrado em outros jogos como em *Battlefield Bad Company 2* (Figura 2.5) onde dois agentes conversam tranquilamente durante uma troca de tiros entre NPCs e o Jogador.

Parte dos problemas observados refere-se a necessidade de prévio mapeamento de todos os conjuntos de ações e possibilidades envolvendo o agente e os demais elementos do jogo. As situações descritas poderiam ser corrigidas com um processo de mapeamento mais rigoroso porém, que pode consumir recursos preciosos de tempo, dinheiro e desenvolvimento, além de geralmente não alcançar todas as possibilidades de interação a medida que surgem projetos de jogos cada vez mais complexos, como os citados anteriormente. Para tentar minimizar este problemas, algumas das abordagens de Agentes para jogos podem ser inspiradas em estudos psicológicos do comportamento humano, sob a ótica das emoções.

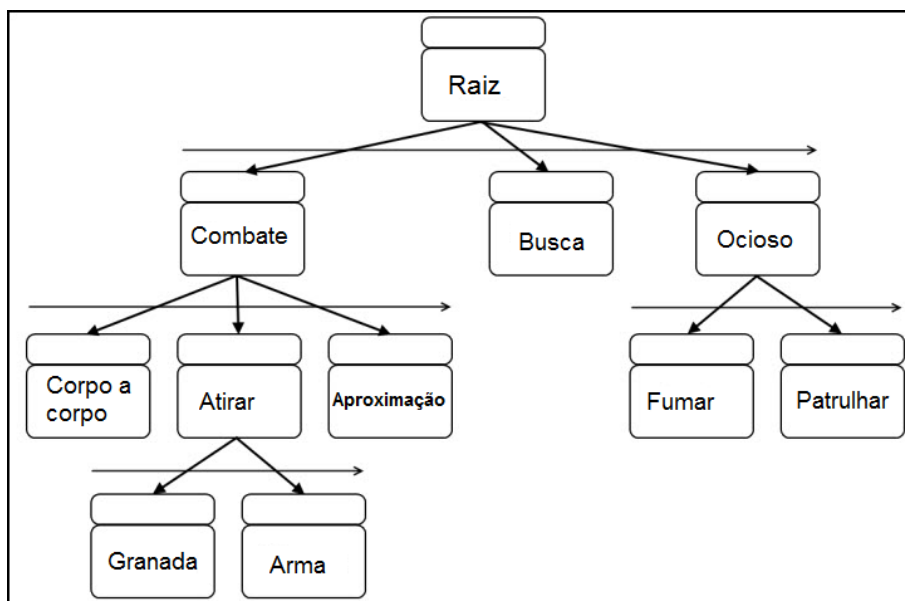


Figura 2.3: Árvore de decisão do jogo *Crysis*. Adaptado de [47].



Figura 2.4: *Crysis* - Comportamento inadequado em uma conversa ativada por *script*.



Figura 2.5: *Battlefield: Bad Company 2* - Comportamento inadequado em uma conversa ativada por *script*.

Capítulo 3

Conceitos Gerais sobre Emoção

Este é um assunto bastante complexo e objeto de constantes pesquisas pois não existe um consenso quanto as definições relativas às emoções [41]. Primeiramente, deve-se analisar as principais emoções de modo a entender o princípio básico de funcionamento de cada estado emocional em particular e, a partir deste ponto, as interconexões entre estes diferentes tipos básicos.

Existem três conceitos envolvidos no processo emocional chamados de “Afeto”, “Sentimento” e “Emoção” [20], porém, não existe uniformidade quanto a melhor terminologia a ser empregada para designar essas sensações ou mesmo o quê cada uma representa. O afeto [1] é resultado de uma súbita mudança nas circunstâncias envolvendo o indivíduo e serve de gatilho para uma reação imediata sendo um estado emocional intenso, relativamente de curta duração e involuntário. Já a Emoção, do Latim *emovere* [67], tem o significado de movimentar, deslocar, é uma manifestação detectável, tende a ser de curta duração e que pela sua intensidade mobiliza o indivíduo para algum tipo de ação. Enquanto o afeto está relacionado a uma situação específica, a Emoção tem a capacidade de influenciar várias situações de um mesmo contexto episódico e pode durar vários dias [1]. O sentimento serve de guia na vida emocional do indivíduo fazendo com que o mesmo se comporte de modo específico através dos vários episódios agrupados em uma história, determinando a dinâmica das emoções [1].

Segundo Paul Ekman [21], antes de se abordar a questão de quantas emoções existem, deve-se levar em consideração o conceito de família de emoções, onde cada emoção em si não é um estado mental singular e sim um grupo de estados relacionados entre si. Cada membro divide características em comum que diferem dentre as famílias de emoções, ou seja, são constituídas de um tema principal comum a todos os membros e das pequenas variações decorrentes da ocasião em que cada emoção ocorre. Os temas estão divididos em diversão, raiva, desprezo, contentamento, nojo, vergonha, excitação, medo, culpa, orgulho de conquista, alívio, tristeza/angústia, satisfação, prazer sensorial e vergonha. Ainda, o tema é produto da evolução enquanto as variações refletem um aprendizado.

Posteriormente, Ekman agrupou os sentimentos em cinco categorias de emoções:

- Tristeza e Agonia
- Raiva
- Surpresa e Medo

- Desgosto e Desprezo
- Emoções Agradáveis

Não só as emoções em si, mas o processo de medição das emoções também é uma área de pesquisa bastante movimentada contendo diversos tipos de abordagens que vão desde a Social, passando pela Cognitiva até processos Biológicos [1]. Por outro lado, mesmo o que é chamado de emoção não passa de um pequeno rótulo para representar uma extensa categoria de fenômenos experimentais, comportamentais, sócio-desenvolvimentais e biológicos.

Quanto a relação entre Emoção e Cognição, a noção de que as emoções seriam elementos prejudiciais ao pensamento racional já foi demonstrada como uma simplificação grosseira e que na verdade as emoções seriam muito mais que reflexos primitivos.

Na verdade, a habilidade de identificar as próprias emoções e as de terceiros, distinguir quais tipos e utilizar esta informação para direcionar o pensamento e o modo de agir se provou um importante indicador de sucesso para a vida do indivíduo, tanto quanto testes de QI [27] [28]. Esta habilidade de distinção entre estímulos hostis e hospitaleiros foi moldada através da seleção natural de modo a permitir uma ativa categorização e resposta de acordo com cada situação de modo que, pela criticidade destes sistemas, os organismos tem reflexos rudimentares para cada tipo de categorização que envolvem aproximação ou fuga e que promovem o suporte metabólico necessário para tais ações [33] [17] [40].

Existem fortes evidências de que muitos dos aspectos do comportamento e cognição são influenciados pela emoção tais quais atenção e percepção [50], memória [38] [57], razão e processo de decisão [25] [65], dentre muitos outros.

Emoções são também partes de um processo fisiológico onde não podem ser completamente compreendidas se não forem levados em conta os aspectos estruturais e funcionais dos substratos físicos envolvidos [40]. Inclusive, o valor afetivo de um estímulo depende em parte do estado fisiológico do indivíduo, a exemplo de um estímulo de frio ser prazeroso em situações de calor e desagradável em caso de hipotermia. Esta relatividade também é observada na comparação entre emoções onde um evento extremo, positivo ou negativo, é utilizado como padrão de comparação a um novo estímulo ou mesmo a situação atual e, também, quando o estímulo é compatível com os objetivos do indivíduo.

Voltando o foco ao nível fisiológico, existe fortes evidências de que o circuito neural envolvido em computar o significado afetivo de um estímulo, e sua utilidade instantânea, diverge em parte do circuito responsável pelo processo de identificação e distinção [66]. Isto evidencia um processo de especialização funcional dentre estas partes o que ajuda na formulação de modelos computacionais que sigam estes princípios.

Quanto a organização das emoções, as pessoas tendem a organizá-las em duas categorias, as positivas e as negativas [39], já quanto ao comportamento ele é dividido em abordagem e retirada [10].

Considerando estes argumentos, apesar de não ser um ponto de vista unânime, vários teóricos sugerem que o sistema afetivo que computa as atitudes, preferências e ações possui como fonte informação de pelo menos dois canais de avaliação especializados que processam a informação em paralelo sendo um relacionado a ameaças (negativo) e outro à segurança (positivo) [9] [26] [39] [44] [71] [74]. Esta especialização funcional dos canais de avaliação facilita a formulação de um modelo computacional que vise reproduzir estas estruturas.

Pesquisas em assimetria cortical também são consistentes com a noção de canais de avaliação especializados para o processamento de informações positiva e negativa de modo a posteriormente integrarem a produção de uma resposta afetiva [16] [15]. Esta segregação parcial dos canais de avaliação positivos e negativos no sistema afetivo não só confere uma flexibilidade adicional para as forças motivacionais mas também dá ao processo de evolução a oportunidade de criar funções de ativação com potenciais distintos para positividade e negatividade.

Quanto a estas diferenças nos potenciais das funções de ativação, a resposta positiva é maior que a resposta negativa em situações de baixo estímulo afetivo, o que é chamado de *Positivity Offset*, porém, o acréscimo da resposta por quantidade de estímulo é maior para negatividade do que positividade, ou seja *Negativity Bias* [9]. O *Positivity Offset* acaba sendo a tendência de uma fraca resposta positiva de abordagem a estímulo zero, ou seja, a motivação de abordagem acaba sendo mais forte que a de retirada em baixos níveis de ativação avaliativa de modo que esta tendência deve ter importante valor de sobrevivência ao nível de espécie já que estimula a exploração em ambientes neutros. No *Negativity Bias*, já que o comportamento exploratório pode colocar o indivíduo em proximidade com um estímulo hostil, e como é mais difícil de reverter as consequências de um ataque danoso ou mesmo fatal do que apenas a perda de uma oportunidade não perseguida, o processo de seleção natural pode ter resultado em uma reação mais forte a um estímulo negativo do que a um positivo [7] [8] [53] [69]. Espécies possuidoras do *Positivity Offset* e do *Negativity Bias* usufruem dos benefícios de um comportamento exploratório e de uma postura de autopreservação através da predisposição para evitar ou se retirar de eventos ameaçadores.

3.1 Emoção e Comportamento

Não será ignorada a incrível capacidade de contágio que as emoções possuem [30] [31], pois dependendo do tipo de relação entre dois agentes, um como observador e outro que demonstra uma emoção, pode-se ter um contágio por uma emoção do mesmo tipo no caso da felicidade de um ente querido ou mesmo a transformação de família de emoção como em raiva no caso da felicidade de um inimigo. Estes diferentes estados de espírito estão sujeitos ao contexto de reforço e dessensibilização através da memória no caso de repetições recordadas pelo e recuperadas no momento da nova interação.

No contexto dos jogos eletrônicos, onde o nível de interação é baseado principalmente em comportamentos visualmente detectados pelo jogador, pode-se dedicar especial atenção às emoções que sejam base de um comportamento facilmente observável e que sejam consideradas emoções básicas, ou seja: raiva, medo, alegria/felicidade e tristeza. Deste modo, estas são as emoções selecionadas neste trabalho (Figura 3.4) de um modelo de agente emocional para jogos eletrônicos. Ao obter diferentes medidas de cada um destes “estados mentais”, tem-se comportamentos mais complexos através da interconexão entre estes quatro elementos distintos e a memória do agente, levando-se em conta a questão do tempo e experiências vivenciadas.

Cada emoção, tanto individualmente quanto em conjunto, além contagiosa em certo nível, pode variar tanto na sua intensidade quanto sua relação com um objeto, agente ou jogador no passado.

3.2 Modelos Psicológicos para Agentes

A psicologia tem servido de fonte de inspiração para novas abordagens do desenvolvimento de Agentes Inteligentes em jogos eletrônicos dentre os quais destacam-se os agentes baseados em emoções. Os conceitos envolvidos no processo emocional: emoções, sentimentos e afetos influenciam drasticamente as reações e percepções por parte de um agente de modo que o leque de ações é direcionado de acordo com seu estado interno.

No modelo desenvolvido por Ortony, Clore e Collins [51], mais conhecido por modelo OCC, existe um direcionamento explícito para a implementação de um agente através de um computador. Para eles, a Emoção surge a partir de certas cognições e interpretações que tem como constituição a avaliação de três aspectos: consequência de eventos, ações de agentes e aspectos dos objetos que, através de múltiplas iterações podem exprimir até vinte e dois tipos de emoções diferentes. Dentre os eventos, também chamados de acontecimentos, é feita uma avaliação qualitativa em relação aos diferentes tipos de agente e seus objetivos em questão de modo a obter um panorama geral de acordo com os eventos ocorridos. Os objetos também são avaliados qualitativamente, de acordo com os objetivos de cada agente de modo a serem classificados como atrativos ou não. Os autores ainda definiram posteriormente um conjunto de variáveis de intensidade global e local sendo as quatro variáveis globais divididas em senso de realidade, proximidade, imprevisibilidade e excitação que atuam, por sua vez, sobre os três aspectos anteriormente citados.

Apesar do modelo OCC ser de grande relevância já que é direcionado para o modelo computacional de um agente de inteligência artificial, neste projeto de graduação foi mantido o foco nos conceitos psicológicos de emoção descritos por autores como Paul Ekman [21], Daniel Kupermann e Ramon Souza [37], John T. Cacioppo [7], dentre muitos outros. Alguns dos conceitos descritos por estes autores estão presentes na construção da proposta de uma abordagem simples que represente as emoções mais básicas para o uso em jogos eletrônicos. Alguns destes conceitos abordam empatia, dualidade entre positividade e negatividade de uma emoção, além da relatividade de um mesmo estímulo que pode variar de positivo a negativo. Também foram observados os conceitos de *Positivity offset* e *Negativity Bias*.

Para a organização do modelo proposto neste projeto de graduação (Figura 3.3 e Figura 3.4) foram utilizados como referência a Roda das Emoções de Robert Plutchik [59] (Figura 3.1), o Modelo Circumplexo Genérico [73] (Figura 3.2) que consiste em um modelo agregado das principais características encontradas em outros modelos, assim como a divisão de Agente, Objeto e Evento utilizada no modelo OCC [51].

Porém, diferente de adotar emoção e potencial de ativação como componentes de um determinado ângulo que represente um estado mental em específico, foi utilizada na proposta a abordagem onde os estados mentais ficam nas bordas do círculo de acordo com a afinidade entre eles. O potencial ou força de ativação passa a ser um valor entre zero, ao centro do círculo, ao valor máximo, quando na borda, definido de acordo com as necessidades de um projeto que utilize o modelo proposto.

3.2.1 Estados Mentais selecionados para a Proposta

Os estados mentais como raiva, medo, alegria/felicidade, tristeza e surpresa/atenção foram pesquisados de acordo com uma abordagem psicológica de cada Emoção sugerida

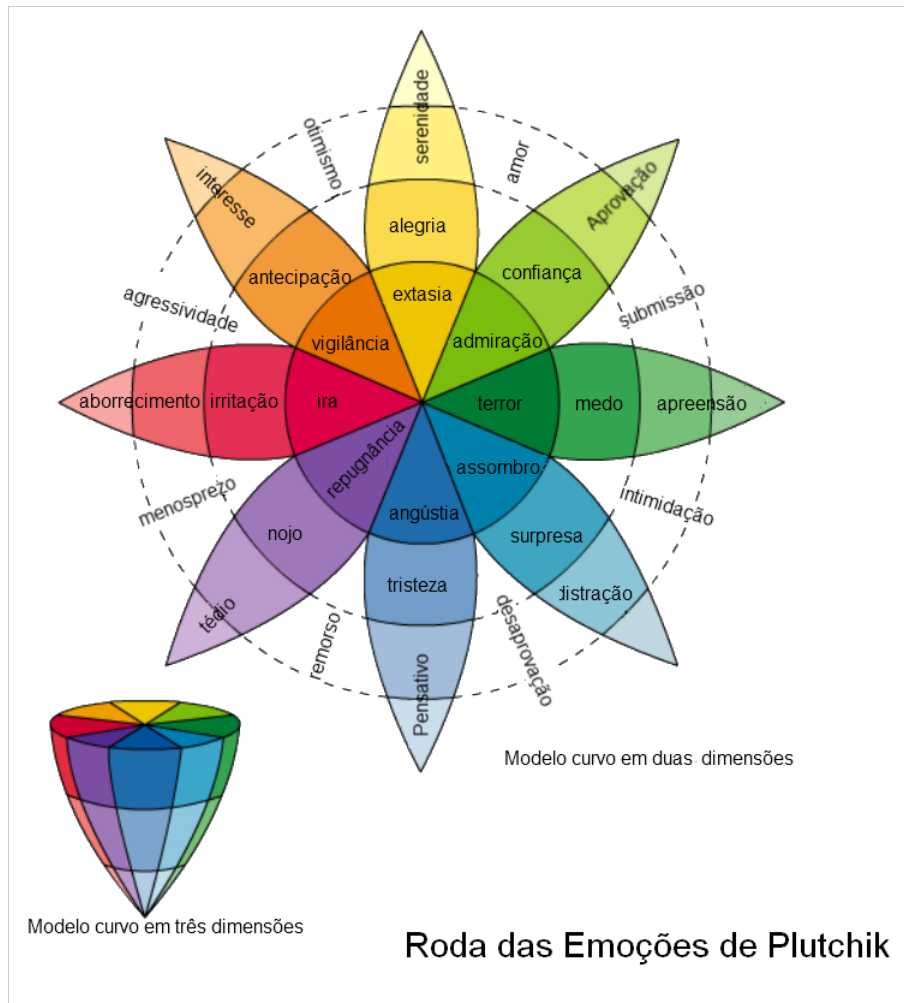


Figura 3.1: Roda das Emoções de Robert Plutchik [59]. Imagem de [18]

por Paul Ekman [21], assim como por outros autores [41] [1] [27] [28] [33] [17] [40] [50] [38] [57] [25] [65] [66] [39] [10] [9] [26] [44] [71] [74] [16] [15] [7] [8] [53] [69] [19] [58] [22] [37] [42] [23].

3.2.2 Raiva

A raiva é uma das emoções consideradas naturais ou inatas - junto com alegria, tristeza e medo – porque não pode ser separada em partes mais básicas [19]. Ela é uma das principais engrenagens do comportamento dos animais já que sempre existe a necessidade de demonstrar/identificar esta emoção para evitar um conflito ou mesmo provocar/iniciar a fuga em uma situação potencialmente perigosa através do acréscimo do sentimento de medo no outro. Também é conhecida como a face do ataque, da violência, está diretamente relacionada a eventos de interferência tanto para crianças como para adultos e é descrita como a emoção mais perigosa devido a tendência a causar dano no alvo desta emoção [19]. Até mesmo a raiva de alguém que defenda ideias que sejam consideradas erradas pelo indivíduo pode se considerada como uma variação de interferência. Segundo o psiquiatra e

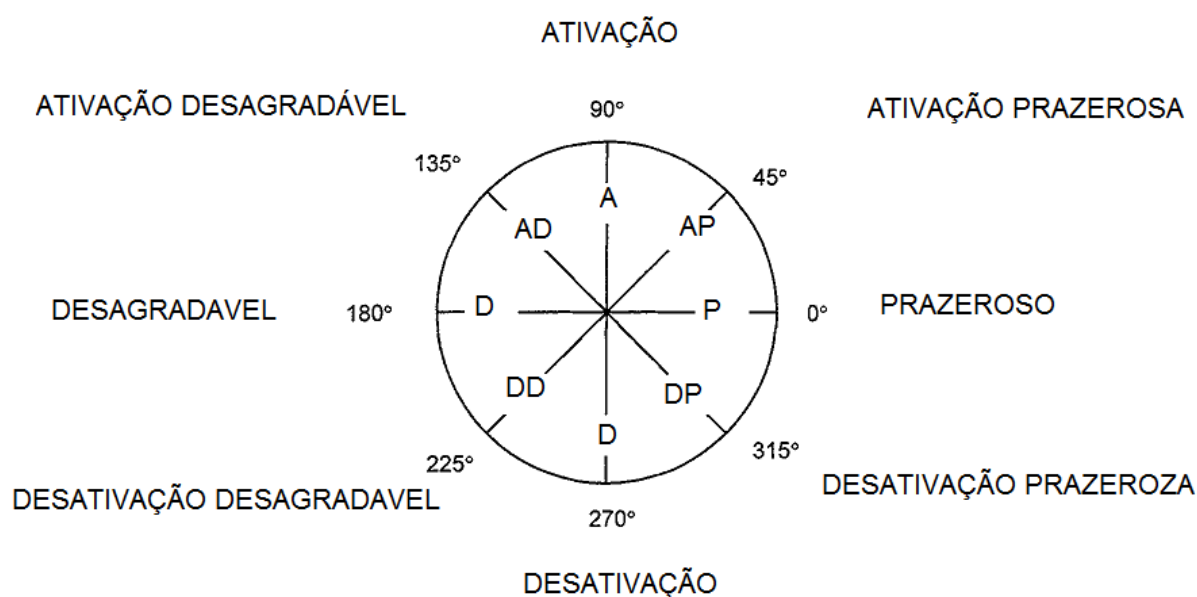


Figura 3.2: Modelo Circumplexo Genérico sobre o afeto. Adaptado de [73].

antropólogo Melvin Konner [21], a capacidade para violência nunca é abolida, está sempre presente.

Um gatilho bastante conhecido é a agressão sofrida ou mesmo a identificação da raiva onde a detecção da emoção em um indivíduo alimentará a emoção de outro em um ciclo crescente, porém, ela varia de indivíduo para indivíduo onde existem certas pessoas que não possuem a capacidade de senti-la de modo mais extremo e intenso. [19]

Quando esta capacidade alcança um propósito útil, como se defender de uma agressão, pode ser por vezes socialmente aceitável, seja ela impulsiva ou cuidadosamente planejada, mas nem todos os indivíduos necessariamente tendem a agir quando dominados pela raiva, seja por medo ou por possuir valores morais de não violência. Existem também períodos onde as pessoas, quando sentindo-se irritadas, possuem dificuldade em controlar a raiva e acabam por se irritar mais ainda com coisas que normalmente não provocariam tal reação.

Apesar de raiva e medo geralmente ocorrerem nas mesmas situações em resposta a algum perigo a raiva pode ser útil para reduzir o medo e providenciar ações para lidar com o problema, como no caso de se defender de um inimigo.

Quanto a expressão da raiva como emoção, quando suprimida, tende ao acúmulo como sentimento provocando um descompasso na reação diante de uma nova fonte de estresse, porém, quando canalizada como resposta a um estímulo externo acaba por reduzir-se por completo. O acúmulo desta raiva como sentimento, quantificada como afeto, provoca repercussões diretamente sobre o sentimento de medo que pode ser subjugado fazendo com que o indivíduo perca a prudência e noção de perigo. Já no caso da não reação a

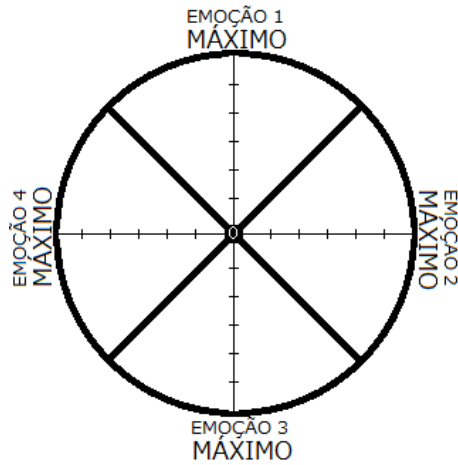


Figura 3.3: Esquema emocional proposto neste trabalho.

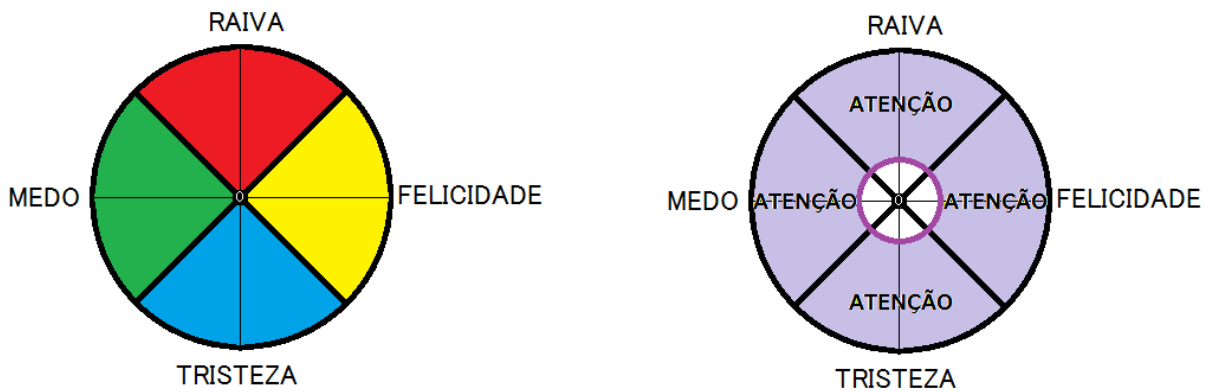


Figura 3.4: Emoções selecionadas para compor a proposta deste trabalho, assim como o limiar de surpresa/atenção relacionado a elas.

estímulos de estresse, a emoção raiva pode se relacionar com o sentimento de tristeza de modo a ficar imobilizada, impossibilitada de promover respostas adequadas a estímulos externos, porém, ainda presente como sentimento e contabilizada como afeto. [19]

3.2.3 Medo

A ameaça de dano, seja físico ou psicológico, caracteriza o principal gatilho do medo onde é possível reagir energeticamente ou ficar imóvel dependendo do que foi aprendido sobre o que pode ser feito para se proteger. A evolução pode ter beneficiado estes dois tipos de padrões através do comportamento de fuga ou de evitar contato ao se esconder. Muitos animais primeiramente ficam paralisados diante de uma possível ameaça pois em teoria diminuiria a chance de serem detectados, porém, caso esta medida não funcione, iniciam o comportamento de fuga. Quando existe a impossibilidade de qualquer um destes dois tipos de comportamento, é provável que a próxima emoção que venha a surgir seja raiva da origem da ameaça, porém, se a ameaça é muito poderosa, a tendência é sentir

medo [58]. O medo pode ser amplificado diante da impossibilidade de reação por parte de quem o sente, no entanto, quando se está concentrado em lidar com o foco do perigo a tendência é que este sentimento seja enfraquecido [58].

As experiências que causam medo são distinguidas por três fatores:

- Intensidade: quão severo é o dano que a ameaça pode causar.
- Tempo: se o risco de dano é iminente.
- Enfrentamento: se existe alguma ação que possa ser tomada para diminuir ou eliminar a ameaça.

A engrenagem central do medo é a possibilidade de dano, que está relacionada a sentir dor, seja físico ou psicológico. Contudo, a dor em si não é considerada uma emoção por ser específica demais já que pode ter origem em vários locais do corpo, como a dor de um membro machucado, por exemplo. Já com relação às emoções propriamente ditas não se pode especificar um local específico onde estão sendo sentidas [22].

O sentimento de medo é influenciado pelo sentimento de raiva causando assim interferências na tomada de decisão podendo ser tanto limitado em sua expressão como emoção quanto útil para modular uma resposta agressiva. Ele também pode ser desencadeado por uma súbita aparição de um objeto/agente inusitado e desconhecido, desde que ofereça a possibilidade de perigo, ou até mesmo pela quebra de um tabu/regra social, além de estar fortemente associado à memória [58].

3.2.4 Alegria/Felicidade

Não se conhece muito sobre a maioria das emoções agradáveis pois o principal foco de pesquisa em Emoção tem sido as emoções desagradáveis e indesejadas já que são justamente elas que causam problemas ao indivíduo como a depressão. Esta situação tem mudado com o surgimento de pesquisas envolvendo as emoções ditas positivas [37].

Quanto aos prazeres sensoriais, está em aberto a questão de serem diferentes rotas para um mesmo tipo de experiência emocional ou se deveriam ser considerados como cinco diferentes tipos de emoção – visual, tátil, olfativa, auditiva e gustativa. Muitos pesquisadores, como Silvan Tomkins [22], não consideram estes prazeres como emoções por possuírem uma única fonte sensorial.

Quanto às outras emoções positivas, as mais relevantes podem ser classificadas como:

- Diversão: algo que achamos engraçado.
- Contentamento: quando tudo está bem e não existe a necessidade de se fazer algo.
- Excitação: aparece diante de desafios.
- Alívio: quando algo que desperta fortemente uma emoção, geralmente o medo, deixa de ser sentida.
- Maravilha: é um intenso e prazeroso estado caracterizado pela raridade e pelo sentimento de incompreensão que mantém o indivíduo paralisado, porém, não é detectado como ameaça.

- Êxtase: é uma intensa experiência, impossível de ser sentida em pequenas quantidades.
- Fiero: requer um desafio a ser superado, de preferência com elevada dificuldade, e é sentido após o momento de vitória e superação.
- Gratidão: tem origem de um ato altruísta de terceiros que não aparenta beneficiá-los.
- Schadenfreude: a felicidade com o sofrimento dos inimigos.

Existem muitas outras descrições de alegria/felicidade que podem ser citadas, porém, em geral todas podem ser substituídas pelo senso de bem estar subjetivo do indivíduo.

A alegria ocupa um lugar incomparável em relação às outras emoções pois se trata da força maior de nossas motivações, força motriz desde os primeiros gestos expansivos do bebê e seria a mais contagiante das emoções [37]. Quando alguém com quem se tem afinidade experimenta esta emoção, tem-se uma identificação, uma empatia, por parte de outros indivíduos, porém, se existe uma relação de disputa e oposição, produz-se o sentimento de raiva e inveja. Deixa-se claro, primeiramente, que a Felicidade não é Alegria já que a Alegria se repete indefinidamente enquanto a Felicidade trata-se de um Sentimento baseado em um momento/evento pontual e circunstancial.

É natural pensar, como proposto no modelo de James Russell, Michele S. M. Yik e Lisa Feldman [73], a alegria como o oposto da tristeza, porém, segundo Daniel Kuppermann e Ramon Souza [37] esta inferência é errada pois o verdadeiro oposto trata-se do medo e, do mesmo modo que ele induz resistência a quebra de um tabu/regra social, a alegria provoca justamente o efeito contrário servindo de agente facilitador. Este potencial opositor ao medo pode ser bastante perigoso uma vez que pode gerar uma sensação de onipotência/invencibilidade.

3.2.5 Tristeza

Muitos tipos de perda podem desencadear a tristeza, a exemplo da perda de saúde, de um membro do corpo devido a um acidente ou mesmo a perda de um objeto estimado. Ela pode estar associada à diminuição de interesses, ou seja, a supressão do agir [42]. Além de ser uma Emoção que suprime o agir, ela, ao contrário das outras emoções, se origina da ausência e não da presença de algo como um evento, agente ou objeto. Deve-se levar em consideração que esta supressão do agir, não implica a perda do sentir, ou seja, mesmo que um agente não reaja a um estímulo exterior que provoque um determinado tipo de emoção, ele não deixa de contabilizá-la.

A tristeza é uma das emoções de maior duração e geralmente vem acompanhada da raiva pelo responsável pela perda, porém, quando a perda ainda não se concretizou, o medo passa a ser a Emoção predominante. [22] Se comparada com as outras emoções, a tristeza é a mais dependente do uso da memória justamente por contabilizar uma ausência.

Quando o elemento perdido é fonte de emoções e sentimentos problemáticos é possível desencadear o alívio no lugar da tristeza. Quanto às emoções suprimidas, elas emergem quando é seguro senti-las, mesmo que não sejam mais relevantes para a situação imediata, porém, eventos recorrentes de forte carga emocional podem afetar os limiares de ação e contenção destas emoções. Em muitos casos, o sentimento de raiva pode agir como

substituto para a tristeza ou mesmo como possível cura. A tristeza é um sentimento que provoca forte ligação entre os indivíduos e que, ao contrário dos demais sentimentos, traz a noção temporal de constância a partir de uma ausência enquanto os outros são baseados em acontecimentos/eventos pontuais [42].

3.2.6 Surpresa/Atenção

A Surpresa é um equipamento ordinário na nossa relação com o mundo, pode ser tanto positiva quanto negativa, e aparece em situações inesperadas, repentinas, que causa espanto ou admiração. Segundo Descartes, a admiração é a súbita surpresa da alma, que a impele a considerar com atenção os objetos que lhe parecem raros e extraordinários [23]. Ou seja, em situações de perigo que seja imediato e inesperado a atenção, através do estado de surpresa, é direcionada para a origem do perigo [22]. Então, o estado mental de surpresa tem íntima ligação com o estado de alerta e direcionamento da atenção, assim como o modo esperado de como os eventos deveriam se desenvolver baseados na memória de eventos similares já vivenciados. Assim o acidental, o que sai da experiência do dia a dia, acaba por ser objeto da atenção, porém, este mesmo depende fundamentalmente do conhecimento prévio [23].

Por sair da “experiência do dia a dia”, a surpresa perde força com subseqüentes repetições onde o que era inesperado e imprevisível, passa a ser apenas mais um evento com desfecho delimitado e previsível através do uso da memória. Ela acaba se firmando como elemento que dá força para a exploração e entendimento do mundo, dando foco aos eventos que não são totalmente compreendidos por parte do indivíduo, seja por falta de experiência pessoal ou conhecimento do mundo. A surpresa, apesar de poder manifestar-se sem ser considerada uma emoção positiva ou negativa [22], nem sempre se manifesta sozinha, pode vir acompanhada de uma ou mais emoções que irão variar de acordo com o contexto observado. [23]

Diante do exposto sobre as emoções, suas nuances biológicas e variadas teorias de funcionamento, pode-se utilizar este vasto conhecimento para subsidiar a criação de modelos de agentes emocionais para os mais diversos fins, a exemplo de jogos eletrônicos.

Capítulo 4

Trabalhos Correlatos

As pesquisas sobre Agentes Emocionais Inteligentes tem se intensificado bastante nestes últimos anos, principalmente com um foco em um comportamento natural e considerado mais humano. Existem diversas abordagens quanto a novos modelos de Agentes Emocionais, porém, grande parte destas propostas se baseiam principalmente nos modelos OCC (*Ortony, Clore, Collins*) [51] e BDI (*Believe-Desire-Intention*) [61].

Com um grande volume de modelos propostos, foi selecionado apenas um pequeno conjunto que está relacionado diretamente com a proposta deste trabalho onde os referidos modelos foram divididos de acordo com a presença ou não de elementos do modelo OCC e BDI, assim como modelos híbridos.

4.1 Modelos Baseados em BDI

4.1.1 Modelo 1

Em [6], Tibor Bosse e Edwin Zwanenburg propõem uma extensão do modelo BDI, o EBDI, através de emoções baseadas em expectativa de modo a obter um comportamento afetivo mais realista em Agentes Inteligentes. O modelo tem como principais características a presença de emoções baseadas em expectativa, distribuídas em emoções que aparecem antes (Emoções Anteriores) de um estado particular do mundo externo e emoções que aparecem depois (Emoções Posteriores). As Emoções Anteriores são divididas em Medo e a Esperança que por sua vez é composta por Importância e Probabilidade, já as Emoções Posteriores são divididas em Surpresa, Satisfação, Insatisfação, Alívio e Desapontamento.

O Agente é baseado na linguagem *LEASTRO*, que integra aspectos lógicos qualitativos e aspectos numéricos quantitativos de modo a permitir ao desenvolvedor explorar ambas as abordagens e proporcionar uma maior versatilidade ao modelo proposto, tanto nos aspectos de regras lógicas quanto no desempenho geral do Agente em ambientes complexos.

O comportamento afetivo dos Agentes Inteligentes no modelo *EDBI* foi identificado como mais realista se comparado ao modelo DBI padrão, porém, a abordagem é bastante similar a outras propostas derivadas deste modelo, diferindo basicamente no conjunto de emoções abordadas e no tratamento destas emoções em forma de funções. Por ser baseado em DBI, ele sofre dos mesmos problemas inerentes ao modelo como a falta de mecanismos

específicos na arquitetura para aprender com o comportamento passado, adaptar-se a novas situações além de não explicitar mecanismos de interação com outros Agentes.

4.1.2 Modelo 2

Em [32], os autores também propõem uma extensão do modelo BDI, porém, com base na teoria da computação granular [3], onde a informação é agrupada em diferentes granularidades de acordo com características como similaridade e indistinguibilidade, permitindo que um agente tenha a capacidade de manipulação das emoções. Tem como principais características a representação de Crença, Desejo, Intenção e Emoção por símbolos, onde a crença racional do Agente Emocional é o elemento básico e mais importante deste modelo e serve de base para outros problemas como a representação do estado mental e dedução racional.

A base de conhecimento emocional baseado em computação granular armazena os fatos relevantes, com emoção, em uma ordem lógica e os fatos emocionais irrelevantes são expressos com a crença racional, já os fatos emocionais relevantes são descritos na base de conhecimento emocional.

Quanto a implementação e testes, o comportamento afetivo dos Agentes Inteligentes criados a partir deste modelo foi identificado como mais realista se comparado com o modelo DBI padrão conforme relato dos autores.

Novamente, o modelo é bastante similar a outras abordagens derivadas do modelo BDI e, justamente por este motivo, sofre dos mesmos problemas inerentes ao modelo como a falta de mecanismos específicos na arquitetura para aprender com o comportamento passado, adaptar-se a novas situações além de não explicitar mecanismos de interação com outros Agentes ou integração em sistemas multiagentes. Por utilizar representação simbólica, a lógica multi-modal que fundamenta o modelo BDI não é eficientemente computável, não sendo adequada para ambientes complexos e que demandem ações em tempo real.

4.2 Modelos Baseados em OCC

4.2.1 Modelo 3

Já em [43], o autor descreve métodos matemáticos para representar os diferentes tipos de emoções baseadas no modelo OCC com a finalidade de modular a decisão a ser tomada pelo módulo de decisão já que os modelos de Agentes tradicionais geralmente possuem um processo de decisão rígido e limitado.

Nesta proposta, Emoções podem ter origem em processos cognitivos e físicos, possuem valores de máximo e mínimo que não possuem relação direta com um estímulo e que somente quando este estímulo ultrapassa um determinado patamar é que uma Emoção será despertada. O modelo trata ainda a noção de personalidade, onde diferentes Agentes poderão ter diferentes respostas emocionais sob as mesmas circunstâncias e a intensidade desta resposta decai com o passar do tempo a não ser que aconteça um novo estímulo.

Com a utilização deste modelo, os Agentes passaram de um comportamento rígido e racional, baseado nos modelos tradicionais, para um mais parecido com o de um ser humano contendo fatores irracionais, porém, o modelo não detalha o processo de apren-

dizado, assim como não trata planejamento e detecção de problemas na lógica de decisão levando em conta os fatores lógicos e emocionais.

4.2.2 Modelo 4

No projeto *GEmA (Generic Emotional Agent)* [35], os autores propõem um novo modelo computacional para mapear os eventos e ações do ambiente assim como as ações do Agente de acordo com os estados emocionais onde, através da tomada de decisão, possa proporcionar um comportamento mais humano em um Agente Emocional. Na proposta, a intensidade de uma Emoção é composta de dois parâmetros: a probabilidade de alcançar uma meta, obtida através do registro de um histórico de eventos e ações, e a importância desta meta para o Agente. Também existe um módulo para detecção de padrões, o que ajuda no aprendizado do Agente.

O modelo possui a capacidade de adaptação a diferentes domínios e possibilidade de implementação como um módulo individual em Agentes de Software podendo simular dezesseis Emoções do modelo OCC. Cada Agente tem um número de metas com diferentes valores de importância indicados através de pesos e o impacto de um evento sob uma meta é calculado através de uma estrutura de árvore organizada hierarquicamente onde os nós elevados representam metas abstratas e os nós abaixo representam as metas concretas e imediatas, porém, a função de cálculo do impacto dos eventos nas metas é bastante rígida.

4.3 Modelos Híbridos

4.3.1 Modelo 5

No trabalho intitulado “*A Model of Emotions for Situated Agents*” [52], os autores, através do suporte da DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*), propõem um modelo de Agente denominado DETT (*Disposition, Emotion, Trigger, Tendency*) que capta as características essenciais do modelo emocional OCC de forma eficiente, usando feromônios digitais como fonte principal de percepção já que a maioria dos modelos computacionais de emoção exigem extenso raciocínio simbólico e não são práticos em ambientes altamente diversificados e em tempo real.

Partindo da suposição de que em situações estressantes, como combate, a emoção é pelo menos tão importante quanto a análise racional na determinação do comportamento, os pesquisadores estenderam o modelo BDI através da agregação do modelo OCC onde a força de uma Emoção depende de um estímulo do ambiente em relação a Eventos, Agentes ou Objetos.

Quanto a susceptibilidade dos diferentes Agentes para várias emoções, foi definido um parâmetro de pré-disposição de modo a propiciar diferentes tipos de personalidade, ou seja, sob as mesmas circunstâncias, diferentes Agentes podem apresentar reações divergentes.

Apesar de incorporar o modelo BDI, por ter de executar ações em tempo real, o modelo opta pela computação numérica no lugar da lógica simbólica, porém, não preza por modelar a emoção como ela é vivenciada pelo Agentes, somente foca em como é percebida pelo seu impacto no comportamento.

4.4 Modelos Baseados em Outras Abordagens

4.4.1 Modelo 6

Com objetivos similares, o projeto “*Cybernetics based model of forces with genotypes*” [72], através do suporte da NUDT (*National University of Defence Technology*), trata de um modelo cibernético baseado em forças que integram uma personalidade constituída de uma sequência genótípica para construir um modelo de comportamento e tomada de decisão através do conceito de potencial de energia de modo a descrever uma motivação do Agentes no campo de batalha.

Para compor o modelo, baseados em simulações militares, existem vários tipos de abordagens comportamentais como atacar, manobrar e comunicar que são levados em consideração em um módulo especializado. Já os sensores são divididos em dois tipos: os comunicadores e os de detecção que funcionam através de diferentes motivações como perto ou longe de outras entidades ou localidades.

Os movimentos são determinados pelo Genótipo, assim como pelo conjunto de forças lógicas como Emoções agindo sob os estados internos como Moral, nível de danos e suprimentos. Porém, o sistema não é direcionado para planejamento e resolução de problemas utilizando estados emocionais, além de não fazer referência a aprendizado.

4.4.2 Modelo 7

No modelo apresentado em [13] os autores propõem um modelo genérico de emoção chamado de “*GRACE*” (Figura 4.1) que incorpora todos os elementos necessários dos principais modelos, a fim de melhor refletir o processo emocional em seres humanos e outras espécies unificando os modelos existentes de Agentes Emocionais em uma única arquitetura, preservando as peculiaridades de cada um deles.

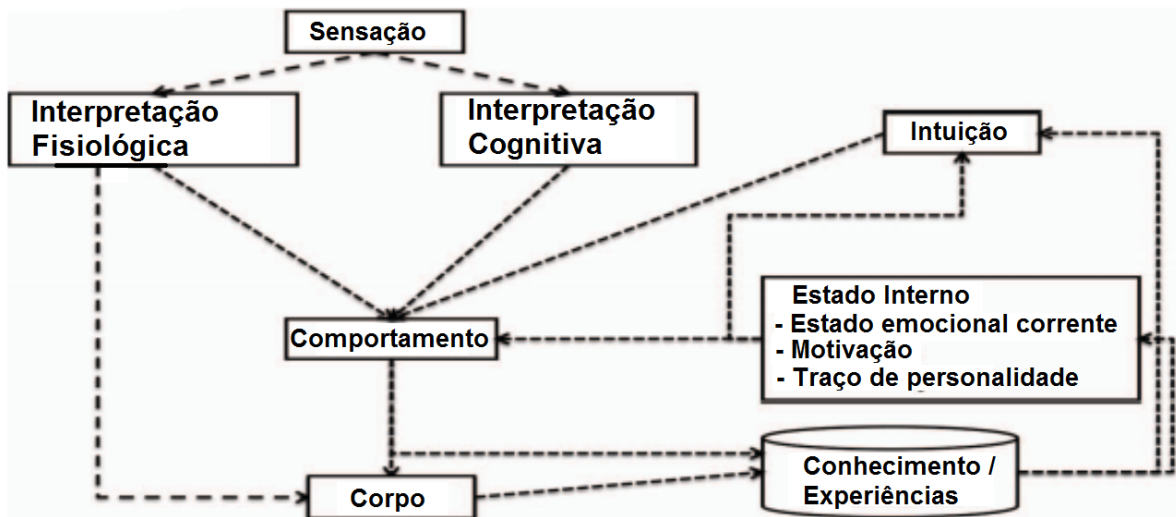


Figura 4.1: Modelo Genérico GRACE. Adaptado de [13].

A proposta é capaz de simular o reflexo corpóreo das reações emocionais, como a surpresa ou medo, ao transferir o evento do módulo “Sensação” ao módulo “Corpo” di-

retamente através do módulo “Interpretação Fisiológica” além de ser capaz de emular o comportamento de modelos como OCC e BDI estendido para emoção.

Diferente das outras propostas, ele não foi pensado como um modelo completo para substituir os demais modelos existentes, mas como uma referência que pode ser parcialmente incorporada a uma nova proposta dependendo de quais emoções se deseja incorporar ao Agente.

4.4.3 Modelo 8

Por fim, no modelo apresentado em [63], foi proposta uma nova abordagem para a geração e papel das emoções artificiais no processo de tomada de decisão de agentes autônomos (físico e virtual) biologicamente inspirado em “Drives” (necessidades), motivações, emoções artificiais e a possibilidade de aprender a seleção correta das ações com o objetivo de maximização do bem-estar do agente.

A principal característica do modelo é a presença de um algoritmo de aprendizado por reforço, o *Q-learning*, onde a Felicidade e a Tristeza são utilizados para analisar um acontecimento, não sendo o mesmo condicionado a gatilhos por tipos determinados de eventos como nos outros modelos.

O Medo também pode ser aprendido pelo Agente, tornando o sistema independente da alimentação de dados por parte do desenvolvedor. Cada Emoção é tratada de forma particular assim como as respostas emocionais também podem ser aprendidas.

O objetivo do Agente é sanar as necessidades internas de modo que o modelo de aprendizado seja capaz de manter um agente por mais tempo em um estado de bem estar se comparado a um agente tradicional. O modelo utiliza a tristeza como pólo de reforço negativo e a felicidade como positivo perante eventos que impliquem aprendizado e reforço. Entretanto, no modelo proposto nesta monografia a dor foi utilizada como polo negativo de avaliação e o prazer como positivo para só então gerar os sentimentos a partir desta avaliação inicial.

Apesar da capacidade de aprendizado, reações aprendidas diferenciadas, assim como um tratamento diferenciado para as próprias emoções, a proposta não possui categorização dos elementos externos levando-se em consideração a complexidade da cena e as influências dentre os diferentes elementos, o que acarreta um comportamento limitado pela emoção e reação atrelada individualmente aos agentes, eventos e objetos externos.

4.5 Análise Comparativa

A Tabela 4.1 mostra uma análise comparativa entre os modelos correlatos de agentes emocionais aqui apresentados envolvendo variados quesitos com o propósito de destacar as peculiaridades e diferenças de cada modelo.

Foram levados em consideração, para efeito de comparação dentre os modelos descritos, os seguintes quesitos :

- Elementos do modelo OCC: neste quesito é avaliado se a proposta possui elementos do modelo OCC, como tratamento distinto para eventos, agentes e objetos, assim como algumas das emoções relacionadas a estes elementos. Deste modo os modelos de número 3 e 4 seguem esta abordagem, além do modelo 5 que agrega também

elementos do modelo BDI. Já o modelo 7, devido a peculiaridade da proposta, o mesmo foi marcado como possuidor parcial de elementos do modelo OCC de acordo com a implementação e as necessidades do projeto a ser desenvolvido. Por outro lado, os modelos 1, 2, 6 e 8 não possuem explicitamente tratamento distinto para agentes, objetos e eventos de acordo com o modelo OCC.

- Elementos do modelo BDI: se a proposta possui implementado elementos do modelo BDI como os módulos relativos à crença, desejo e intenção, assim como a estrutura lógica de planejamento de metas. Por causa da proximidade dentre os modelos de agente emocional utilizando elementos do modelo BDI, os modelos de número 1 e 2 seguem esta abordagem, além do modelo 5 que agrega também elementos do modelo OCC. Já o modelo 7, devido a peculiaridade da proposta, o mesmo foi marcado como possuidor parcial de elementos do modelo BDI de acordo com a implementação e as necessidades do projeto a ser desenvolvido. Por outro lado, os modelos 3, 4, 6 e 8 não possuem explicitamente os módulos relativos à crença, desejo e intenção, assim como a estrutura lógica de planejamento de metas.
- Emoções de Expectativa: se o agente, além da carga emocional ocasionada por um evento em si, pode gerar emoções anteriores e posteriores relacionadas a este evento de modo a mimetizar um comportamento relacionado às emoções como medo, esperança, satisfação, insatisfação, alívio e desapontamento. Neste quesito apenas os modelos 1 e 4 possuem o tratamento emocional para este tipo de abordagem. Já o modelo 7, devido a peculiaridade da proposta, o mesmo foi marcado como possuidor parcial de emoções de expectativa de acordo com a implementação e as necessidades do projeto a ser desenvolvido. Por outro lado, os modelos 2, 3, 5, 6 e 8 não possuem explicitamente emoções anteriores e posteriores relacionadas a um evento pontual.
- Aprendizado: se o agente possui a capacidade de aprender com os eventos passados de modo a permitir novos comportamentos e evitar perigos até então desconhecidos. Somente os modelos 4 e 8 possuem a capacidade de aprendizado incorporada ao agente emocional. Já o modelo 7, devido a peculiaridade da proposta, o mesmo foi marcado como possuidor parcial da capacidade de aprendizado de acordo com a implementação e as necessidades do projeto a ser desenvolvido. Por outro lado, os modelos 1, 2, 3, 5 e 6 não possuem explicitamente a capacidade de aprender com os eventos passados.
- Planejamento: a capacidade de planejar sequências de ações que um agente pode executar para alcançar um ou mais intenções. Planos podem incluir outros planos, ou seja, os planos são inicialmente concebidos apenas parcialmente, com detalhes sendo preenchido à medida que progridem. Os modelos 1, 2, 5 e 8 possuem a capacidade de planejar sequências de ações para alcançar um ou mais intenções. Já o modelo 7, devido a peculiaridade da proposta, o mesmo foi marcado como possuidor parcial da capacidade de planejamento de acordo com a implementação e as necessidades do projeto a ser desenvolvido. Por outro lado, os modelos 3, 4 e 6 não possuem explicitamente a capacidade de planejar sequências de ações.
- Lógica Simbólica: descrição de regras, tratamento de informação e representação de agentes, objetos e eventos através de conjuntos de operadores lógicos. Quanto a

este quesito os modelos 1 e 2 possuem descrição de regras através de conjuntos de operadores lógicos. Já o modelo 7, devido a peculiaridade da proposta, o mesmo foi marcado como possuidor parcial da descrição de regras através de conjuntos de operadores lógicos de acordo com a implementação e as necessidades do projeto a ser desenvolvido. Por outro lado, os modelos 3, 4, 5, 6 e 8 não possuem explicitamente descrição de regras através de conjuntos de operadores lógicos.

- **Lógica Numérica:** descrição de regras, tratamento de informação e representação de agentes, objetos e eventos através de funções e operações matemáticas de modo a permitir uma execução performática. Neste quesito os modelos 1, 3, 4, 5, 6 e 8 possuem descrição de regras através de funções e operações matemáticas de modo a permitir uma execução performática. Já o modelo 7, devido a peculiaridade da proposta, o mesmo foi marcado como possuidor parcial da descrição de regras através de funções e operações matemáticas de acordo com a implementação e as necessidades do projeto a ser desenvolvido. Por outro lado, o modelo 2 não possui explicitamente descrição de regras através de funções e operações matemáticas.
- **Características Emocionais Individuais:** a possibilidade de avaliação emocional diversa dentre diferentes agentes diante de um mesmo evento externo de acordo com diferentes graus de susceptibilidade e geração de estados emocionais por parte dos agentes. Os modelos 1, 3, 6 e 7 possuem avaliação emocional diversa dentre diferentes agentes diante de um mesmo evento externo. Já o modelo 8 foi marcado como possuidor parcial devido a possibilidade de reações divergentes por parte de agentes diferentes diante de um mesmo estímulo de acordo com o conhecimento e regras aprendidas pelo agente, porém, agentes com o mesmo histórico teriam comportamentos idênticos, por outro lado, os modelos 2, 4 e 5 não possuem explicitamente avaliação emocional diversa dentre diferentes agentes diante de um mesmo evento externo.
- **Sistema Multiagente:** se a proposta do agente emocional possui elementos que permitam interação com outros agentes, sejam eles iguais ao modelo ou não de modo que os modelos 3, 5, 6, 7 e 8 possuem elementos que permitam interação com outros agentes. Por outro lado, os modelos 1, 2 e 4 não possuem explicitamente elementos que permitam interação com outros agentes, sendo melhor aproveitados em sistemas com interação unicamente entre um agente e um usuário.
- **Reflexo Emocional Corporal:** a capacidade de resposta “orgânica”, “visceral”, por parte do corpo do agente de modo que os modelos 3, 4, 7 e 8 possuem elementos que permitam uma resposta “orgânica” por parte do agente. Por outro lado, os modelos 1, 2, 5 e 6 não possuem explicitamente elementos que permitam uma resposta “visceral”.
- **Avaliação Emocional em Ambientes Complexos Multiagentes:** além da avaliação emocional individual, assim como demais relações individuais com agentes, objetos e eventos, a capacidade de agregação de valor emocional baseada em ambientes multiagentes complexos de acordo com o conjunto de agentes, objetos e eventos constituintes do cenário ou cena exterior detectados pelo agente emocional.

Os modelos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 possuem uma abordagem emocional individualizada no tratamento de elementos externos no caso de agentes, objetos e eventos, ou seja, não consideram a influência do todo no tratamento de uma entrada de informação.

- Flexibilidade: representa a flexibilidade e versatilidade geral dos modelos que foi calculada levando-se em conta a existência de elementos como aprendizado, planejamento, características emocionais distintas dentre diferentes agentes, performance de execução em ambientes complexos, capacidade de interação entre diferentes agentes, resposta emocional fisicamente observável e capacidade de avaliar o conjunto de elementos de um ambiente complexo de modo a considerar a influência temporal e espacial das emoções entre os agentes, objetos e eventos. Para cada um destes elementos foi atribuído 1 ponto para a presença total ou parcial nos modelos abordados onde um valor total inferior ou igual a 3 rende uma flexibilidade baixa, de 4 a 5 rende uma flexibilidade média e superior a 5 rende uma flexibilidade alta.

Diante dos modelos correlatos descritos, a abordagem emocional para Agentes se mostrou um campo de pesquisa bastante ativo, no entanto, como verificado nos quesitos abordados, além da ausência de algumas das funcionalidades descritas, a avaliação emocional da informação externa continua direcionada de forma individualizada, desconsiderando a riqueza de informações que surge da complexidade do ambiente.

Número de Referência do Modelo:	Trabalho Correlato:	Elementos do modelo do modelo OCC:	Elementos do modelo do modelo BDI:	Emoções de Expectativa:	Aprendizado:	Planejamento:	Lógica Simbólica:	Lógica Numérica:	Características Emocionais Individuais:	Sistema Multiagente:	Reflexo Emocional Corporal:	Avaliação Emocional em Ambientes Complexos Multiagentes	Flexibilidade:
1	<i>There's Always Hope: Enhancing Agent Believability through Expectation-Based Emotions</i>	NÃO	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	MÉDIA
2	<i>A Model of Emotional Agent Based on Granular Computing</i>	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	BAIXA
3	<i>The Construction of an Emotion Model of Agent Based on the OCC Model</i>	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	MÉDIA
4	<i>Design and Implementation of GEmA: A generic emotional agent</i>	SIM	NÃO	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	MÉDIA
5	<i>A Model of Emotions for Situated Agents</i>	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	BAIXA
6	<i>Cybernetics based model of forces with genotypes</i>	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	BAIXA
7	<i>Emotion modeling for intelligent agents – Towards a unifying framework</i>	PARCIAL	PARCIAL	PARCIAL	PARCIAL	PARCIAL	PARCIAL	PARCIAL	SIM	SIM	SIM	NÃO	ALTA
8	<i>A New Approach to Modeling Emotions and Their Use on a Decision-Making System for Artificial Agents</i>	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	NÃO	SIM	PARCIAL	SIM	SIM	NÃO	ALTA

Tabela 4.1: Tabela comparativa dos modelos correlatos abordados.

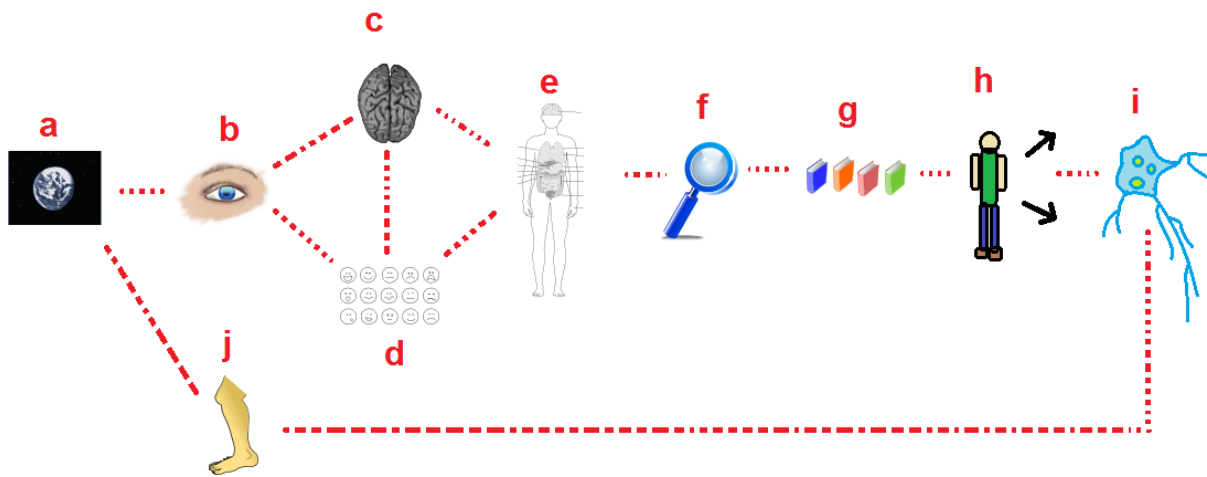
Capítulo 5

Arquitetura do Agente Emocional

Muitas das ideias e implementações quanto a estrutura do modelo do Agente Emocional proposto são provenientes de observações do cotidiano, assim como conhecimento prévio do funcionamento biológico e psíquico do ser humano exemplificado nos capítulos anteriores de onde pode-se supor o esquema genérico da (Figura 5.1). Em linhas gerais, um ser humano usa um conjunto de órgãos sensoriais especializados (Figura 5.1(a)) para poder perceber o mundo que o cerca (Figura 5.1(b)) a exemplo da visão, audição, olfato, tato e paladar de modo que o sistema nervoso processe esta informação sensorial e forneça uma resposta emocional adequada, assim como uma ação direcionada por esta resposta emocional. Necessariamente, para que se processe adequadamente estas informações provenientes do ambiente externo, faz-se necessário que os diferentes tipos de acontecimentos sejam recordados (Figura 5.1(c)), e associados a elementos ou eventos considerados bons ou ruins para o indivíduo (Figura 5.1(d)). Complementando esta informação, o indivíduo utiliza outras percepções sensoriais provenientes dos órgãos internos (Figura 5.1(e)) para ajudar a identificar se novos estímulos podem ser considerados bons ou ruins.

De posse de todas estas informações, cabe ao cérebro separar o que é importante em determinado momento e ignorar o que pode ser considerado supérfluo (Figura 5.1(f)) de modo que fique mais fácil manter a atenção no que é mais importante para o indivíduo (Figura 5.1(g)) e assim reagir adequadamente. Esta reação dependerá basicamente do conjunto de crenças, experiências pessoais e estado emocional no momento da reação e gerar uma ação de origem complexa e condizente com o estado mental do indivíduo (Figura 5.1(h)). Esta ação é enviada a grupos especializados de neurônios (Figura 5.1(i)) responsáveis por traduzir o complexo conjunto de disparos neuronais em um comando conciso a diferentes grupos musculares (Figura 5.1(j)) e realizar uma ou mais ações para modificar o mundo que o cerca (Figura 5.1(a)).

Similarmente, para que um Agente Emocional seja suficientemente convincente, ele tem de saber retirar informações do ambiente, tratá-las e reagir adequadamente observando principalmente o próprio estado emocional e a Emoção que ele atribui a outros elementos deste ambiente. Deste modo a proposta do modelo de Agente Emocional tem por objetivo a construção de um Agente mais orgânico, que tenha um comportamento similar ao humano baseado em estudos dos capítulos anteriores referentes à figura humana, assim como observações sobre o processo de tomada de decisão como indivíduo. Para tanto, o Agente Emocional (Figura 5.2) é constituído de vários módulos especializados onde, através das interconexões existentes entre eles, o fluxo de informação é tratado e ar-



a - Mundo

b - Órgãos sensoriais

c - Memória

d - Avaliação

e - Órgãos internos

f - Importância

g - Foco

h - Decisão

i - Neurônios motores

j - Grupos musculares

Figura 5.1: Esquema genérico de percepção, tomada de decisão e ação realizado por um ser humano.

mazenado para produzir uma resposta ao ambiente de acordo com os estados emocionais circunstanciais e a lógica desenvolvida.

Primeiramente a informação externa disponível para o Agente Emocional, ou seja, a entrada (*input*) externa sobre os outros Agentes e Objetos que o rodeiam, existe no Mundo e é percebida e captada através dos Sensores que fazem papéis como a visão ou audição. Na sequência transmitem os dados capturados para os módulos de Memória e Emoção onde a informação sofrerá um juízo qualitativo e será armazenada influenciando durante o processo o estado emocional do Agente.

Complementando estas informações externas, o módulo Estados Internos é responsável por fornecer informações internas, *input* interno, do próprio Agente ao fluxo de dados de entrada, ou seja, um *feedback* visceral das condições internas do Agente Emocional. Estas informações dizem respeito a determinados Agentes ou Objetos existentes no Mundo e estão relacionadas a determinados Eventos previamente listados em memória. Logo após tratado e armazenado, o fluxo de informações vai de cada um destes módulos citados anteriormente para o módulo Atenção que é o responsável por filtrar qual tipo de *input* deve ser passado adiante ou não e qual nível de relevância agregar a cada um deles de modo a facilitar o direcionamento da atenção para os elementos realmente importantes do ambiente.

O fluxo de informação, já filtrado, é enviado para a Fila de Prioridades onde será colocado em ordem de prioridade com base na relevância apurada no módulo Atenção. Na sequência é separado o primeiro da fila, ou seja, o de maior relevância, e enviado para o módulo de Lógica onde será decidido o comportamento do Agente para este *input* em

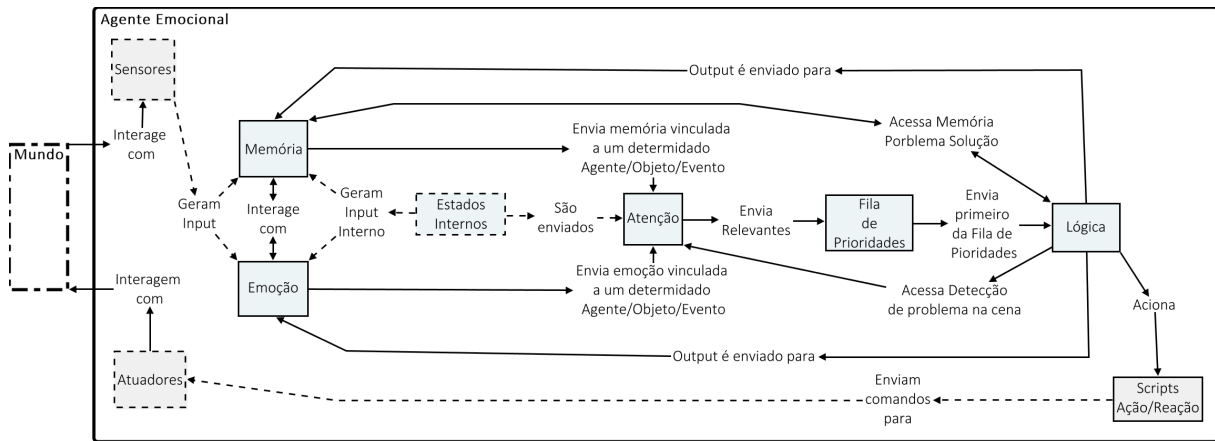


Figura 5.2: Visão Geral da arquitetura do Agente Emocional proposto.

questão, com base no estado emocional do Agente e das emoções anexas a esta entrada em si, e se existe, no módulo Atenção, problemas em executar a lógica selecionada. Caso exista problema, depois de detectado, ele é enviado do módulo Atenção para a Fila de Prioridades onde herda o valor da prioridade do primeiro da lista e acrescenta o valor de sua própria prioridade assumindo assim a posição de elemento mais importante.

Após selecionada a lógica e o comportamento de ação/reação do Agente baseado no estado emocional observado e das emoções anexas ao *input* em si é acionado o módulo de Scripts Ação/Reação que será responsável pela execução do conjunto de scripts correspondentes à lógica de reação selecionada para o *input* em questão. Estes scripts farão a manipulação dos Atuadores do Agente Emocional que, por sua vez, farão a interação com o Mundo.

Observando o processo da captura da informação e passagem por cada grupo de módulos internos, processo este descrito nos parágrafos anteriores, cabe acrescentar ao modelo a representação do fluxo da informação (Figura 5.3) por cada módulo de acordo com a importância da classificação da informação. Pode-se notar a influência do módulo Atenção e do módulo Fila de Prioridades quanto as informações que poderão ou não seguir em frente no fluxo.

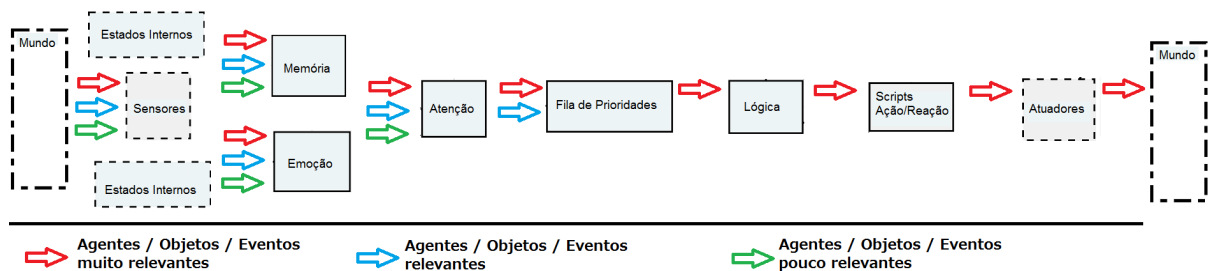


Figura 5.3: Fluxo de informação.

5.1 Arquitetura

Os módulos descritos anteriormente, assim como o fluxo de informação que os atravessa, serão detalhados a seguir e separados em três grandes grupos (Figura 5.4) de acordo com a funcionalidade para efeito de uma melhor exemplificação:

- Grupo 1: contendo os módulos Emoção, Memória e Estados Internos.
- Grupo 2: contendo os módulos Atenção e Fila de Prioridades.
- Grupo 3: contendo os módulos Lógica e Scripts Ação/Reação.

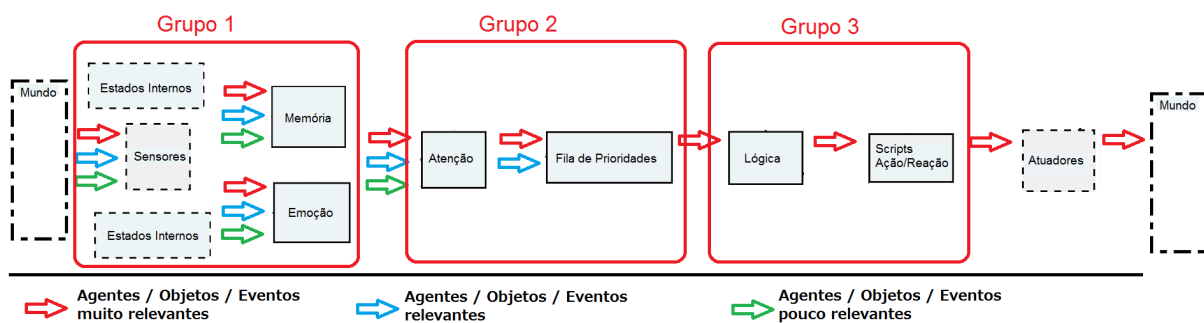


Figura 5.4: Fluxo de informação por Grupos.

5.2 Grupo 1

5.2.1 Módulo Emoção

O módulo Emoção foi construído baseado nos conceitos sobre Emoções observados nos capítulos anteriores de modo que se faz necessário expor a arquitetura conceitual destas Emoções. Pode-se representar a Raiva, o Medo, a Felicidade e a Tristeza por variáveis numéricas com valores que vão de 0 (zero), ao centro do círculo, a um valor positivo aqui representado por 100 (cem), na borda do círculo (Figura 5.5).

A variável referente ao estado emocional Raiva será incrementada na ocorrência de um “evento ruim” para o Agente como dor, agressão ou estresse. Por outro lado, quando o incremento da variável Raiva encadeia uma ação por parte do Agente Emocional pode-se observar um decremento no seu valor proporcionalmente a ação desencadeada. Caso esta ação seja impedida de ocorrer devido a interação com outras variáveis que representem outros estados emocionais, a Raiva tende a se acumular podendo alcançar o valor máximo, aqui representado por 100 unidades.

Quanto à interação com outras variáveis, quando observado um incremento da variável Raiva, produz-se um decremento relativo das variáveis Felicidade, Tristeza e Medo pois o acúmulo de raiva tende a “cegar” os outros estados emocionais. Já quanto ao decremento da Raiva, são recuperados os valores da Felicidade e Medo proporcionalmente ao decremento, porém, a Tristeza não recuperará seu valor.

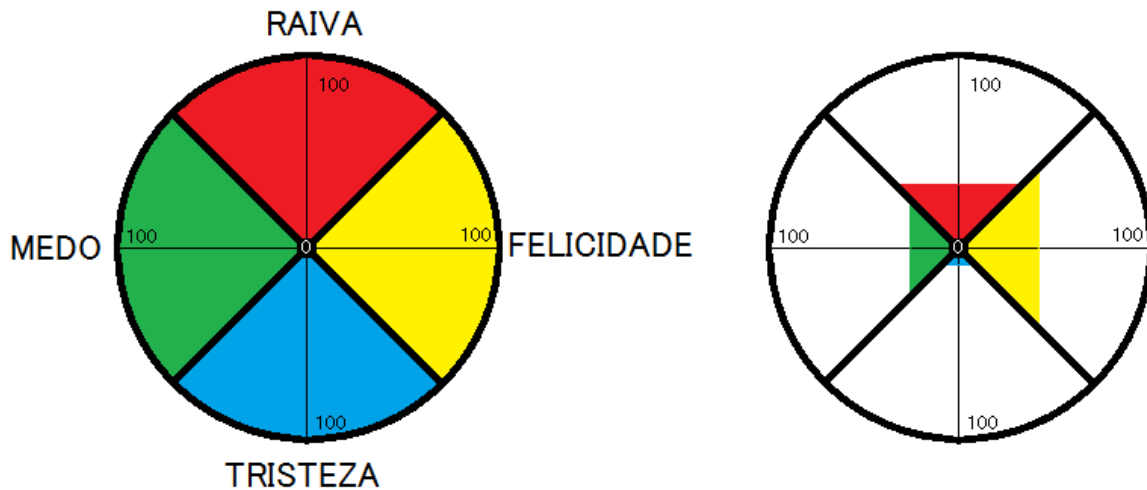


Figura 5.5: Emoções utilizadas no módulo Emoção.

A variável referente ao estado emocional Medo será incrementada diante da “possibilidade” de ocorrência de um “evento ruim” para o Agente, como a presença de um inimigo que possa gerar uma agressão ou objeto que possa gerar estresse. Contudo pode-se observar um decremento no seu valor caso a “possibilidade” de dano desapareça.

Quando observado um incremento da variável Medo, tem-se um decremento relativo e proporcional da variável Felicidade já que o acúmulo do Medo tende a inibir o estado emocional da Felicidade. Quanto ao posterior decremento do Medo, é recuperado o valor da Felicidade proporcional ao decremento.

A variável referente ao estado emocional Alegria/Felicidade será incrementada diante da ocorrência de um “evento bom” para o Agente como a saciação de uma necessidade ou presença de um Objeto de desejo.

Quanto à interação com outras variáveis, quando observado um incremento da variável Felicidade, tem-se um decremento relativo da variável Medo de modo que o acúmulo da Felicidade tende a inibir o estado emocional do Medo. Já quanto ao decremento da Felicidade, é recuperado o valor do Medo proporcionalmente ao decremento.

A variável referente ao estado emocional Tristeza será incrementada, ao contrário das demais, diante da retirada de um “evento bom” preexistente para o Agente, ou seja, uma “perda” como a interrupção da saciação de uma necessidade ou a remoção de um objeto de desejo. Entretanto, para ocorrer decremento, além do que ocorre naturalmente com o tempo, é necessário o desaparecimento deste evento de “perda” na memória (processo este chamado de “esquecimento”). Quando existirem emoções como raiva ou medo associados ao elemento pedido, a ausência desta influência sobre o estado mental do Agente Emocional proporcionará um “alívio”, ou seja, o decremento destas emoções.

Na interação com outras variáveis, quando observado um incremento da variável Tristeza, tem-se um decremento relativo das variáveis Raiva, Medo e Felicidade de modo que o acúmulo da Tristeza tende a inibir os outros estados emocionais. Já quanto ao decremento da Tristeza, tem-se uma recuperação dos valores iniciais dos outros estados emocionais e, diferente dos outros estados emocionais, ela é a única emoção que não está atrelada às entradas na memória de modo que sua presença só se faz percebida no módulo Emoção.

É importante acrescentar que, além dos mecanismos de acréscimo/decrécimo descritos

logo anteriormente, todo estado mental representado sofrerá lento e gradual decréscimo com o passar do tempo, assim como existirá empatia Emocional de acordo com os Estados Emocionais de outros Agentes. Então tenderá a se solidarizar com as Emoções sentidas por outros Agentes, ou seja, passará a repetir estas Emoções como se fossem próprias. Esta repetição se dá em valores proporcionais às Emoções já associados a estes outros Agentes, ou seja, ele tenderá a sentir uma Emoção de acordo com o valor de Felicidade, Raiva e Medo associado ao agente da empatia. Além da proporcionalidade, poderá haver inversão do valor do estado Emocional na repetição caso o alvo da empatia seja um inimigo.

Estas variáveis que representam as Emoções se dividem em duas categorias distintas, porém interconectadas, o Estado Emocional Natural e o Estado Emocional Atual (Figura 5.6) que proporcionam uma reação emocional individualizada e singular de acordo com o agente em questão.

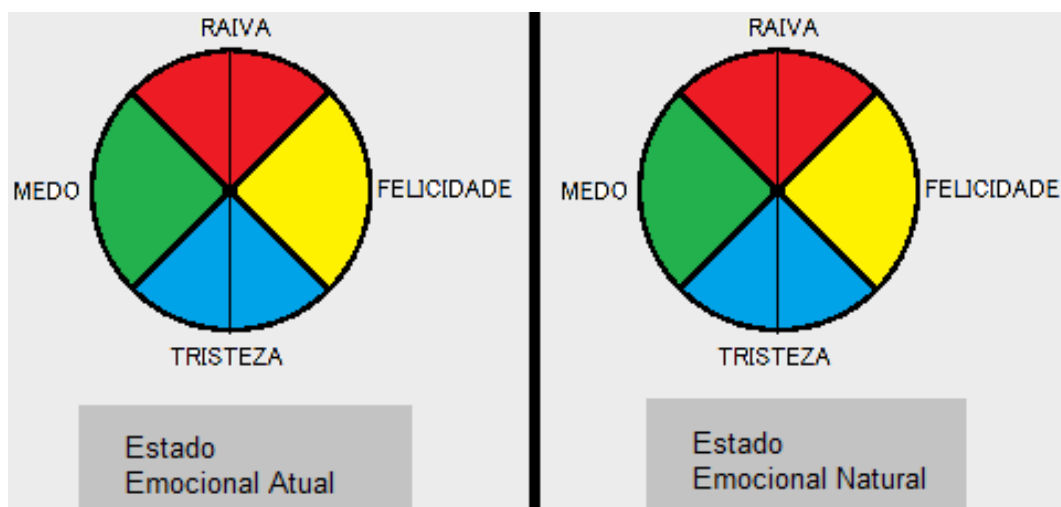


Figura 5.6: Conjuntos distintos de estados mentais do Agente Emocional.

O Estado Emocional Natural é o estado emocional do agente no início da simulação, ou seja, é a personalidade emocional dele e servirá de medida para modular os valores emocionais agregados a cada nova entrada na memória, assim como as entradas no Estado Emocional Atual. O Estado Emocional Atual é derivado do Estado Emocional Natural e das interações com outros Agentes/Objetos/Eventos/Memória e representa o Estado Emocional do Agente no momento corrente.

Apesar da similaridade estrutural entre Estado Emocional Natural e o Estado Emocional Atual, este segundo é o portador do estado mental do Agente Emocional de modo que é nele que é visto o acréscimo/decréscimo dos valores das variáveis relativas as Emoções.

Quanto ao módulo responsável pelo tratamento destas Emoções em si, ele é importante para a reprodução de um comportamento menos mecânico e racional de modo a tornar o Agente Emocional mais verossímil se comparado a um jogador humano.

Ao propor o modelo de Agente Emocional fica evidente a necessidade da existência de um módulo interno especializado responsável pelos estados Emocionais deste agente assim como submódulos especializados responsáveis pelos diferentes tipos de estados Emocionais. Com base em estudos psicológicos sobre a Emoção, foram observados os tipos Emocionais básicos de modo a subsidiar uma modelagem consistente com estes diferentes tipos de Emoções.

O módulo Emoção, apresentado na Figura 5.7, é responsável por representar o Estado Emocional Atual do agente e o Estado Emocional Natural, ou seja, a personalidade. Estes dois tipos de estados emocionais estão localizados em módulos internos diferentes, porém, diretamente conectados.

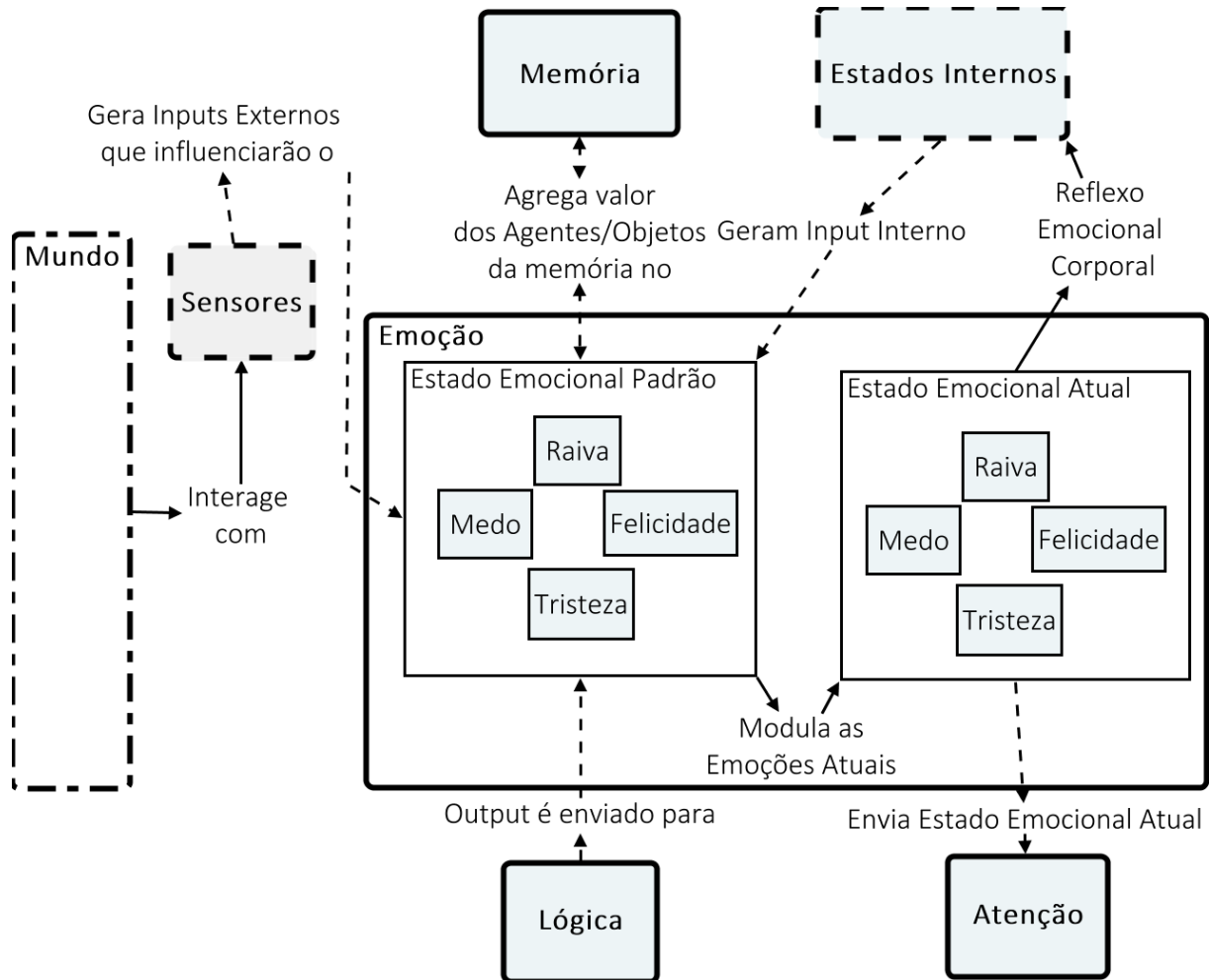


Figura 5.7: Detalhamento do módulo Emoção.

No módulo interno Estado Emocional Padrão é realizada a análise qualitativa dos *inputs* externos com o auxílio dos *inputs* internos enviados pelo módulo externo Estados Internos e pelo módulo Memória. A análise qualitativa é distribuída em diferentes submódulos, um para cada tipo de emoção, onde cada um fica responsável por fazer a análise dos dados e inserção de valores nas variáveis correspondentes ao estado emocional associado a eles. Tais valores são enviados para armazenamento no módulo de Memória e agregação no módulo interno Estado Emocional Atual.

Estes submódulos também contém o valor da variável do respectivo estado mental que representa a personalidade, no caso do Estado Emocional Natural, e estado emocional do agente, no caso do Estado Emocional Atual, e são divididos em:

- Medo: de uma forma geral, é uma variável que é resultante do valor de dano que uma ameaça externa pode causar ao Agente Emocional, porém, subtraída do dano

que ele pode causar a esta ameaça externa. Deste modo, o agente não terá tanto medo de um inimigo poderoso caso esteja portando uma boa arma.

- Raiva: é resultante do dano recebido de uma ameaça externa e tem seu valor atualizado proporcionalmente ao valor deste dano.
- Felicidade: é composta da agregação de eventos que resultaram em prazer para o Agente Emocional.
- Tristeza: ela é resultado da ausência de um agente ou objeto que possua agregado o estado de Felicidade onde a Tristeza será proporcional a este valor.

O módulo interno Estado Emocional Atual será o responsável pelo acúmulo das emoções geradas em cada *input* que passa pelo Estado Emocional Padrão construindo um retrato emocional circunstancial do Agente, independentemente da personalidade, de acordo com o conjunto de *inputs* recebido. Este retrato emocional circunstancial, pela volatilidade do módulo interno Estado Emocional Atual, encontra-se em constante modificação seja por meio de novas agregações/subtrações de Estados Emocionais ou mesmo por ausência destes no caso do enfraquecimento através do tempo para os estímulos recebidos.

O módulo interno Estado Emocional Atual providencia o reflexo emocional Corporal ao módulo Estados Internos em Manifestação Emocional Corporal propiciando uma reação física por parte do Agente Emocional de acordo com o estado Emocional Atual. Quanto ao fluxo de dados, o módulo Emoção é utilizado para associar agentes e objetos, através do Estados Internos, com novos estados emocionais e coletar o *feedback* emocional já armazenado no módulo Memória. Além disso, a saída da informação (*output*) do módulo Lógica também influencia na reconstrução da ambiente no interior do módulo Atenção.

Com esta estrutura é simulada, além do estado mental atual do agente levando-se em consideração todos os inputs tanto externos quanto internos, a personalidade emocional individual do Agente Emocional. Deste modo dois agentes com exatamente a mesma estrutura, recebendo os mesmos conjuntos de informações, porém, com valores diferentes nas variáveis relativas aos estados emocionais contidos no módulo interno Estado Emocional Padrão poderão apresentar comportamentos divergentes pois cada novo registro será modulado pelo valor destas variáveis. Então, além dos valores de cada novo registro divergirem, quando este conjunto de entradas é salvo no módulo Memória é criado um conjunto de valores emocionais associado de forma diferente entre os agentes emocionais e, do mesmo modo, valores diferentes são agregados no módulo interno Estado Emocional Atual de cada um.

5.2.2 Módulo Memória

Neste módulo, a arquitetura conceitual das Emoções relacionadas a cada entrada de Agente(AG) / Objeto(OB) / Evento(EV), como no modelo OCC, registradas em memória são divididas em dois conjuntos distintos de estados mentais que abrangem a raiva, o medo e a felicidade por variáveis numéricas com valores que vão de 0 (zero) a 100 (cem) conforme apresentado na Figura 5.8.

O Estado Emocional AG/OB/EV é modulado pelo Estado Emocional Natural, ou seja, é gerado um histórico emocional agregado para cada elemento existente na memória. Já o Estado Emocional Cena é agregado a cada elemento no módulo interno Cena no módulo

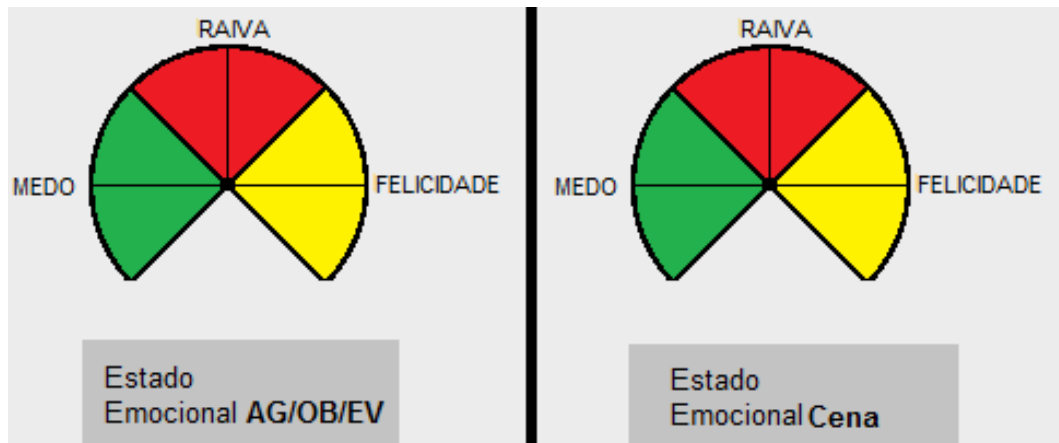


Figura 5.8: Conjuntos distintos de estados mentais associados a cada Agente(AG) / Objeto(OB) / Evento(EV) na memória.

Atenção. Vale ressaltar que, dos estados emocionais relacionados a entradas na memória, não consta a presença da Tristeza pois, diferente das outras emoções, ela está relacionada a uma situação de perda/ausência, não da presença de um determinado Objeto ou Agente.

Quanto ao módulo em si, ele é um dos mais importantes e mais complexos do Agente Emocional pois é a partir dele que se tem quais agentes e objetos estão associados a quais tipos de emoção e como os eventos afetam o Estado Emocional Atual através do Estado Emocional Natural, ambos do módulo Emoção.

Primeiramente os dados captados do ambiente chegam através do módulo externo Sensores que, por sua vez, passa então a distribuí-los, em conjunto com o módulo externo Emoção, para os módulos internos Memória Eventos Ação/Reação, Memória Agentes e Memória Objetos (Figura 5.9).

O módulo interno Memória Eventos Ação/Reação (Figura 5.9) possui o registro dos diferentes tipos de eventos com ações e reações conhecidos pelo Agente Emocional de modo que são utilizados para reconhecer eventos envolvendo agentes e objetos. Esta lista de eventos, ações e reações permite ao Agente Emocional reconhecer as diferentes ações, quem as executou e quem as recebeu construindo assim uma resposta emocional adequada à ação pertinente.

São exemplos de Ações ou Eventos Básicos o ato de Ferir, contendo Agente ou Objeto ativo e Agente ou Objeto passivo da Ação; o ato de Acionar algum mecanismo seja ele uma porta ou uma alavanca; o ato de Pegar algum objeto do ambiente; o ato de Soltar algum objeto no ambiente; o ato de Entregar algum objeto a um outro determinado agente; o ato de Combinar determinado objeto com um outro objeto, seja este do mesmo tipo ou não; o ato de Consumir algum objeto por parte do agente, seja ele comida, água ou algum tipo de poção; o ato de Dar Ordem ou Impor um Objetivo a um Agente; o ato de Ensinar ou demonstrar um tipo de Ação, seja ela desconhecida ou não, e sua relação com um determinado Agente ou Objeto; o ato de se Aproximar de, ou seja, diminuir a distância em relação a um agente ou objeto; o ato de se Afastar de, ou seja, aumentar a distância em relação a um agente ou objeto e, também, todo e qualquer possibilidade de Movimento Corporal do Agente.

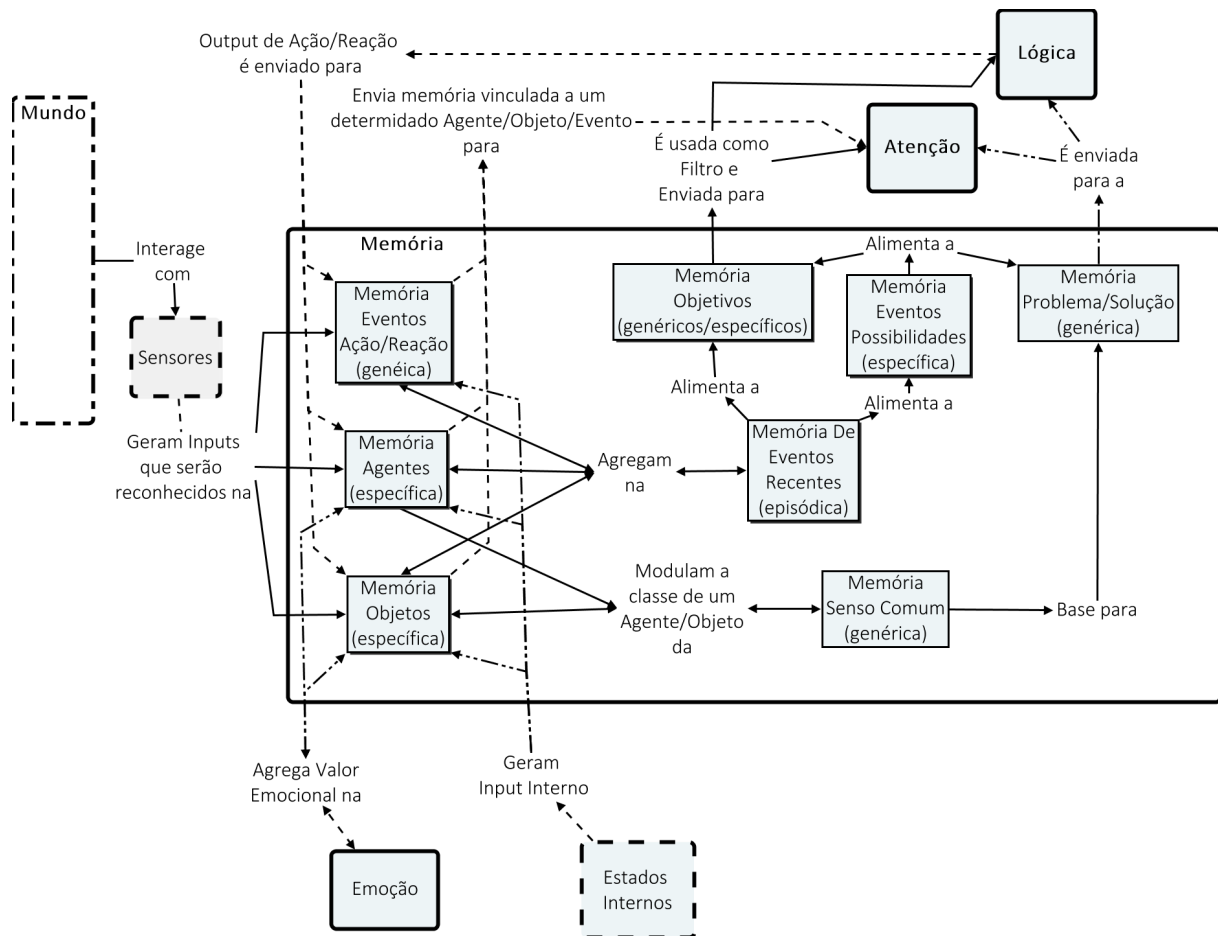


Figura 5.9: Detalhamento do módulo Memória.

Diferente dos Agentes e Objetos em memória, uma Ação não pode ser ligada diretamente a um Estado Emocional, já que depende muito do contexto da Ação e dos elementos envolvidos. O ato de abrir uma porta só poderá ser considerado bom ou ruim dependendo das circunstâncias envolvendo esta Ação e a relação do Agente Emocional com estes outros elementos envolvidos. Este módulo interno não possui ligação direta com o módulo externo Emoção e depende dos estados emocionais atrelados aos diferentes agentes e objetos da cena.

Na Memória Agentes são registrados todos os Agentes com quem o Agente Emocional teve ou tem contato permitindo um registro individualizado de todas as Ações referentes a estes Agentes e os diferentes tipos de estados mentais agregados a eles. Para cada elemento armazenado neste módulo interno existem dois tipos de estados mentais agregados sendo um deles o Estado Mental Natural, composto da agregação dos diferentes estados mentais coletados através das seguidas interações com o ambiente e o estado mental Cena, que surge a partir do módulo interno Cena, no módulo externo Atenção. Também é armazenada na Memória Agentes a posição espacial em que se encontrava o Agente em questão na última vez em que o mesmo foi detectado, assim como dados sobre a sua condição física, velocidade de locomoção, etc.

Na Memória Objetos, de modo similar aos Agentes em Cena, são registrados todos os Objetos que o Agente Emocional teve ou tem contato permitindo um registro individuali-

zado de todas as ações envolvendo estes e os diferentes tipos de estados mentais agregados a eles. Para cada elemento armazenado neste módulo interno também existem dois tipos de estados mentais agregados, sendo um deles o Estado Mental Natural composto da agregação dos diferentes estados mentais coletados através das seguidas interações com o ambiente e, por outro lado, o Estado Mental Cena que surge a partir das diferentes interações no módulo interno Cena, do módulo externo Atenção. Assim como a posição espacial em que se encontrava o Objeto em questão na última vez em que o mesmo foi detectado em Cena. Também são registrados neste módulo os detalhes como a quem pertence determinado objeto e a condição física do mesmo.

A partir destes três principais módulos internos, juntamente com os estados mentais associados vindos do módulo externo Emoção e dos dados provenientes dos módulos externos Estados Internos e Lógica, tem-se a criação dos seguintes módulos internos especializados: Memória Senso Comum, Memória de Eventos Recentes, Memória Problema/-Solução, Memória Eventos Possibilidades e Memória Objetivos, os quais são detalhados abaixo.

O Agente Emocional, mesmo nunca tendo interagido com um determinado elemento, a partir dos dados do módulo interno Memória Senso Comum um valor emocional preconcebido poderá ser associado a este novo elemento induzindo um comportamento mais próximo do adequado de acordo com as experiências adquiridas com outros elementos do mesmo tipo ou classe. Devido a diversidade de valores possíveis, cabe associar um valor que represente o conjunto dos tipos ou classes dos Agentes e Objetos em memória, ou seja, a média de todos os estados emocionais agregados registrados sendo utilizados como valor emocional padrão para elementos novos ou desconhecidos. Como exemplo prático, temos a situação onde o Agente Emocional encontra dois tipos de inimigos conhecidos (Figura 5.10 (a) e (b)), cada qual com um valor emocional atrelado em particular. Com a presença de um novo agente (Figura 5.10 (c)) do mesmo tipo ou classe dos inimigos, é atribuído a este novo elemento um valor de senso comum baseado na média das emoções atreladas aos dois inimigos.

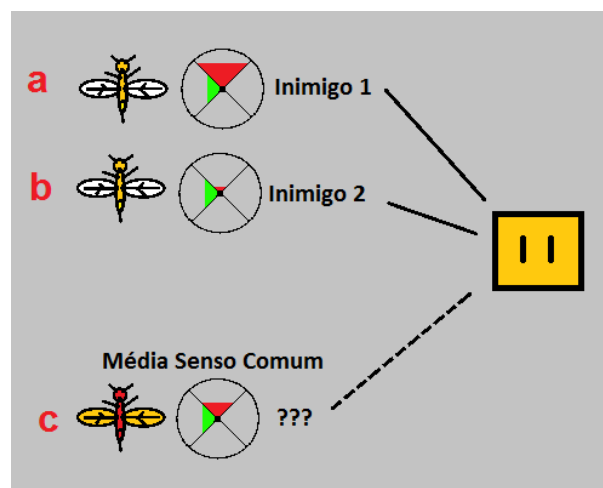


Figura 5.10: Exemplo de funcionamento do Senso Comum.

Também existe a possibilidade do Agente apertar um botão - ou abrir uma determinada porta, por exemplo - e assim receber valores Emocionais de um determinado evento

anterior, ou mesmo subsequente, a medida que estes eventos estejam suficientemente próximos em escala temporal. Como exemplo, o Agente Emocional ao atravessar uma sala atribui parte do valor Emocional associado ao inimigo encontrado nesta sala para a porta de entrada, utilizada antes de encontrar o inimigo, e a porta de saída, utilizada após este encontro. Com este tipo de agregação emocional temporal, o Agente Emocional ganha a capacidade de antecipar eventos ou ações que gerem consequências desejáveis ou não. O módulo interno Memória de Eventos Recentes é responsável pela associação das últimas Ações e Reações com os Agentes e Objetos envolvidos com elas. Então, um Evento pode promover uma zona de influência Emocional temporal para novos Eventos ou ocorrências já registradas em Memória. Também é a partir deste módulo que é feita a agregação de diferentes estados mentais aos Agentes e Objetos dos módulos Memória Agentes e Memória Objetos a medida que ocorrem Eventos envolvendo os mesmos.

O leque de possibilidades de ações por parte do Agente Emocional em um determinado evento, mesmo que estas ações não levem a resolução de um tipo de problema específico, é obtido no módulo interno Memória Eventos Possibilidades a partir do módulo interno Memória de Eventos Recentes. Neste módulo tem-se a construção do conjunto de todas as possibilidades de Ação e Reação conhecidas envolvendo os Agentes e Objetos em memória a partir da vivência e interação com os mesmos. Caso o Agente Emocional encontre um inimigo, passa então a dispor de um conjunto de possibilidade de ações baseadas em observações do ambiente e experiências prévias a exemplo das opções da Figura 5.11. O conjunto de possibilidades exemplificado pode ser detalhado como Falar (Figura 5.11 (a)), Atacar (Figura 5.11 (b)), Distanciar-se (Figura 5.11 (c)) e Aproximar-se (Figura 5.11 (d)).

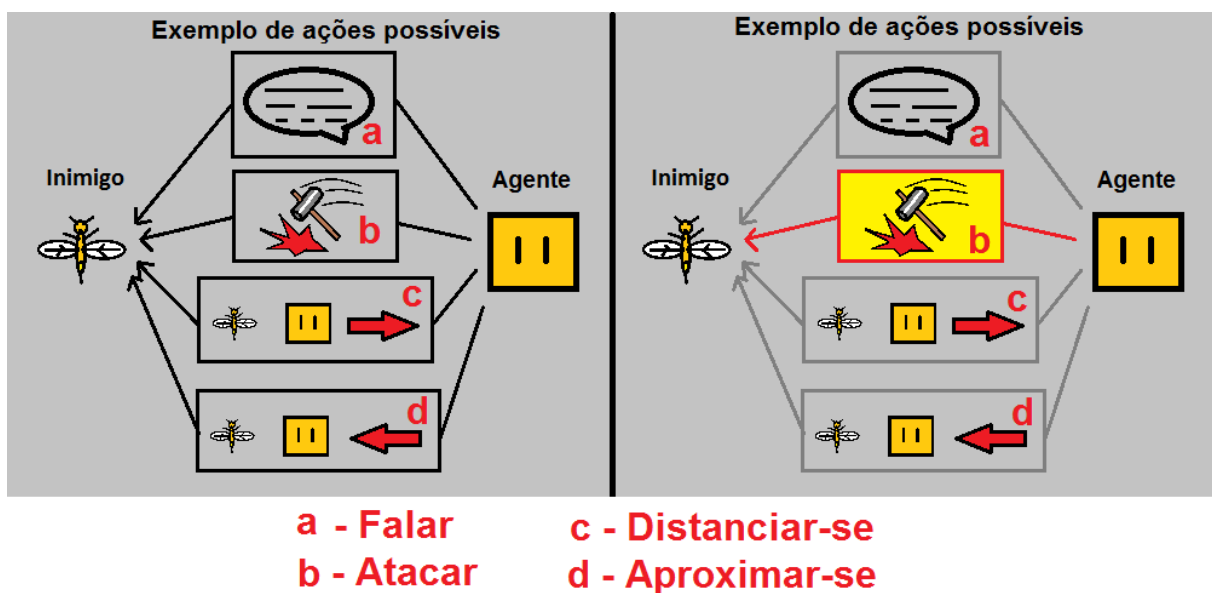


Figura 5.11: Ações possíveis por parte do Agente Emocional em um determinado evento.

Quanto a resolução de problemas, sejam eles provenientes de Agentes, Objetos ou Eventos, é possível navegar em uma árvore de ações a serem executadas pelo Agente Emocional para atingir uma solução pontual, mesmo que esta solução seja um conjunto de ações para que o agente fique em pé. No módulo interno Memória Problema/Solução, a partir do módulo interno Memória Eventos Possibilidades, tem-se o agrupamento das ações que resultaram na resolução de um problema envolvendo os tipos ou classes dos

Agentes e Objetos provenientes da Memória Senso Comum. No exemplo da Figura 5.11, a ação referente a resolução do problema, no caso, o encontro com o inimigo, é apontada pela opção Atacar (Figura 5.11 ((b))).

Também é possível realizar objetivos específicos independente da Ação esperada do Agente Emocional para um determinado momento pois, no módulo interno Memória Objetivos, é produzido o direcionamento do comportamento deste Agente Emocional. Este direcionamento se dá através de ações específicas como solução para um determinado problema, envolvendo ou não um determinado Agente/Objeto também previamente escolhido provocando um comportamento específico. Assim, além do elemento apontado como objetivo, é facultado o acréscimo de uma ou mais ações específicas provenientes do módulo interno Memória Eventos Possibilidades independente de estarem ligadas ou não à resolução de problemas.

5.2.3 Módulo Estados Internos

Além das informações provenientes do ambiente exterior ao próprio Agente, como por exemplo a presença de inimigos por perto, é de vital importância a obtenção também dos estados internos pelo próprio Agente, que podem variar dependendo do jogo, como estado de saúde atual, nível de fome ou mesmo dor. É através do módulo Estados Internos (Figura 5.12) que é gerado o *input* interno que, por sua vez, vai complementar o fluxo de dados captados pelos sensores externos a serem enviados aos módulos de Emoção e Memória.

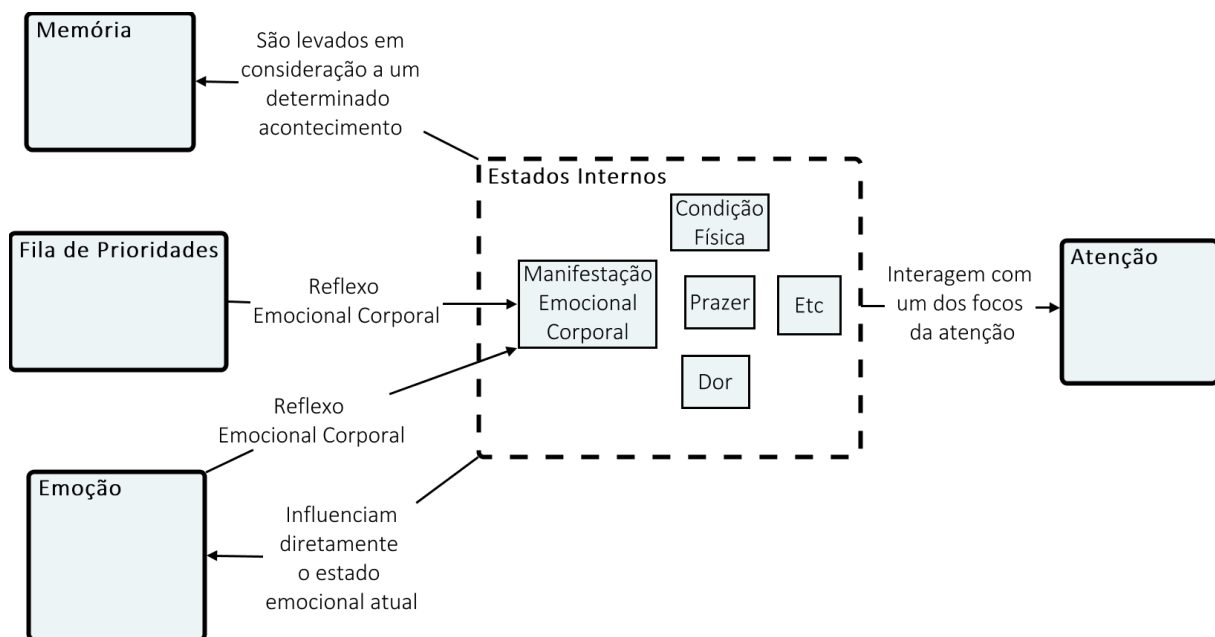


Figura 5.12: Detalhamento do módulo Estados Internos.

Dependendo do jogo e da lógica aplicada em questão os tipos de *input* interno podem variar bastante, desde a condição física do Agente Emocional, do seu posicionamento espacial até indicadores de dor e prazer. Este módulo é essencial no aprendizado pois, diante de novos estímulos envolvendo outros Agentes, Objetos e o próprio Agente Emocional, é o módulo Estados Internos que vai definir se estes estímulos são bons ou ruins.

Basicamente, ele vai associar um estado emocional ao módulo externo Emoção ao referido estímulo registrado na memória. A Figura 5.13 exemplifica esta situação, onde o Agente Emocional encontra no ambiente dois Agentes desconhecidos idênticos entre si (Figura 5.13 (a)), porém ao ser atacado por um deles (Figura 5.13 (b)), passará a associar a Emoção de medo tanto ao Agente que o atacou quanto ao que permaneceu inerte (Figura 5.13 (c)).

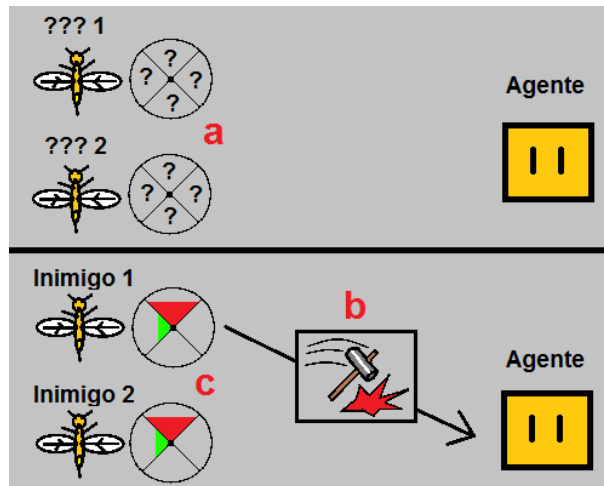


Figura 5.13: Processo de aprendizado envolvendo o módulo Estados Internos.

5.2.4 Exemplificação

Para facilitar a exemplificação dos módulos Emoção, Memória e Estados Internos, agrupados por proximidade funcional, a Figura 5.14 foi utilizada para demonstrar o funcionamento destes módulos diante de uma situação prática. Primeiramente, quando o Agente Emocional é colocado em um ambiente (Figura 5.14 (a)), passará a coletar as informações através de seus sensores e a cruzar estas informações com o que já existe disponível em memória (Figura 5.14 (b)). Após cruzamento, é recuperado o conteúdo emocional afixado pelo Agente a cada elemento da Cena, de acordo com os valores pre-existentes em memória (Figura 5.14 (c)). Por final, O conjunto de Elementos da Cena, assim como os estados emocionais associados a estes acabam por influenciar o Estado Emocional Atual do próprio Agente (Figura 5.14 (d)).

5.3 Grupo 2

5.3.1 Módulo Atenção

As variáveis relativas à Atenção servem para limitar o volume de informação a ser passado para os módulos subsequentes separando a informação realmente relevante de meros estímulos externos. Neste módulo, a arquitetura conceitual da Surpresa/Atenção é representada como um conjunto de variáveis que servem de filtro para definir quais Agentes, Objetos e Eventos são relevantes e gerarão interação por parte do Agente Emocional. Sua representação é dada por variáveis numéricas com valores positivos aqui representados de

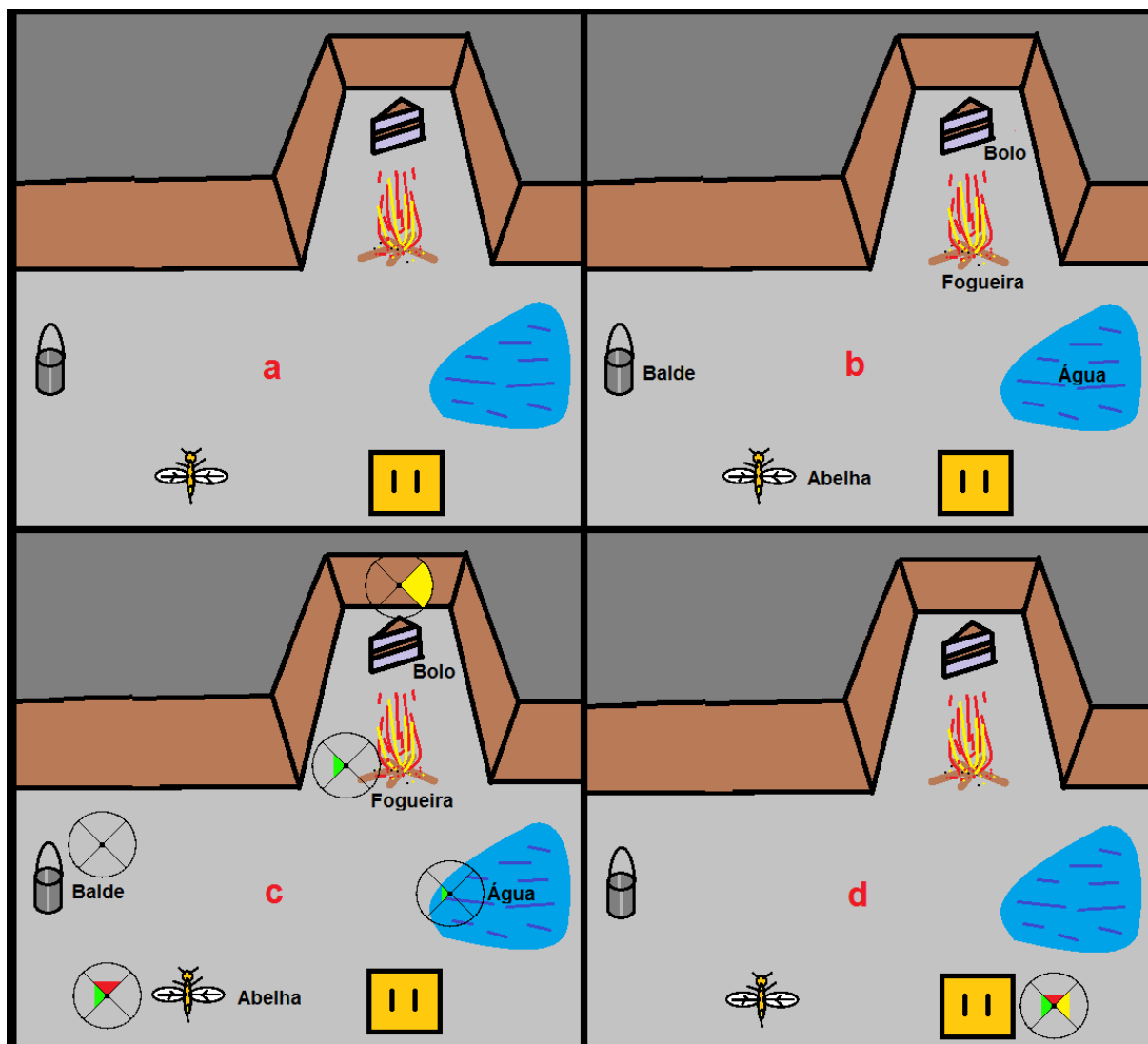


Figura 5.14: Detecção do ambiente e Recuperação de informações em memória.

0 (zero), ao centro do círculo, a 100 (cem), na borda do círculo, conforme exemplificado na Figura 5.15, e que abrangem todas as emoções abordadas. Com o aumento do foco da Atenção, alguns dos estados emocionais passam pelo filtro, círculo colorido, no módulo Atenção.

O módulo Atenção (Figura 5.16) em si é o responsável por avaliar a importância que determinados Agentes e Objetos possuem para o Agente Emocional e gerar a capacidade de direcionamento do foco da interação. Importância esta avaliada pela presença de um objetivo explícito em memória, pela quantidade de registros de determinado elemento em memória ou comportamento de um elemento do ambiente divergente do registrado como solução para um determinado problema. O mapeamento do ambiente através do posicionamento dos Agentes e Objetos e diferentes interações entre estes também define o nível de importância calculando assim um valor emocional adicional relativo à complexidade do ambiente para cada elemento do cenário.

O processo de mapeamento do ambiente tem início no módulo interno Cena onde é

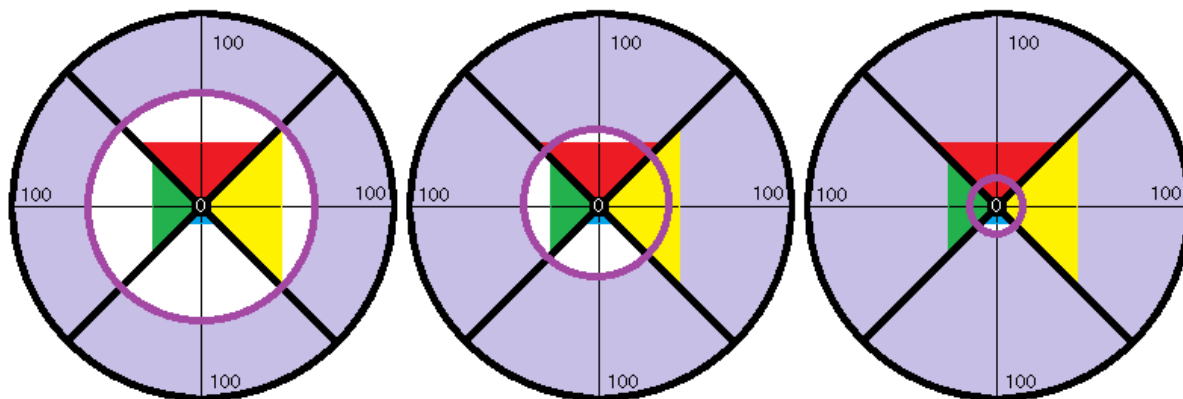


Figura 5.15: Esquema das variáveis que compõem a Atenção em relação aos Estados Emocionais da proposta.

feita a avaliação global do conjunto de Agentes, Objetos e Eventos enviados pelos módulos Memória, Emoção e Estados Internos. Em outras palavras, é montado um quadro geral do ambiente corrente em que o Agente Emocional está inserido onde todos os elementos influenciam mutuamente os valores emocionais atrelados a cada elemento formando uma segunda camada de estados mentais chamada de Estado Emocional Cena. Esta nova camada (Figura 5.8) é atrelada aos estados emocionais já existentes nos elementos da Cena de modo que, além de agregarem valor no momento da passagem em cada filtro do módulo Atenção e na posição no módulo Fila de Prioridades, serão imprescindíveis para a tomada de decisão no módulo Lógica.

A dinâmica da influência mútua dos valores Emocionais atrelados a cada elemento da Cena, incluindo o próprio Agente Emocional, é calculada através da distância destes elementos entre si e o valor Emocional atrelado a cada um deles de forma a somar influências de um mesmo tipo de Emoção, a exemplo da Figura 5.17. Neste caso, temos duas cenas diferentes com diferentes valores emocionais atrelados a cada elemento com a finalidade de exemplificar o reforço emocional proporcionado pelo posicionamento espacial dos elementos em Cena. Na Figura 5.17 (a) tem-se a pequena influência de uma única Abelha sobre o Bolo no Estado Emocional Cena, porém, na Figura 5.17 (b), ao se juntar várias abelhas esta influência aumenta consideravelmente.

A construção da Cena também é responsável por detectar problemas envolvendo o Agente Emocional e os elementos importantes do ambiente que necessariamente são enviados ao módulo externo Fila de Prioridades e posteriormente Lógica. Dessa forma, ao ser verificada uma barreira física ou possibilidade de perigo vindo de outro elemento da Cena, será acrescentada neles uma marcação sinalizando a existência de um ou mais problemas.

A avaliação de quais Agentes, Objetos e Eventos devem seguir no fluxo entre os módulos e quais ficarão retidos na Cena é feita através de diferentes tipos de filtros com valores definidos de acordo com o nível de Atenção do Agente Emocional. Este nível é subtraído do valor associado às emoções dos envolvidos na Cena onde um valor negativo como resultado significa que o Agente/Objeto/Evento não passou pelo filtro, porém, um valor positivo indica, além da passagem para o módulo subsequente, o valor da “força” do estado emocional associado.

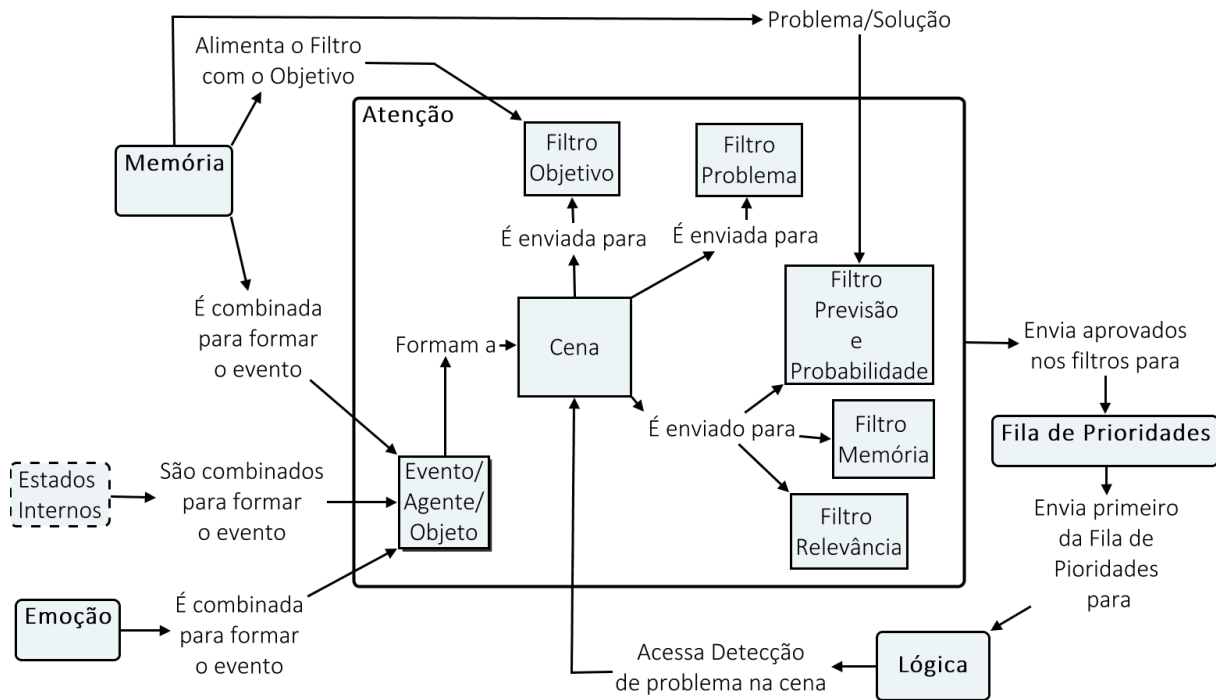


Figura 5.16: Detalhamento do módulo Atenção.

O módulo Atenção dispõe de cinco diferentes tipos de filtros (Figura 5.18) armazenados cada um em um módulo interno sendo três deles filtros de uso básico (Figura 5.19) denominados Filtro Memória, Filtro Previsão e Probabilidade e Filtro Relevância e dois filtros diferenciados, Filtro Objetivo e Filtro Problema. Cada elemento da Cena que passar por cada um deles receberá um valor determinado ou marcação de acordo com o critério de importância adotado em cada filtro.

O Filtro Memória funciona basicamente como um tipo de “curiosidade” onde o Agente Emocional depara-se com um Objeto, Agente ou Evento desconhecido e tende a manter o foco da atenção direcionado para eles. Porém, a medida que a presença destes novos elementos passa a ser comum, a tendência é tratá-los como rotina e desviar a atenção com mais facilidade. Para cada Agente/Objeto/Evento na Cena, ao avaliar quem passa ou não por este filtro, é verificado no módulo Memória se o Agente Emocional possui ou não pouco contato com cada. É basicamente uma variável cujo valor será obtido do inverso do quantitativo de contato, seja ele pontual ou uma soma de intervalos de tempo. Na Figura 5.19 (a) é exemplificado o valor da atenção dada pelo Agente Emocional para uma Abelha quando ele a observa pela primeira vez, porém, a medida que este contato torna-se comum, a atenção direcionada a Abelha tende a cair.

O Filtro Previsão e Probabilidade personifica o estado de surpresa onde o Agente Emocional mantém a atenção focada em elementos que saiam do cotidiano, que apareçam em Cena de modo inesperado, que fujam das expectativas ou que contrariem uma probabilidade. Trata-se do caso de Agentes, Objetos e Eventos que venham a ter comportamento ou aspectos que divirjam dos esperados no módulo interno Memória Problema/Solução assim como Memória Senso Comum, ambos do módulo externo Memória. Como exemplo, temos o caso da Figura 5.19 (b) onde duas abelhas estão conversando, ação esta incomum para uma Abelha e não esperada pelo Agente Emocional.

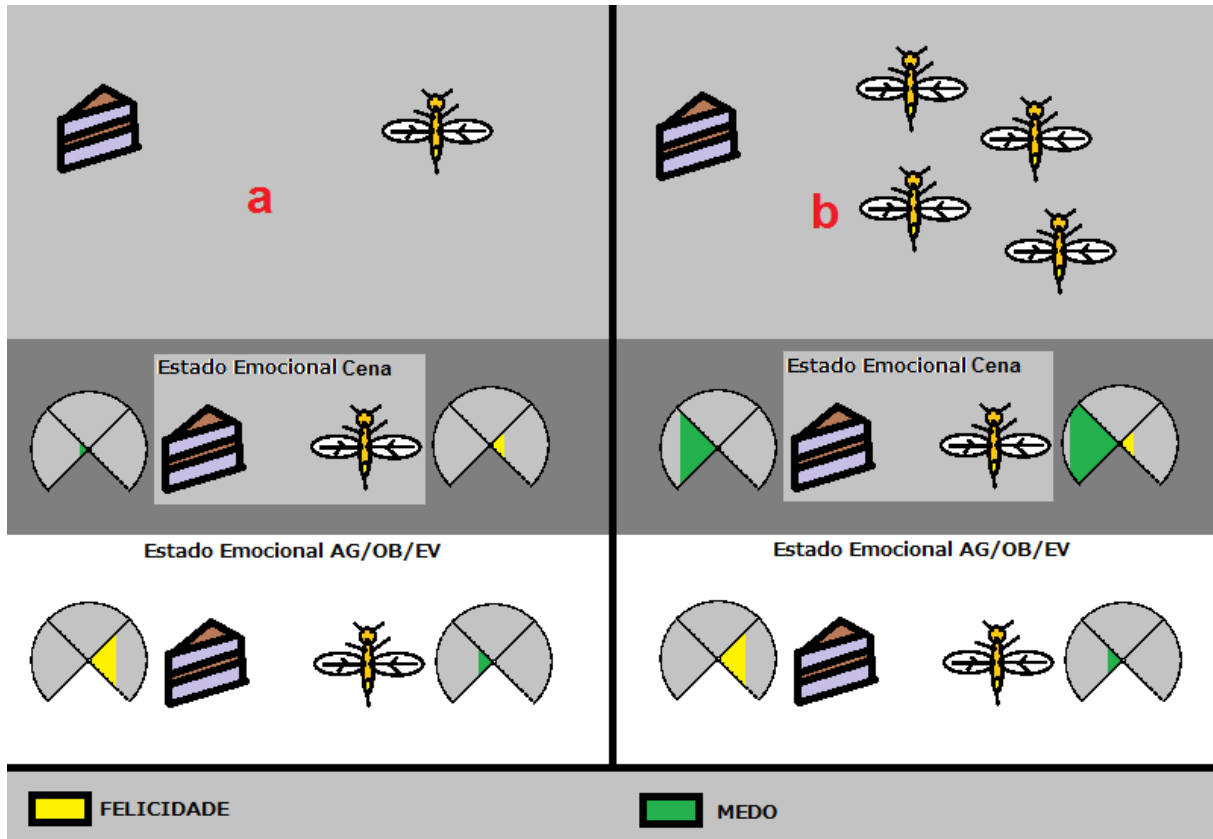


Figura 5.17: Exemplo de influência por proximidade no Estado Emocional Cena.

O Filtro Relevância leva em conta a questão do impacto emocional atrelado ao Agente/Objeto/Evento alvo da atenção no módulo Memória e na Cena, ou seja, a tendência é manter o foco da atenção nos elementos que produzem valores mais altos de envolvimento Emocional, seja esta uma boa Emoção, uma má ou ambas. Na Figura 5.19 (c) é exemplificado o valor emocional atribuído pelo Agente Emocional para vários elementos da cena onde o possuidor do maior valor emocional atribuído será o que chamará mais atenção.

O Filtro Objetivo permite direcionar o foco da atenção do Agente Emocional ao receber direto do módulo Memória os Agentes, Objetos e Eventos possuidores da marcação de objetivo. Acrescentando assim um valor pré-determinado equivalente à importância do objetivo e enviando, independente de seu valor, para o módulo Fila de Prioridades.

Por fim, o Filtro Problema, assim como o Filtro Objetivo, é diferente dos demais pois ele não avalia o potencial emocional dos elementos em Cena, mas sim se existem impedimentos, perigos ou problemas a serem marcados, sejam imediatos ou prováveis, envolvendo o Agente/Objeto/Evento foco da atenção que é, conseqüentemente, alvo do módulo Lógica.

5.3.2 Módulo Fila de Prioridades

Para que o Agente Emocional possa reagir aos diferentes tipos de estímulos externos de forma adequada ele precisa decidir que elemento da Cena ele precisa focar a atenção para o uso do módulo Lógica em um determinado período de tempo, um por vez, reagindo

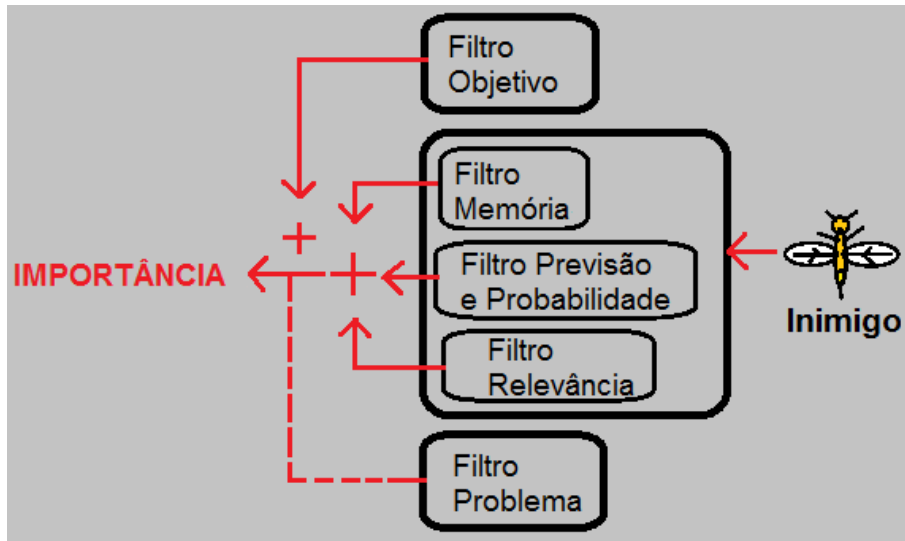


Figura 5.18: Avaliação dos filtros do módulo Atenção.

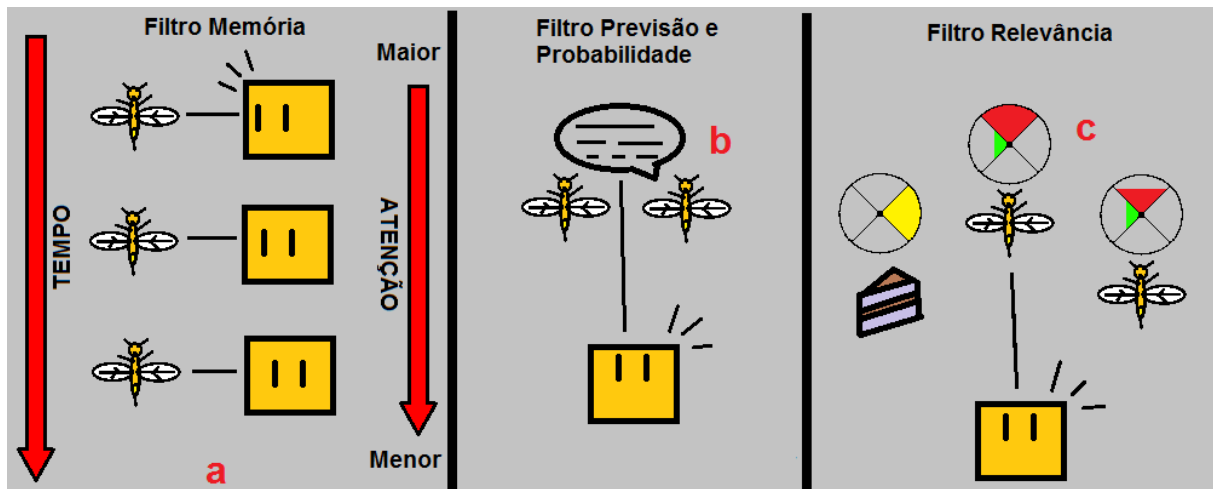


Figura 5.19: Filtros de uso geral.

de forma consistente com aquele estímulo. Esta capacidade de direcionamento de foco da atenção é possível graças ao trabalho do módulo Atenção, onde, após avaliar os elementos da Cena através de cada um de seus filtros, proporciona ao módulo Fila de Prioridades (Figura 5.20) a capacidade de organizar os elementos categorizando-os. Neste módulo os Agentes e Objetos são organizados por ordem de prioridade de modo que somente o primeiro da fila, isto é, o de maior prioridade, será enviado para o módulo externo Lógica. Da mesma forma o estado emocional associado a ele e também adquirido durante construção da Cena no módulo externo Atenção que será enviado para o módulo externo Estados Internos para subsidiar o reflexo emocional Corporal em Manifestação Emocional Corporal referente ao elemento foco da atenção. Assim o Agente Emocional buscará sempre manter o foco no que for mais importante e relevante para ele, porém, sem ignorar outros Agentes, Objetos e Eventos de importância relativamente menor.

Após a retirada do primeiro elemento da lista, por mudança de relevância ou objetivo alcançado, será enviado para o módulo externo Lógica o elemento que assumir o lugar

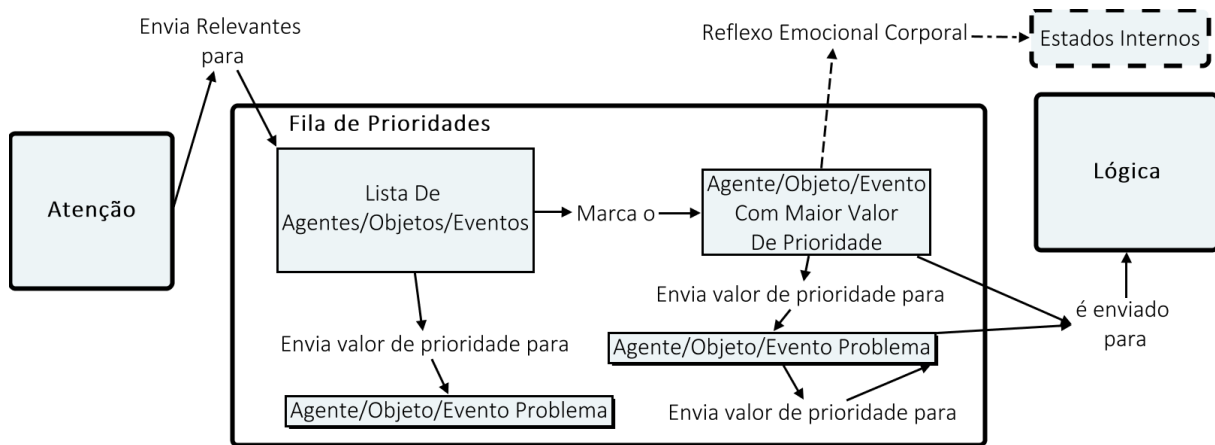


Figura 5.20: Detalhamento do módulo Fila de Prioridades.

mais relevante e assim sucessivamente. Já no caso da detecção de um problema na Cena envolvendo o primeiro elemento da fila enviado ao módulo Lógica, após checagem de todos os elementos da Cena no módulo Atenção, os Agentes, Objetos e Eventos causadores de algum tipo de impedimento recebem o marcador indicativo de problema. Isto permite que, mesmo que estes elementos não passem nos outros filtros, eles sejam selecionados através do Filtro Problema e enviados para o módulo Fila de Prioridades. Ao chegar na fila, herdaram o valor de prioridade do primeiro da lista envolvido no problema, que foi enviado para o módulo Lógica, e somam seu próprio valor de prioridade. Vale ressaltar que, no caso de múltiplos problemas relativos a um único Agente, Objeto ou Evento que seja o primeiro da lista será selecionado para envio o problema de maior prioridade.

Uma vez detectado um problema e após o mesmo receber o valor do primeiro da fila acrescido de seu valor próprio, surgindo posteriormente um Agente/Objeto/Evento mais relevante, a estrutura do antigo primeiro colocado com os problemas relacionados a ele é movida integralmente para a posição pertinente na fila dando espaço para o novo primeiro lugar. Deste modo é criada uma estrutura dinâmica e adaptativa onde as condições do ambiente, além das condições individuais de cada elemento da Cena, providenciam qual elemento se deve manter o foco da atenção.

5.3.3 Exemplificação

Para facilitar a exemplificação dos módulos Atenção e Fila de Prioridades, agrupados por proximidade funcional, a Figura 5.21 foi utilizada para demonstrar o funcionamento destes módulos diante de uma situação prática. Na construção da Cena, no módulo Atenção, são considerados todos os Elementos do ambiente e os estados emocionais associados aos mesmos (Figura 5.21 (a)). Em seguida, é avaliado a influência emocional espacial provocada e recebida por cada elemento avaliado (Figura 5.21 (b)). Após contabilização, é afixado um valor emocional (Figura 5.21 (c)) pelo Agente a cada elemento da Cena para que se verifique se possuem ou não valor o suficiente para passar pelos filtros do módulo Atenção. Por fim, o conjunto de Elementos da Cena que conseguiram passar pelos filtros são encadeados de acordo com o valor de importância atribuído pelo Agente Emocional (Figura 5.21 (d)).

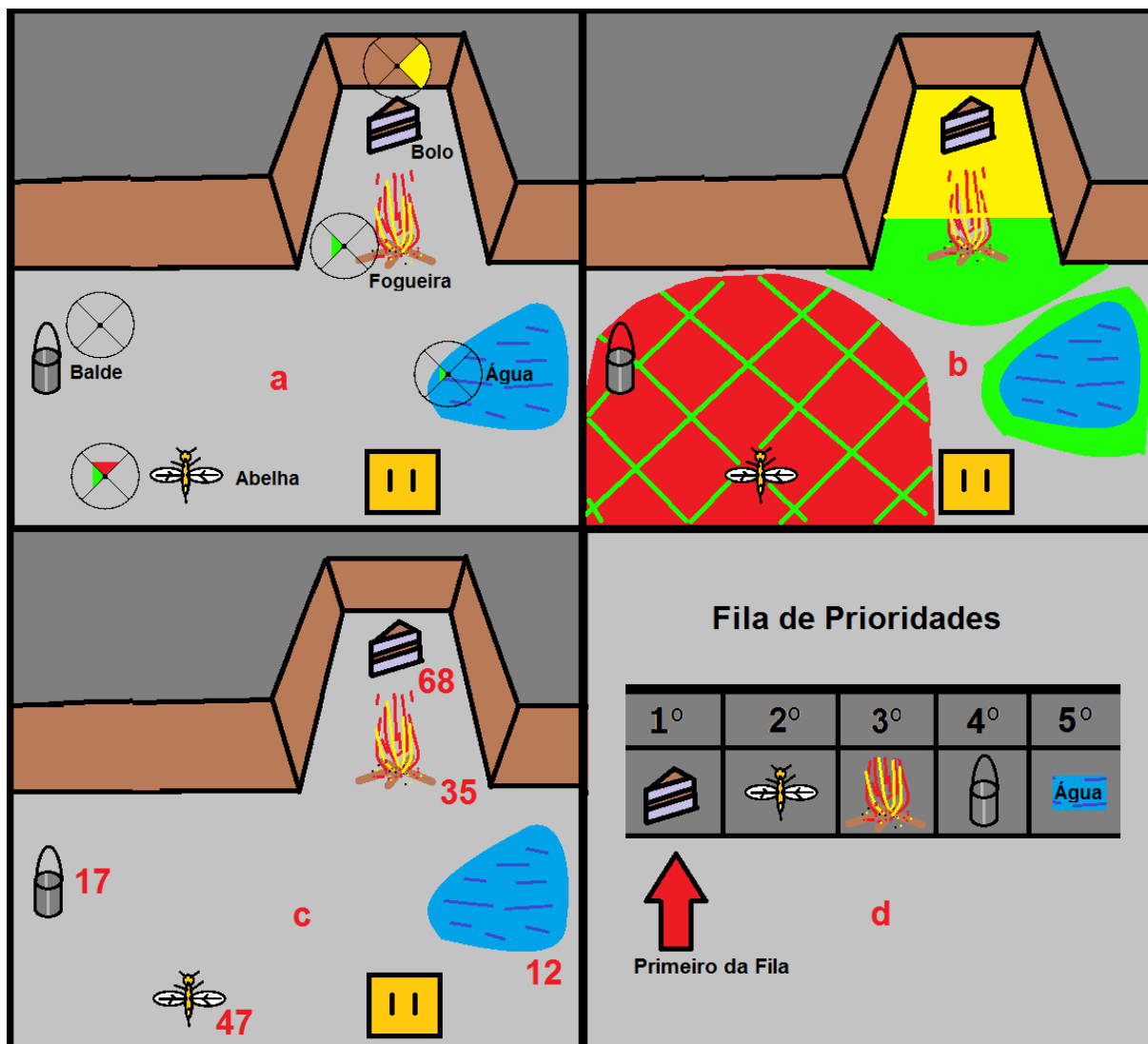


Figura 5.21: Exemplificação do funcionamento dos módulos do Grupo 2.

Na Figura 5.22 (a), segue a situação observada na figura anterior onde os elementos da Cena estão distribuídos no módulo Fila de Prioridades de acordo com o valor de importância atribuído a eles pelo Agente Emocional que reagirá a presença do Bolo pois este ocupa a posição inicial da fila. Como consequência da posterior reavaliação da Cena pelo módulo Lógica a Fogueira é marcada como obstáculo (Figura 5.22 (b)) entre o Agente Emocional e o Bolo fazendo com que este objeto problema tenha o valor de importância somado ao do Bolo e passe a ser o primeiro da fila.

5.4 Grupo 3

5.4.1 Módulo Lógica

O módulo Lógica (Figura 5.23) é o equivalente ao cérebro do Agente Emocional, ou seja, ele que vai orquestrar o processo de tomada de decisão, onde o Estado Emocional

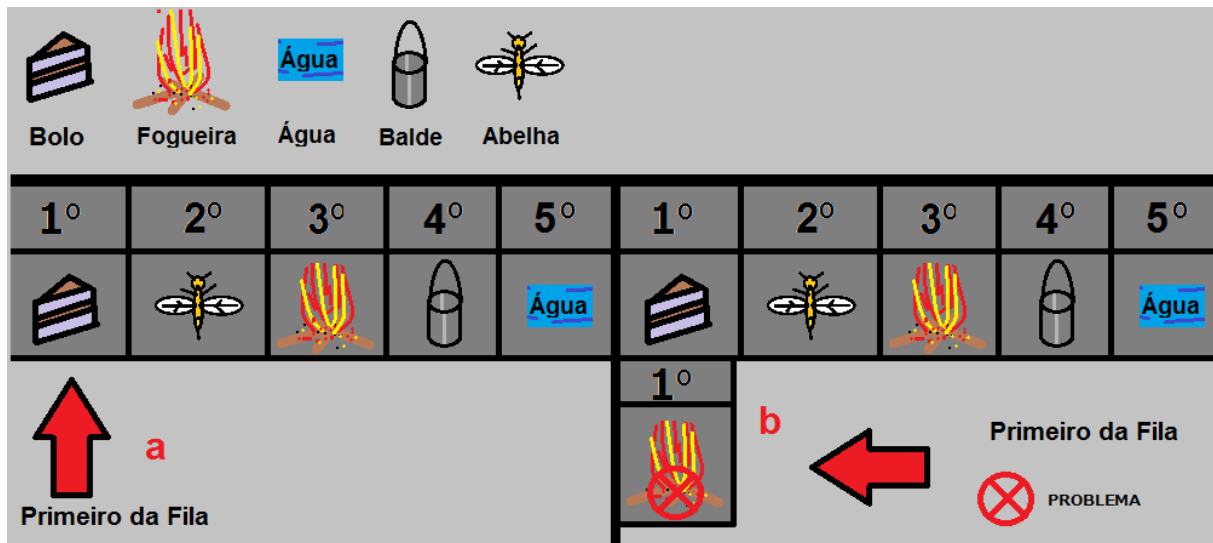


Figura 5.22: Organização da Fila de Prioridades do módulo Fila de Prioridades.

Cena e o Estado Emocional AG/OB/EV acabam por subsidiar o uso de uma lógica específica ou mesmo o cálculo do custo de uma determinada ação em termos de Emoções envolvidas e do posicionamento espacial dos elementos da Cena. A Figura 5.24 mostra um exemplo onde um Agente Emocional gosta de um pedaço de bolo (Figura 5.24 (a)), porém, o caminho mais curto até este objeto está tomado por abelhas (Figura 5.24 (b)) que provocam Medo fazendo o custo do caminho mais longo (Figura 5.24 (c)) ser mais favorável. A escolha do melhor custo acaba por ser basicamente o resultado da soma de valores Emocionais positivos como a Felicidade e da subtração de Negativos como o Medo. Neste sentido, a Raiva pode ou não se polarizar em positivo ou negativo, dependendo do alvo do cálculo do custo caso seja um inimigo ou um objeto de desejo. Assim, este módulo é o responsável por determinada ação que o Agente Emocional irá executar em relação a um único e determinado Agente/Objeto/Evento recebido do módulo Fila de Prioridades.

Os diferentes módulos internos especializados são Lógica Padrão, Lógica Objetivo e Lógica Problema onde o fator determinante de qual módulo será o responsável pela reação do Agente Emocional é se o foco da atenção passou ou não pelo Filtro Objetivo ou Filtro Problema do módulo externo Atenção.

O módulo interno Lógica Padrão é o responsável pelo comportamento reativo e explorador do Agente Emocional e está relacionado com comportamentos mais simples e instintivos, como a curiosidade, já que recebe os elementos que passaram pelos módulos internos Filtro Memória, Filtro Proximidade e Filtro Relevância do módulo externo Atenção (Figura 5.25 (a)). Ao receber o Agente/Objeto/Evento do módulo externo Fila de Prioridades, serão verificados os estados emocionais AG/OB/EV e o Cena de modo a direcionar o tipo de comportamento que deverá ser selecionado do módulo interno Memória Problema/Solução do módulo externo Memória. Ao mesmo tempo é verificado junto ao módulo interno Cena, do módulo externo Atenção, se junto deste mesmo Agente/Objeto/Evento existe algum outro elemento que represente ou possa vir a representar um problema ou mesmo um impedimento para a execução da solução encontrada na memória. Caso positivo tem-se a marcação do status de problema junto a estes elementos permitindo a estes a passagem pelo filtro problema no módulo externo Atenção e em seguida

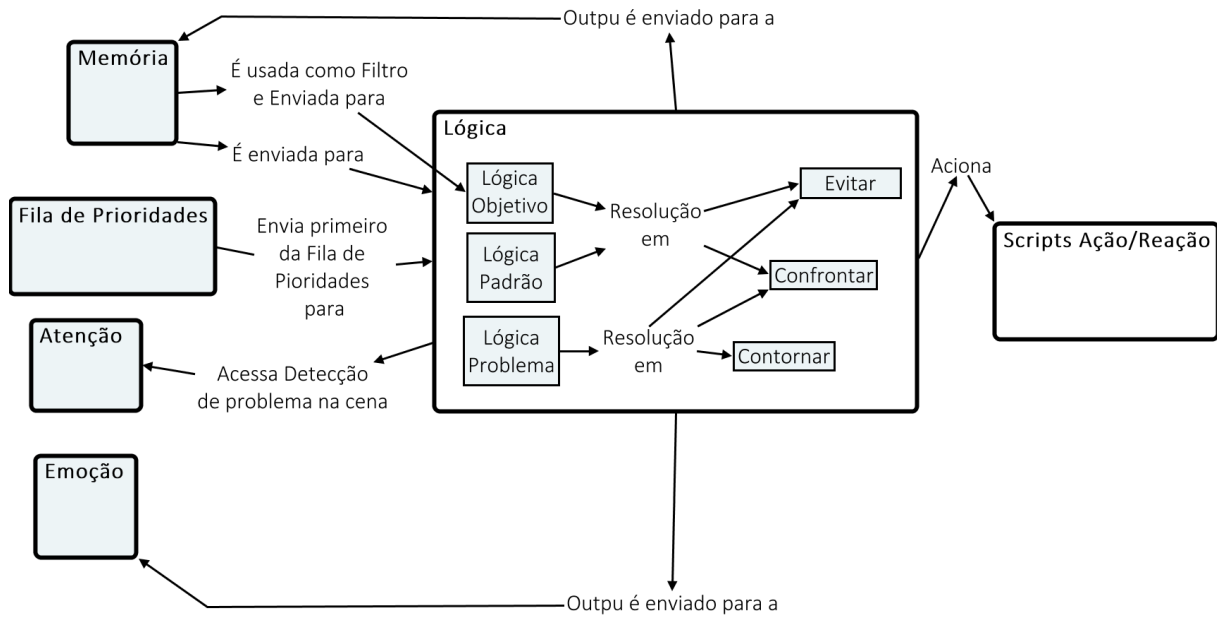


Figura 5.23: Detalhamento do módulo Lógica.

ser executado o módulo interno Lógica Problema no módulo Lógica.

O módulo interno Lógica Objetivo recebe os elementos que passaram pelo módulo interno Filtro Objetivo (Figura 5.25 (b)), do módulo externo Atenção, e pelo módulo Interno Memória Objetivos do módulo externo Memória. Cabe lembrar que os elementos, além do valor atrelado na saída do Filtro Objetivo, podem agregar novos valores às variáveis relativas aos estados emocionais desta caso cheguem também a passar no Filtro Memória, Filtro Proximidade ou Filtro Relevância. Diferente dos módulos internos Lógica Padrão e Lógica Problema, o Lógica Objetivo, além de ter acesso ao módulo interno Memória Problema/Solução do módulo externo Memória possui acesso ao módulo interno Memória Objetivos. Deste modo ele pode, além de receber o Agente, Objeto ou Evento do módulo Fila de Prioridades, receber diretamente qual ação deve executar sem precisar necessariamente acessar o módulo interno Memória Problema/Solução para buscar uma ação compatível. Assim pode-se, através do uso de objetivos, guiar o comportamento do Agente Emocional para ações menos intuitivas e mais específicas diferentemente dos outros módulos internos de lógica onde é apresentada uma ação mais padronizada de acordo com a lista de problemas e soluções encontrada na memória.

Exatamente como nas outras lógicas, é verificado junto ao módulo interno Cena, do módulo externo Atenção, se junto ao Agente, Objeto ou Evento existe algum outro elemento que represente ou possa vir a representar um problema, mesmo que um impedimento para a execução da solução encontrada na memória ou imposta no módulo interno Memória Objetivos. Caso positivo tem-se a marcação do status de problema junto a estes elementos, permitindo a passagem pelo filtro Problema (Figura 5.25 (c)) no módulo externo Atenção e posterior envio à fila de prioridades. Na sequência, ocorre a execução do módulo interno Lógica Problema.

O módulo interno Lógica Problema está relacionado a comportamentos mais complexos pois, diferente dos módulos internos Lógica Padrão e Lógica Objetivo, o Lógica Problema serve como um auxiliar para resolver problemas intermediários detectados entre

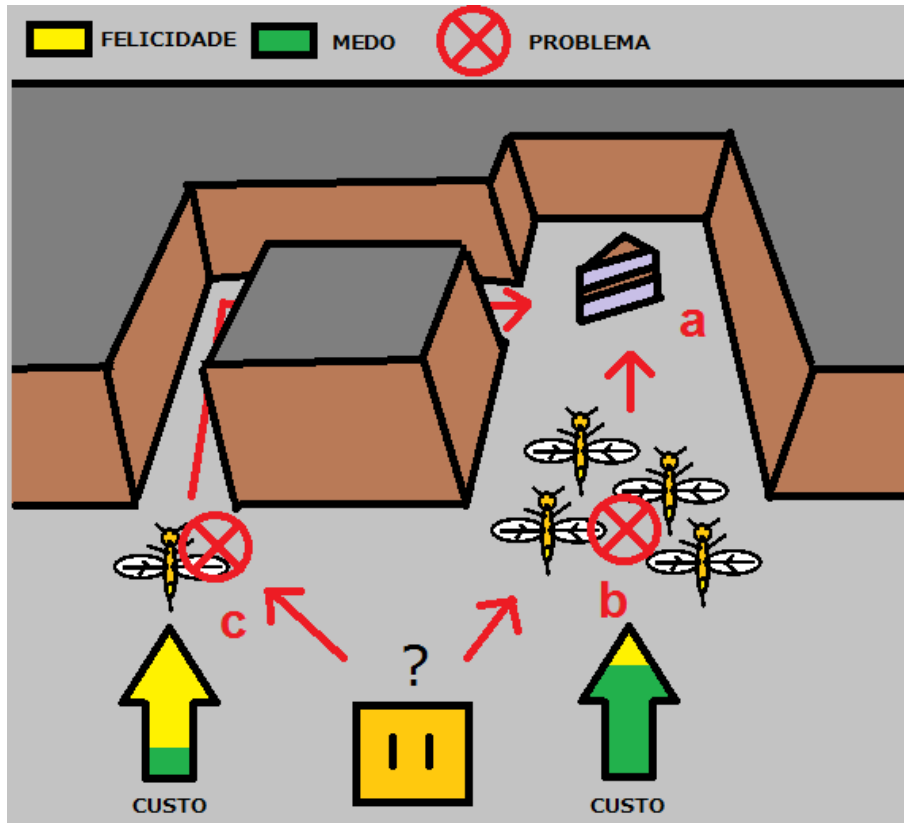


Figura 5.24: Exemplificação de problemas detectados e os respectivos custos relacionados.

o Agente/Objeto/Evento foco da atenção e um elemento que esteja impedido a concretização de uma Ação. Na Figura 5.26 tem-se como exemplo uma Abelha impedindo o Agente Emocional de alcançar um pedaço de Bolo, fazendo com que ele pegue o martelo para solucionar este problema, de acordo com resolução localizada em memória. Por este motivo, geralmente a Lógica Problema será executada como suporte após o uso das outras lógicas para servir de passo intermediário e resolver os obstáculos até que se possa retomar o fluxo natural entre os módulos. Apesar de já estar em execução, não deixa de ser verificado novamente se junto do Agente/Objeto/Evento e do problema detectado existe algum outro elemento que represente ou possa vir a representar um novo problema ou impedimento para a execução da solução encontrada na memória. Caso positivo são marcados novos problemas junto a estes novos elementos que, quando passarem pelo filtro problema, retorna a execução do módulo interno Lógica Problema. Assim, o Agente Emocional pode encadear a resolução de problemas complexos em problemas interdependentes e de fácil localização de uma solução junto a memória.

Além da especialização quanto ao tipo de lógica envolvida no comportamento do Agente Emocional, as ações resultantes também são divididas em grupos específicos de possibilidades que estão localizadas nos módulos internos Confrontar, Evitar e Contornar.

O módulo interno Confrontar esta ligado aos módulos Lógica Padrão, Lógica Objetivo e Lógica Problema, já que envolve comportamento de resolução de problema e interação com Agentes, Objetos e Eventos. O exemplo da Figura 5.27 demonstra uma ação típica do módulo Confrontar, onde o Agente Emocional se aproxima de um inimigo para atacar. Apesar do nome, confrontar não necessariamente indica conflito pois toda ação que

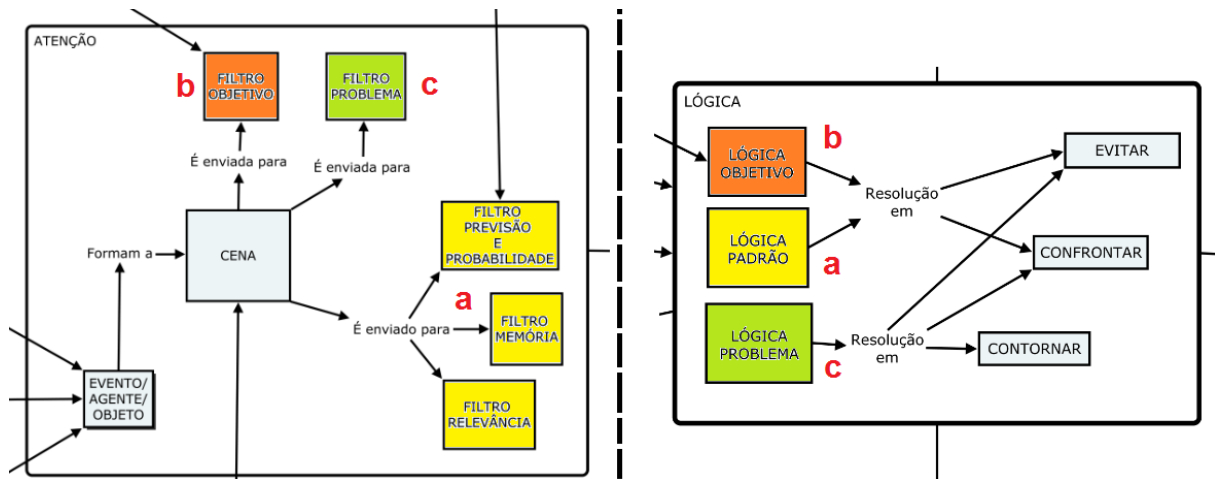


Figura 5.25: Relação entre os filtros do módulo Atenção e os diferentes tipos de lógicas do módulo Lógica.

encontre sua finalidade, seja ela consumir um alimento ou abrir uma porta, é uma ação de confronto direcionada a se alcançar uma solução.

O módulo interno Evitar também está ligado aos módulos Lógica Padrão, Lógica Objetivo e Lógica Problema e é responsável pelo comportamento de precaução e fuga diante de um perigo iminente. O exemplo da Figura 5.28 demonstra uma ação típica do módulo Evitar onde o Agente Emocional se afasta de um inimigo para fugir ou evitar contato. Quando acionado através do módulo interno Lógica Objetivo, significa que, ou o objetivo em si é evitar/fugir de determinado Agente/Objeto/Evento, ou ele não pôde ser alcançado, gerando assim, um novo tipo de problema no qual se deve buscar uma solução junto a memória. Quando acionado através da Lógica Padrão, o Agente Emocional terá apenas de evitar ou fugir de elementos que imponham perigo, já que esta lógica é utilizada quando o Agente não tem objetivos explícitos. Em situações mais complexas, pode ocorrer que elementos adicionais na Cena sejam marcados como problemas caso a Emoção atrelada ao perigo inicial seja maior que a Emoção atrelada aos elementos adicionais. Quando acionado através da Lógica Problema, a ação de evitar normalmente significa buscar outros problemas que envolvam alcançar o objetivo uma vez que, por alguma razão, o problema atual deve ser abandonado.

O módulo interno Contornar, ao contrário dos anteriores, está ligado somente ao módulo interno Lógica Problema, já que uma das soluções para superar um determinado entrave seria contornar o mesmo evitando o confronto e, ao mesmo tempo, a fuga. O exemplo da Figura 5.29 demonstra uma ação típica do módulo Contornar onde o Agente Emocional contorna um inimigo marcado como problema para poder alcançar o objetivo, ou seja, o pedaço de Bolo. Nestes casos, antes de tentar resolver o problema existente, o Agente Emocional busca soluções que envolvam menos ações e que sejam menos perigosas ou dispendiosas de recursos, a depender do jogo, como no caso de, ao achar uma porta trancada, tentar dar a volta na parede antes de tentar abrí-la.

Existe, de certo modo, uma hierarquia entre os diferentes grupos de Ações dependendo de qual lógica esteja sendo utilizada onde, no caso da Lógica Problema, a tendência é sempre de tentar contornar um determinado problema, caso este que, a partir da impossibilidade de execução, inicia-se o confronto do mesmo e, na ocasião desta ser uma

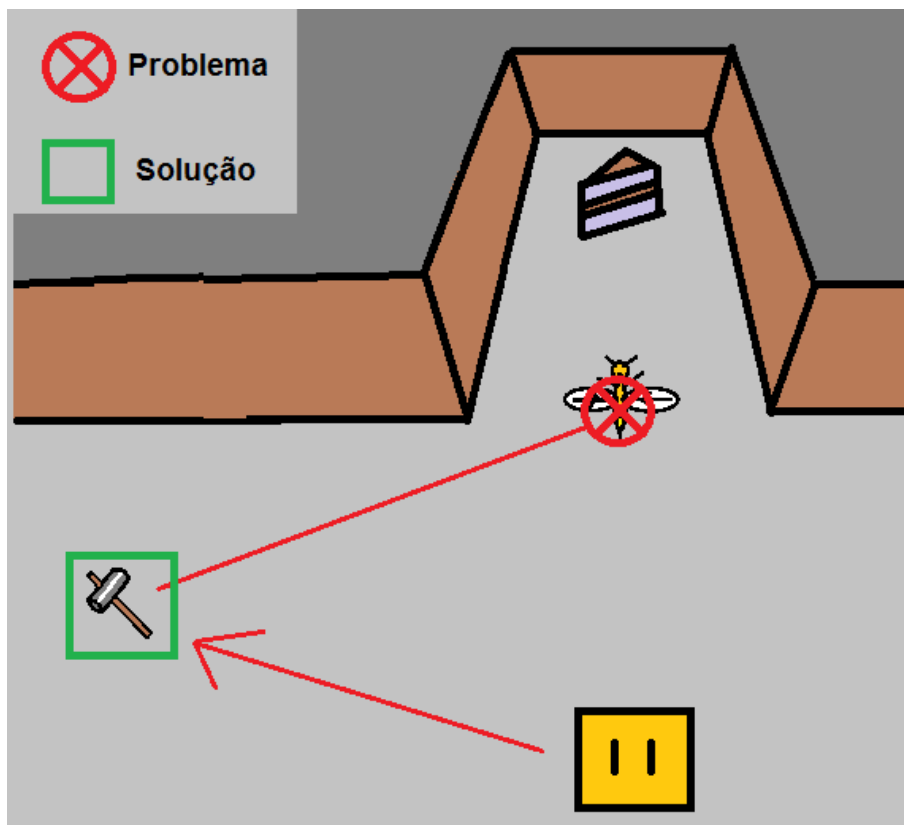


Figura 5.26: Exemplo simples de resolução de problema.

impossibilidade, finalmente este problema passa a ser evitado. Quanto a Lógica Objetivo e Lógica Padrão, a principal diferença é que para esta última, caso o custo não justifique os ganhos em relação aos estados emocionais, passa a dar preferência a evitar o elemento em questão. Deve-se levar em consideração, no uso de diferentes lógicas e grupos de ações, a noção de custo, de modo que um valor positivo significa que o confronto é vantajoso ao contrário de um valor negativo que implicará em evita-lo.

5.4.2 Módulo Scripts Ação/Reação

O módulo Scripts Ação/Reação (Figura 5.30) é nada mais que a tradução da lógica selecionada no módulo externo Lógica para a execução dos passos e ações selecionados através da execução direta de funções, scripts e outros elementos particulares ao projeto de Agente Emocional em questão. Assim como em outros tipos de modelos de Agentes, tem-se grupos de funções e scripts responsáveis pelas ações do Agente Emocional no ambiente através dos Atuadores. As funções e scripts dividem-se em vários códigos com funções específicas a exemplo de como o Agente vai se movimentar, fazer determinadas ações e como será feita a animação do personagem seja ela por desenhos em sprites ou objetos 3D. Este é o módulo mais aberto e depende exclusivamente de escolhas como plataforma em que o jogo esta sendo desenvolvido, linguagem de programação utilizada no desenvolvimento e estilo de jogo selecionado.

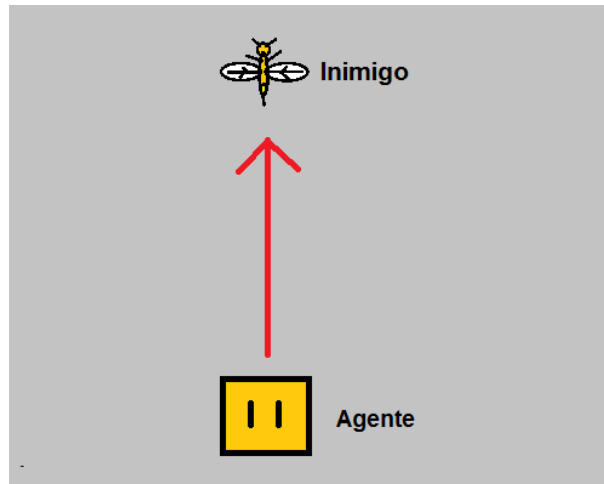


Figura 5.27: Exemplo de Ação do módulo interno Confrontar.

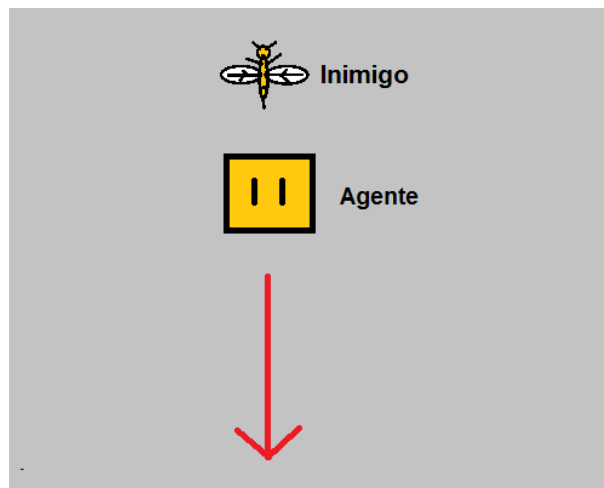


Figura 5.28: Exemplo de Ação do módulo interno Evitar.

5.4.3 Exemplificação

Para facilitar a exemplificação dos módulos Lógica e Scripts Ação/Reação, agrupados por proximidade funcional, a Figura 5.31 foi utilizada para demonstrar o funcionamento destes onde coloca-se em prática o funcionamento do planejamento por parte da lógica problema. Neste exemplo, quando o Agente Emocional detecta uma Fogueira (Figura 5.31 (b)) bloqueando o caminho do seu objetivo, o Bolo (Figura 5.31 (a)), marca a Fogueira como problema (Figura 5.31 (c)) e trata de localizar a solução indicada em memória (Figura 5.31 (d)), a Água. Entretanto, surge um novo problema (Figura 5.31 (e)) pois a solução encontrada necessita de outro elemento como condição necessária para poder ser posta em prática (Figura 5.31 (f)), ou seja, o Balde. Porém, perto do Balde existe uma Abelha Inimiga (Figura 5.31 (g)) servindo como empecilho para o Agente Emocional que, ao marcar a Abelha com o status de problema (Figura 5.31 (h)), pode então contorná-la. Assim, o Agente é capaz de desviar da Abelha, pegar o Balde, coletar a Água e só então apagar a Fogueira para, enfim, conseguir pegar o Bolo.

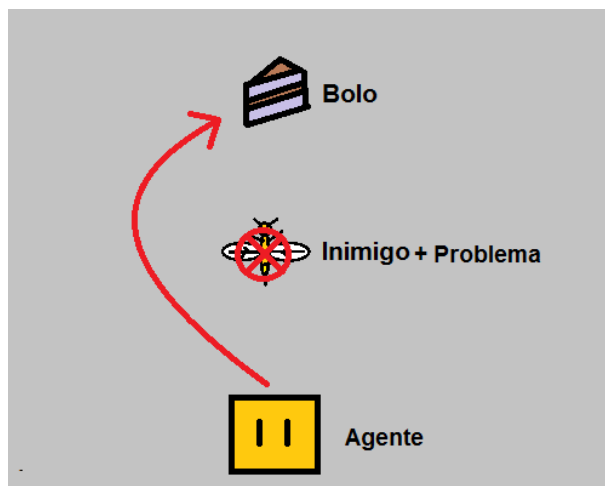


Figura 5.29: Exemplo de Ação do módulo interno Contornar.

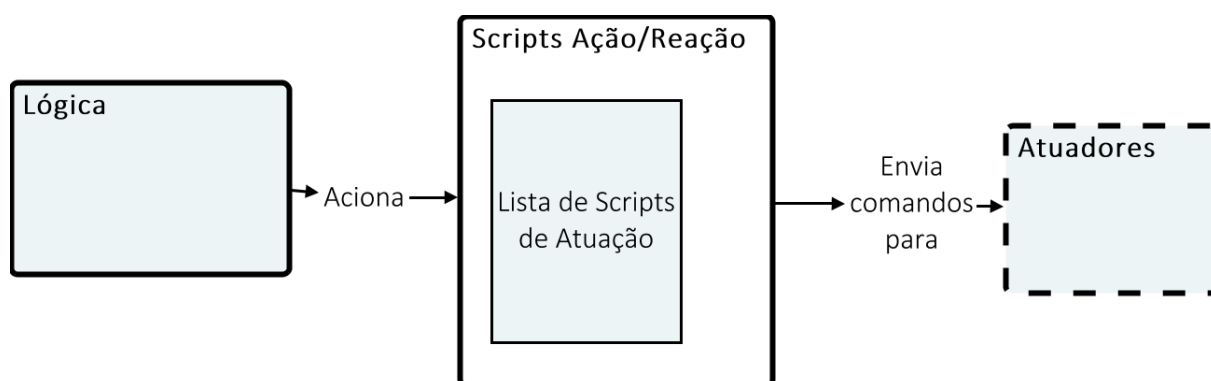


Figura 5.30: Detalhamento do módulo Scripts Ação/Reação.

5.5 Módulos da Arquitetura – Modelo Detalhado

Com a junção de todos os módulos descritos anteriormente, pode-se observar uma visão mais detalhada das interconexões, como mostrado na Figura 5.32, que são cruciais para o funcionamento do Agente Emocional.

Este modelo de Agente Emocional trata de uma opção viável onde, no comparativo com os trabalhos correlatos abordados, demonstra um foco na avaliação de ambientes com diversidade de Agentes, Objetos e Eventos com ou sem conhecimento prévio por parte do Agente. A avaliação é feita tanto individualmente quanto considerando o conjunto de elementos do ambiente para propiciar um comportamento mais próximo do esperado por um ser humano.

5.6 Análise Comparativa do Modelo Proposto

A Tabela 5.1 refere-se a análise comparativa entre os modelos correlatos de agentes emocionais apresentados anteriormente e o modelo proposto nesta monografia de acordo com variados quesitos com o propósito de destacar as peculiaridades e diferenças do modelo.

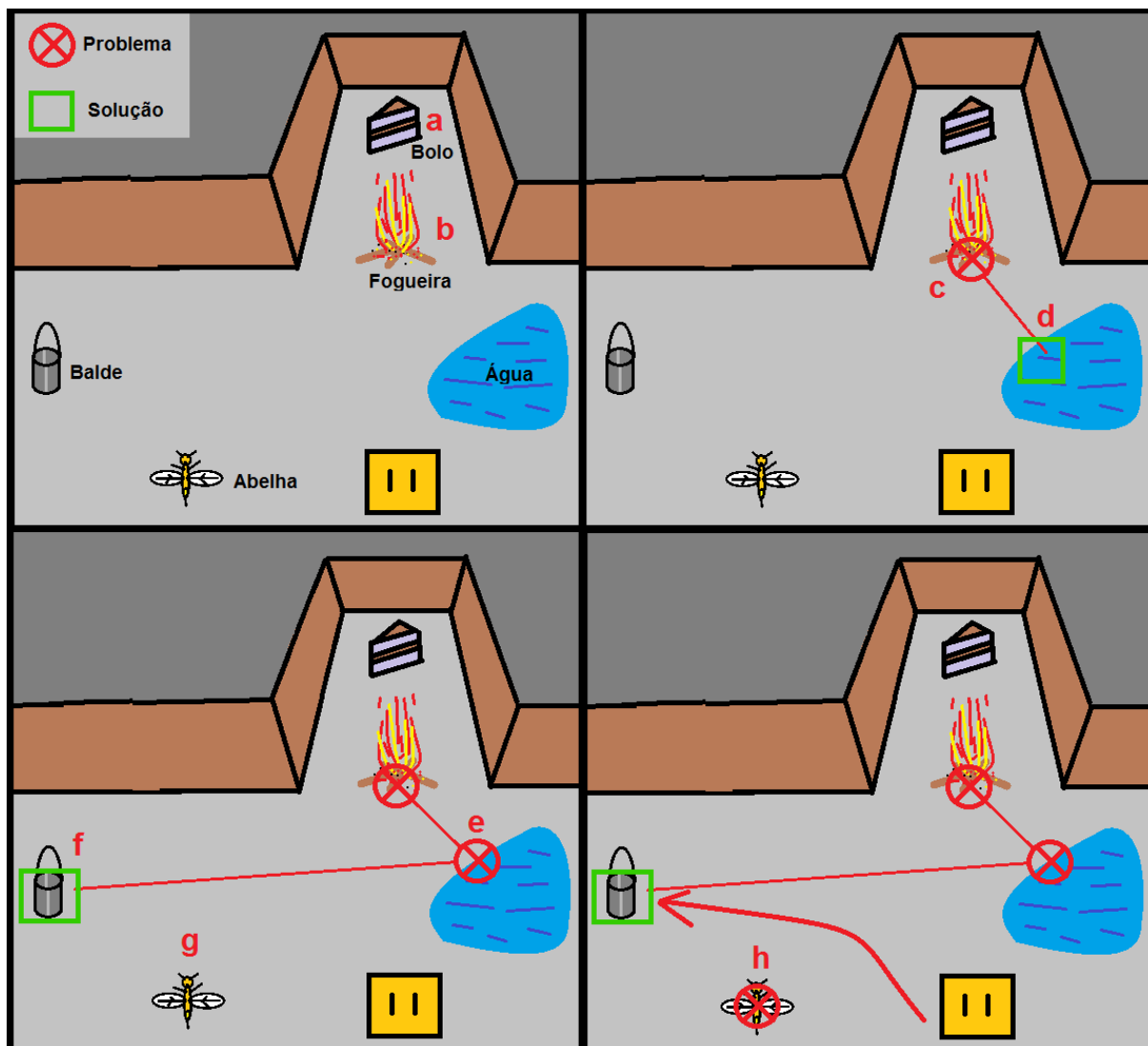


Figura 5.31: Resolução de problema complexo através do desmembramento em problemas de fácil localização de uma solução junto a memória.

De forma similar a avaliação dos modelos correlatos, na avaliação do modelo proposto de Agente Emocional foram levados em consideração os seguintes quesitos :

- Elementos do modelo OCC: neste quesito é avaliado se a proposta possui elementos do modelo OCC, como tratamento distinto para eventos, agentes e objetos, assim como algumas das emoções relacionadas a estes elementos. Pode-se dizer então que o modelo proposto neste Projeto de Licenciatura possui elementos desta abordagem já que faz este tratamento distinto de acordo com a entrada recebida pelo sistema.
- Elementos do modelo BDI: se a proposta possui implementado elementos do modelo BDI como os módulos relativos à crença, desejo e intenção, assim como a estrutura lógica de planejamento de metas. Apesar do modelo proposto possuir funcionalmente algumas destas características a partir da interação de módulos especializados com funções distintas, ele não segue as especificações do modelo BDI no que se refere a crença, desejo e planejamento de metas.

- Emoções de Expectativa: se o agente, além da carga emocional ocasionada por um evento em si, pode gerar emoções anteriores e posteriores relacionadas a este evento de modo a mimetizar um comportamento relacionado às emoções como medo, esperança, satisfação, insatisfação, alívio e desapontamento. Neste quesito o modelo proposto possui o tratamento emocional para este tipo de abordagem através do uso do módulo que faz o tratamento e armazenamento da memória em conjunto com o módulo de tratamento de emoções.
- Aprendizado: se o agente possui a capacidade de aprender com os eventos passados permitindo novos comportamentos e evitando perigos até então desconhecidos. O modelo proposto possui a capacidade de aprendizado incorporada ao Agente Emocional através do uso do módulo memória.
- Planejamento: a capacidade de planejar sequências de ações que um agente pode executar para alcançar um ou mais intenções. Planos podem incluir outros planos, ou seja, os planos são inicialmente concebidos apenas parcialmente, com detalhes sendo preenchido à medida que progredem. O modelo proposto neste projeto de licenciatura possui a capacidade de planejar sequências de ações para alcançar um ou mais intenções de acordo com a ordem de prioridade do módulo fila de prioridades e posteriores problemas detectados na execução do curso de uma ação.
- Lógica Simbólica: descrição de regras, tratamento de informação e representação de agentes, objetos e eventos através de conjuntos de operadores lógicos. O modelo proposto de Agente Emocional não possui explicitamente descrição de regras através de conjuntos de operadores lógicos, porém, pode possuir uma correlação dentre o conjunto de agentes, objetos, eventos em uma cena e uma descrição contextual formalmente estruturada utilizando-se de operadores lógico-aritméticos.
- Lógica Numérica: descrição de regras, tratamento de informação e representação de agentes, objetos e eventos através de funções e operações matemáticas de modo a permitir uma execução performática. O modelo proposto possui descrição de regras através de funções e operações matemáticas permitindo uma execução performática onde atributos como importância e emoção são descritos através de valores numéricos e conjuntos de funções.
- Características Emocionais Individuais: a possibilidade de avaliação emocional diversa dentre diferentes agentes diante de um mesmo evento externo de acordo com diferentes graus de susceptibilidade e geração de estados emocionais por parte dos agentes. O modelo proposto neste projeto de licenciatura possui a capacidade de avaliação emocional diversa dentre diferentes agentes da mesma classe diante de um mesmo evento externo possibilitando, assim, reações divergentes diante de um mesmo estímulo de acordo com o conhecimento e regras aprendidas pelo agente.
- Sistema Multiagente: se a proposta do agente emocional possui elementos que permitam interação com outros agentes, sejam eles iguais ao modelo ou não. O modelo proposto possui elementos que permitam interação com outros agentes devido ao tratamento das informações provenientes do ambiente externo em conjunto com o armazenamento em memória.

- Reflexo Emocional Corporal: a capacidade de resposta “orgânica”, “visceral”, por parte do corpo do agente. O modelo proposto neste projeto de licenciatura possui elementos que permitam uma resposta “orgânica” por parte do agente através do módulo Estados Internos.
- Avaliação Emocional em Ambientes Complexos Multiagentes: além da avaliação emocional individual, assim como demais relações individuais com agentes, objetos e eventos, a capacidade de agregação de valor emocional baseada em ambientes multiagentes complexos de acordo com o conjunto de agentes, objetos e eventos constituintes do cenário ou cena exterior detectados pelo agente emocional.

No modelo proposto neste projeto de licenciatura, a capacidade de agregação de valor emocional baseada em ambientes multiagentes complexos é um diferencial. Diferencial este que no processo de avaliação do ambiente externo ao agente, proporciona comportamentos mais complexos e compatíveis com o esperado de um ser humano já que o conjunto de emoções atreladas aos diferentes elementos do ambiente externo ao agente são mutuamente considerados.

- Flexibilidade: representa a flexibilidade e versatilidade geral dos modelos que foi calculada levando-se em conta a existência de elementos como aprendizado, planejamento, características emocionais distintas dentre diferentes agentes, performance de execução em ambientes complexos, capacidade de interação entre diferentes agentes, resposta emocional fisicamente observável e capacidade de avaliar o conjunto de elementos de um ambiente complexo de modo a considerar a influência temporal e espacial das emoções entre os agentes, objetos e eventos. Para cada um destes elementos foi atribuído 1 ponto para a presença total ou parcial nos modelos abordados onde um valor total inferior ou igual a 3 rende uma flexibilidade baixa, de 4 a 5 rende uma flexibilidade média e superior a 5 rende uma flexibilidade alta.

Através do aproveitamento de pesquisas em psicologia humana, foi apresentado um modelo de Agente Emocional, assim como seus diferentes módulos e interconexões, que tem como um de seus diferenciais a avaliação da informação externa tanto de forma individualizada como considerando os diferentes elementos do ambiente.

Número de Referência do Modelo:	Trabalho Correlato:	Elementos do modelo do modelo OCC:	Elementos do modelo do modelo BDI:	Emoções de Expectativa:	Aprendizado:	Planejamento:	Lógica Simbólica:	Lógica Numérica:	Características Emocionais Individuais:	Sistema Multiagente:	Reflexo Emocional Corporal:	Avaliação Emocional em Ambientes Complexos Multiagentes	Flexibilidade:
1	There's Always Hope: Enhancing Agent Believability through Expectation-Based Emotions	NÃO	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	MÉDIA
2	A Model of Emotional Agent Based on Granular Computing	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	BAIXA
3	The Construction of an Emotion Model of Agent Based on the OCC Model	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	MÉDIA
4	Design and implementation of GEmA: A generic emotional agent.	SIM	NÃO	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	MÉDIA
5	A Model of Emotions for Situated Agents	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	BAIXA
6	Cybernetics based model of forces with genotypes	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	BAIXA
7	Emotion modeling for intelligent agents – Towards a unifying framework	PARCIAL	PARCIAL	PARCIAL	PARCIAL	PARCIAL	PARCIAL	PARCIAL	SIM	SIM	SIM	NÃO	ALTA
8	A New Approach to Modeling Emotions and Their Use on a Decision-Making System for Artificial Agents	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	NÃO	SIM	PARCIAL	SIM	SIM	NÃO	ALTA
-	MODELO PROPOSTO	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	ALTA

Tabela 5.1: Tabela comparativa dos modelos correlatos abordados e do modelo da proposta de Agente Emocional.

Capítulo 6

Implementação do Protótipo

Quanto à aplicabilidade do modelo, foi implementado um protótipo básico utilizando a ferramenta de desenvolvimento de jogos Unity 3D [70] onde criou-se uma série de scripts (Figura 6.1 (a)) representando, parcialmente, cada um dos módulos (Figura 6.1 (b)) do modelo de Agente Emocional proposto.

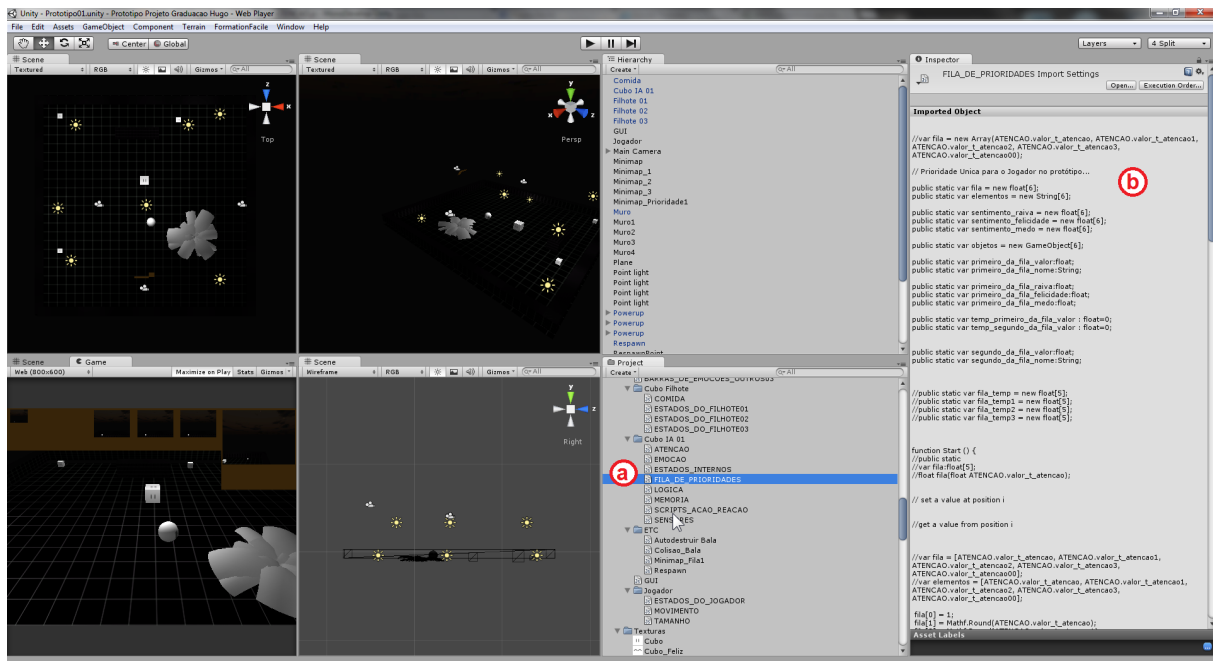


Figura 6.1: Tela do programa Unity 3D.

A implementação abrangeu total ou parcialmente a lógica dos seguintes módulos:

- Módulo Memória: somente os elementos relativos a Memória Agentes e Memória Objetos foram implementados.
- Módulo Emoção: foram desenvolvidos os elementos relativos ao estado emocional Atual e ao estado emocional Natural, assim como as Emoções Raiva, Medo e Felicidade.
- Módulo Estados Internos: foram codificados alguns de seus elementos básicos como Dor e Fome.

- Módulo Atenção: foi implementado o Filtro de Relevância, assim como a agregação do Estado Emocional Cena a partir da composição espacial dos elementos da Cena.
- Módulo Fila de Prioridades: os elementos da Cena são organizados por ordem de importância de acordo com a avaliação no módulo Atenção.
- Módulo Lógica: foram implementadas as lógicas responsáveis pelos comportamentos de Confrontar e Evitar associados à Lógica Padrão.
- Módulo Scripts Ação/Reação: conjunto de funções responsáveis pela execução das ações no ambiente do Unity 3D.

Este protótipo trata de uma simulação envolvendo um Agente Emocional (Figura 6.2 (a)), um Jogador (Figura 6.2 (b)) e elementos dos quais o Agente possui estado emocional associado podendo ser Raiva, Medo ou Felicidade. Estes elementos estáticos (Figura 6.2 (c), (d), (e) e (f)) influenciam tanto o Jogador quanto o Agente sendo que todas as representações de estados Emocionais são exemplificações dos estados internos do Agente Emocional (Figura 6.2 (a)).

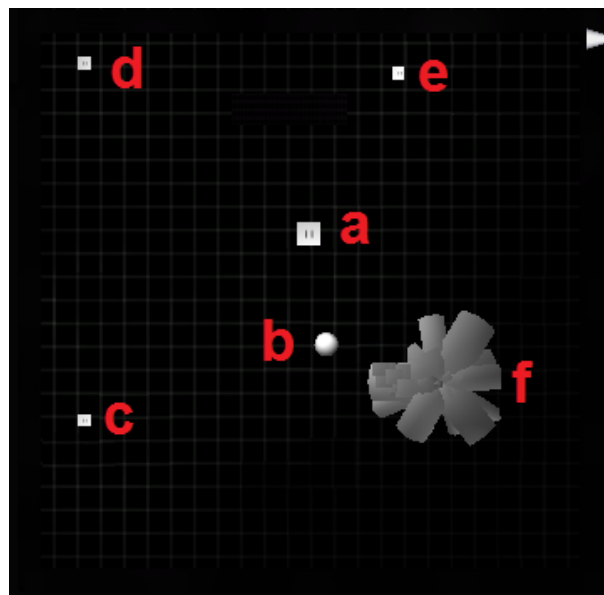


Figura 6.2: Elementos da cena.

A tela é dividida em duas partes básicas onde, na parte superior, é exibido um painel com uma série de informações quanto a localização dos elementos da cena (Figura 6.3 (f), (g), (h) e (i)), valor Emocional associado aos elementos da cena (Figura 6.3 (c), (d) e (e)), valor emocional do Agente (Figura 6.3 (a)) e legenda destes valores emocionais (Figura 6.3 (i)). A posição inicial da fila de prioridades (Figura 6.3 (j)) também faz parte do painel, sendo a única exceção o valor Emocional associado ao Jogador por parte do Agente Emocional (Figura 6.3 (b)) que está localizado na parte inferior da tela.

Tanto o Jogador quanto o Agente, além de poderem se locomover livremente, possuem valores de "ataque" que servem de base para o cálculo do medo do agente, valor este que pode ser incrementado através da coleta de item específico (Figura 6.3 (m)) presente no cenário.

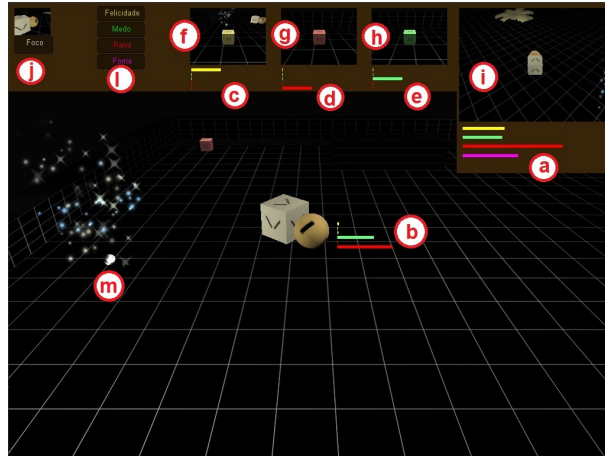


Figura 6.3: Painel Informativo.

Ao iniciar a simulação, como exemplificação, o agente emocional (Figura 6.4 (b)) parte para atacar o elemento da cena (Figura 6.4 (a)) ao qual está associado a emoção de Raiva. Caso o Jogador colete o item (Figura 6.1 (m)) que aumente o valor de ataque, o agente interromperá o ataque e passará a fugir do Jogador (Figura 6.5 (a)) devido ao Medo sobrepujar as outras emoções (Figura 6.5 (c)), fazendo com que o foco da atenção (Figura 6.5 (b)) seja o Jogador.

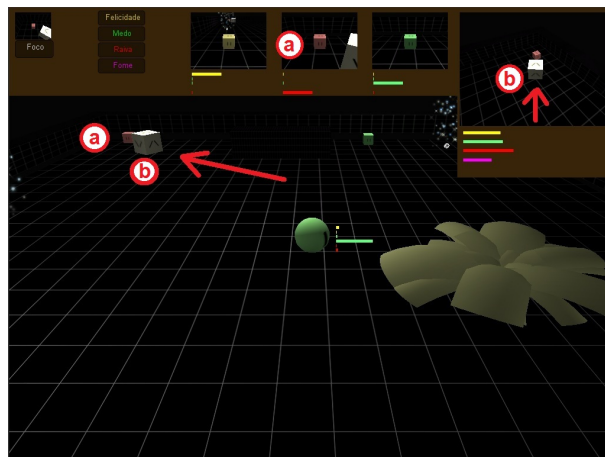


Figura 6.4: Início da simulação.

O Jogador pode também disparar projéteis causando dano com intensidade igual ao seu poder de ataque e o agente, ao receber este ataque, acaba por incrementar o estado emocional de raiva em igual proporção. Conseqüentemente, quando em estado de raiva (Figura 6.6 (c)), a tendência é o agente perseguir o Jogador (Figura 6.6 (a) e (d)) mantendo o foco da atenção fixo no alvo desta emoção (Figura 6.6 (b)). Porém, predominando o medo, a tendência passa a ser a de fuga.

Devido a implementação parcial da fila de prioridades (Figura 6.7 (c)), o agente emocional (Figura 6.7 (a)) é capaz de ignorar o medo (Figura 6.7 (b)) que sente do Jogador caso surja algum elemento com valor de importância superior como a fome (Figura 6.7 (d)) que o agente sente pelo alimento (Figura 6.7 (e)). Este comportamento também pode

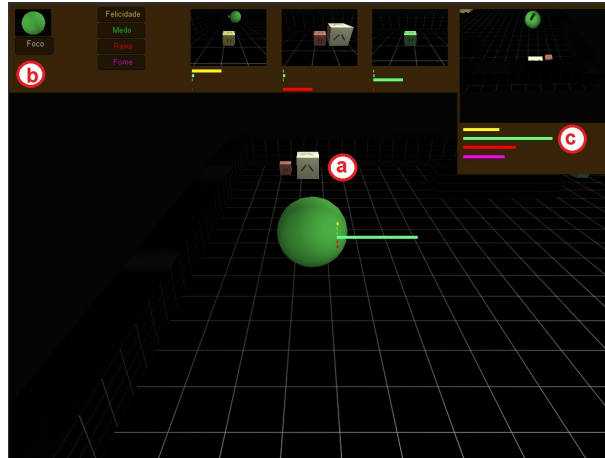


Figura 6.5: Mudança do foco da Atenção do Agente Emocional.

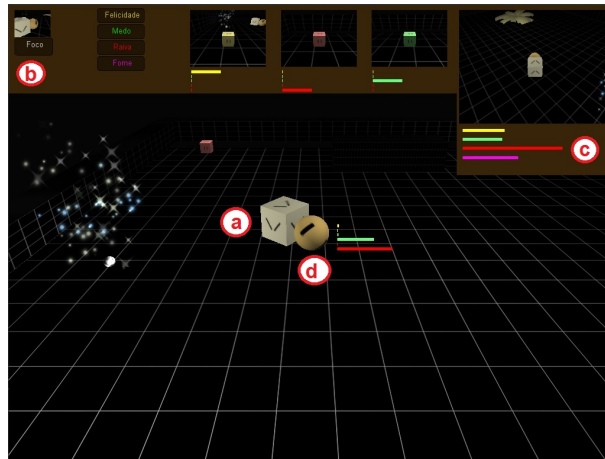


Figura 6.6: Comportamento de perseguição.

ser observado quando o agente (Figura 6.8 (a)) se aproxima de outros elementos da cena (Figura 6.8 (c)) e é influenciado por eles, passando a ignorar o Jogador (Figura 6.8 (d)) e a manter o foco da atenção fixo no elemento de maior importância (Figura 6.8 (b)).

6.1 Outros Cenários

Para efeito de comparação, é exemplificado o comportamento de Agentes em alguns dos principais jogos de entretenimento e como seria este mesmo comportamento se fosse aplicado o modelo proposto neste trabalho.

Separando o exemplo do jogo *Crysis*, onde um inimigo investiga um barril de combustível pegando fogo que foi lançado próximo pelo jogador e, como consequência, o barril explode ferindo o Agente. Aqui tem-se um comportamento investigativo ativado pelo som do barril quando ele atinge o solo, porém, o Agente não leva em conta que o barril está pegando fogo e nem que ele pode explodir, o que causa uma incoerência quanto ao comportamento observado (Figura 6.9). Utilizando a proposta do agente emocional teria-se o seguinte: o Agente percebe, através do módulo Sensores, o som do barril ao tocar o

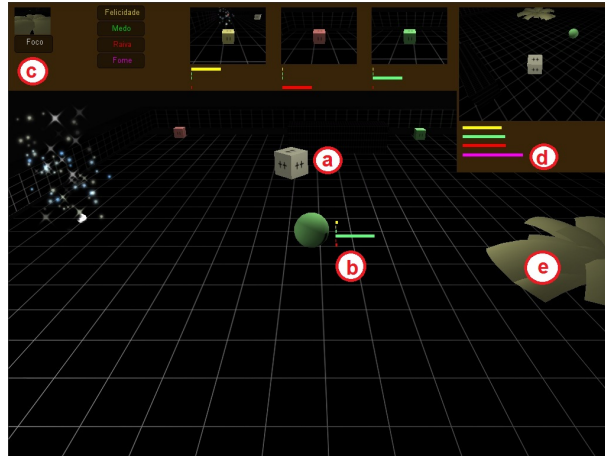


Figura 6.7: Mudança de valor de prioridade do agente emocional.

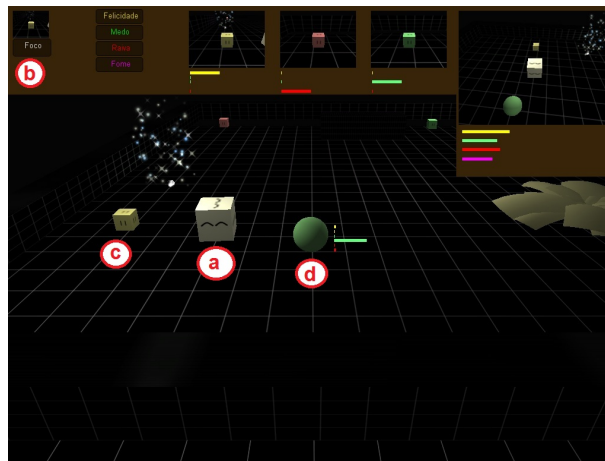


Figura 6.8: Nova mudança de valor de prioridade do agente emocional.

chão e o módulo Atenção define baseado no módulo Memória se este som é digno de atenção e produção de um comportamento investigativo através do módulo Lógica. Ao perceber a presença de fogo no objeto barril o módulo Memória associa o fogo à entrada preexistente do fogo armazenada e utilizaria o estado mental associado a esta entrada, no caso o Medo, para influenciar o Estado Emocional Atual do agente no módulo Emoção. O Estado Emocional Cena associado ao barril também é diretamente influenciado pelo estado emocional associado ao fogo onde o barril passaria também a influenciar o Estado Emocional Atual do agente emocional. Com o acréscimo do medo, a tendência é de evitar ou contornar o barril dependendo da situação e dos objetivos atribuídos ao agente e caso o agente emocional já tenha presenciado um barril em chamas explodir, o medo da explosão também influenciará retroativamente a emoção associada ao senso comum de um barril em chamas. Assim, o Agente será capaz de associar as chamas do barril com a posterior explosão, realizando um aprendizado baseado na observação.

No jogo *Homefront* (Figura 6.10), com custo de produção estimado entre 35 e 50 milhões de dólares [56], é visto outro tipo de comportamento problemático por parte dos agentes onde um aliado do jogador entra diretamente na linha de tiro. Aparentemente o agente não leva em consideração a linha de tiro do jogador e nem considera perigoso ficar



Figura 6.9: Comportamento investigativo no jogo *Crysis*.

na frente de uma arma que esteja atirando.



Figura 6.10: NPC aliado entra na linha de tiro do jogador no jogo *Homefront*.

Utilizando mais uma vez a proposta de agente emocional deste trabalho, teria-se o seguinte: o agente percebe, através do módulo Sensores a presença do jogador e a direção em que a arma estaria apontada. Ao perceber a linha de tiro da arma o módulo Memória associa esta linha à entrada preexistente de linha de tiro e disparos armazenados e utiliza os estados mentais associados a esta entrada, no caso o medo e a raiva, para influenciar o Estado Emocional Atual do agente no módulo Emoção. Com um acréscimo do medo, a tendência é de se evitar ou contornar a linha de tiro dependendo da situação e dos objetivos atribuídos ao agente. O acréscimo da raiva também pode fazer o agente reagir de forma agressiva ao ser apontado com uma arma pelo jogador.

É claro que o comportamento destes Agentes poderia ser corrigido com a intervenção do desenvolvedor ao acrescentar um tratamento para estas situações em específico, porém, fica evidente a ausência de um sistema que seja consistente ao ponto de fazer o tratamento de eventos como os descritos acima. Com os custos de tempo, desenvolvimento e dinheiro na produção de um jogo, sanar cada situação divergente em um cenário onde a quantidade destas situações tender a crescer, com o aumento da complexidade dos recentes lançamentos, pode ser bastante trabalhoso. Assim, a proposta do Agente Emocional surge como uma das alternativas para minimizar esta situação.

Capítulo 7

Conclusão e Trabalhos Futuros

7.1 Implicações dos resultados encontrados

O objetivo deste trabalho foi propor um modelo de lógica emocional baseado em estudos existentes da psicologia humana a fim de subsidiar a construção de um modelo computacional de um Agente em jogos eletrônicos. Modelo este que permita o desenvolvimento de Agentes Inteligentes com capacidade de emoção, aprendizado e planejamento assim como verificar a aplicabilidade em um protótipo de jogo. Esta viabilidade foi demonstrada, mesmo que de forma simples, através da construção de um protótipo utilizando especificações do modelo de Agente proposto onde foram levados em consideração os estados mentais de Raiva, Medo e Felicidade assim como sua interação com o jogador exemplificando uma aplicação real em um jogo.

É verdade que, em um nível básico, a execução do protótipo não pareça tão diferente do que geralmente é observado em um jogo comercial, porém, para projetos mais sofisticados, como no exemplo do jogo *Homefront* ou mesmo no *Crysis*, a diferença tenderia a crescer. Crescimento este devido ao uso de estados emocionais baseados em uma teoria de mente emocional contrapondo as regras e comportamentos fixos dos jogos apresentados. Devido a complexidade envolvida no modelo proposto, para projetos de jogos mais simples onde tem-se o uso de Agentes com um conjunto menor de ações possíveis a proposta não seria recomendada pois o tempo de desenvolvimento acabaria por ser maior do que ao utilizar modelos genéricos destes mesmos Agentes. Contudo, para projetos de jogos com nível de complexidade bastante elevado, onde existem variados conjuntos de possibilidades de ação para cada Agente, o modelo proposto pode se mostrar uma alternativa a conjuntos de regras mais simples que tendem a entrar em conflito e gerar comportamentos incoerentes devido a necessidade de mapeamento de todas as possibilidades de interação.

7.2 Sugestões para trabalhos futuros

Diversas melhorias para o trabalho proposto podem ser sugeridas. Tanto na adição de novos módulos especializados quanto melhorias dos módulos existentes onde questões inicialmente planejadas acabaram ficando de fora do modelo proposto. Como exemplo podemos mencionar a capacidade de navegação, uso de linguagem simbólica e represen-

tação de conhecimento. A implementação completa do modelo da proposta em um jogo também é um ponto a se alcançar assim como a expansão do protótipo apresentado.

O modelo emocional também poderá ser aplicado em outras abordagens diferentes das de um jogo, como para controlar animais de estimação robóticos a partir da incorporação de um módulo específico para obtenção de conjuntos de coordenadas espaciais utilizando-se de processos de detecção e tratamento de imagens.

Seria interessante o uso da proposta também como base para um novo modelo de *ChatBot*, ou seja, um agente que tenta simular uma conversa inteligente com uma ou mais pessoas, através da implementação de módulos adicionais como os de linguagem simbólica e representação de conhecimento.

Referências

- [1] Annette Aboulaflaa and Liam J. Bannonb. Understanding affect in design: an outline conceptual framework. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 5(1):4–15, 2004. 10, 11, 14
- [2] Thomas Back, David B. Fogel, and Zbigniew Michalewicz. *Handbook of Evolutionary Computation 1st*. IOP Publishing Ltd. Bristol, 1997. 6
- [3] Andrzej Bargiela and Witold Pedrycz. Granular computing: An introduction. *The International Series in Engineering and Computer Science Series*, 717:452, 2003. 21
- [4] Barreto and Jorge Muniz. Conceitos básicos. <http://www.inf.ufsc.br/~barreto/IA/conceitos.htm>, 2001. Acessado em Outubro de 2012. 5
- [5] Jorge Muniz Barreto. Inteligência artificial - Época romântica. <http://www.inf.ufsc.br/~barreto/IA/historia.htm>, 2001. Acessado em Outubro de 2012. 5, 6
- [6] Tibor Bosse and Edwin Zwanenburg. *There's Always Hope: Enhancing Agent Believability through Expectation-Based Emotions*. IEEE, 2009. 2, 20
- [7] John T. Cacioppo, Wendi L. Gardner, and Gary G. Berntson. Relationship between attitudes and evaluative space: a critical review, with emphasis on the separability of positive and negative substrates. *Psychological Bulletin*, 115(3):401–423, 1994. 12, 13, 14
- [8] John T. Cacioppo, Wendi L. Gardner, and Gary G. Berntson. Beyond bipolar conceptualizations and measures: the case of attitudes and evaluative space. *Personality and Social Psychology Review*, 1:3–25, 1997. 12, 14
- [9] John T. Cacioppo, Wendi L. Gardner, and Gary G. Berntson. The affect system has parallel and integrative processing components form follows function. *Journal of Personality and Social Psychology*, 76(5):839–855, 1999. 11, 12, 14
- [10] John T. Cacioppo, Wendi L. Gardner, and Gary G. Berntson. Emotion [review]. *Annual Reviews Psychology*, 50:191–214, 1999. 11, 14
- [11] Alex J. Champanard. 18 embarrassing game ai bugs caught on tape... and fixed! <http://aigamedev.com/open/articles/bugs-caught-on-tape/>, 2009. Acessado em Outubro de 2012. 1, 7
- [12] Gregory F. Cooper. The computational complexity of probabilistic inference using bayesian belief networks. *Artificial Intelligence*, 42:2–3, 1990. 6

- [13] Thi Hai Ha Dang, Guillaume Hutzler, and Philippe Hoppenot. Emotion modeling for intelligent agents – towards a unifying framework. *WI-IAT '11 Proceedings of the 2011 IEEE/WIC/ACM International Conferences on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology*, 3:70–73, 2011. [x](#), [2](#), [23](#)
- [14] Charles Darwin. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. John Murray, 1859. [6](#)
- [15] R. J. Davidson, P. Ekman, C. D. Saron, J. A. Senulis, and W. V. Friesen. Approach-withdrawal and cerebral asymmetry: emotional expression and brain physiology. *Journal of Personality and Social Psychology*, 58(2):330–341, 1990. [12](#), [14](#)
- [16] Richard J. Davidson. Parsing affective space: perspectives from neuropsychology and psychophysiology. *Neuropsychology*, 7(4):464–475, 1993. [12](#), [14](#)
- [17] M. Davis. *The neurophysiological basis of acoustic startle modulation: research on fear motivation and sensory gating*. Routledge, 1997. [11](#), [14](#)
- [18] Jefferson Carlos de Bragança. Roda das emoções de robert plutchik. <http://commons.wikimedia.org/>, Setembro 2010. Acessado em Outubro de 2012. [x](#), [14](#)
- [19] Luciane B. C. de Carvalho and João E. C. De Carvalho. *Emoções: Raiva*. Mente e Cerebro, 2010. [14](#), [15](#), [16](#)
- [20] Júlio Rocha do Amaral and Jorge Martins de Oliveira. Sistema límbico: O centro das emoções. <http://www.cerebromente.org.br/n05/mente/limbic.htm>, 1998. Acessado em Outubro de 2012. [10](#)
- [21] Paul Ekman. *Basic emotions*. Handbook of Cognition and Emotion, 1999. [10](#), [13](#), [14](#), [15](#)
- [22] Paul Ekman. *Emotions Revealed, Second Edition*. Henry Holt and Company, 2007. [14](#), [17](#), [18](#), [19](#)
- [23] José Ferrater-Mora. *Dicionário de filosofia, Volume 1*, volume 1. Mente e Cerebro, 1994. [14](#), [19](#)
- [24] Ken Forbus and Robin Hunicke. Simulation and modeling:under the hood of the sims. http://www.cs.northwestern.edu/~forbus/c95-gd/lectures/The_Sims_Under_the_Hood_files/v3_document.htm, 2002. Acessado em Outubro de 2012. [1](#)
- [25] Joseph P. Forgas. Mood and judgment: the affect intrusion model (aim). *Psychol Bull*, 117(1):39–66, 1995. [11](#), [14](#)
- [26] P. Gilbert. Defence and safety: thei function in social behaviour and psychopathology. *British Journal of Clinical Psychology*, 32:131–153, 1993. [11](#), [14](#)
- [27] D. Goleman. *Emotional Intelligence*. Bloomsbury Publishing, 1996. [11](#), [14](#)

- [28] Donald P. Green, Susan L. Goldman, and Peter Salovey. Measurement error masks bipolarity in affect ratings. *Journal of Personality and Social Psychology*, 64:1029–1041, 1994. 11, 14
- [29] Matthew Handrahan. Ubisoft: Ai is the "real battleground" for new consoles. <http://www.gamesindustry.biz/articles/2011-07-06-ubisoft-ai-is-real-battleground-for-the-next-gen-consoles>, Julho 2011. Acessado em Outubro de 2012. 1
- [30] E. Hatfield, J. T. Cacioppo, and R. L. Rapson. Emotional contagion. *Current Directions in Psychological Sciences*, 2:96–99, 1993. 12
- [31] J. Hietanen, V. Surakka, and I. Linnankoski. *Facial electromyographic responses to vocal affect expressions*. *Psychophysiology* In press, 1998. 12
- [32] Jun Hu and Chun Guan. A model of emotional agent based on granular computing. *Mathematical Problems in Engineering*, 2012:10, 2012. 2, 21
- [33] P. S. Hunt and B. A. Campbell. Autonomic and behavioral correlates of appetitive conditioning in rats. *Behav. Neurosci.*, 111(3):494–502, 1997. 11, 14
- [34] UOL Jogos. Crysis custou us 22 milhões para ser produzido. <http://jogos.uol.com.br/ultnot/finalboss/2008/08/19/ult3277u18641.jhtm>, 2008. Acessado em Outubro de 2012. 7
- [35] Mohammad Kazemifard, Nasser Ghasem-Aghaee, and Tuncer I. Oren. Design and implementation of gema: A generic emotional agent. *Expert Systems with Applications: An International Journal*, 38:2640–2652, 2011. 2, 22
- [36] Timo Koski and John Noble. *Bayesian Networks: An Introduction*. John Wiley & Sons, 2011. 4
- [37] Daniel Kupermann and Ramon Souza. *Emoções: Alegria*. Duetto, 2010. 13, 14, 17, 18
- [38] P. J. Lang, M. Bradley, J. Fitzsimmons, B. Cuthber, and J. Scott. Emotional arousal and activation of the visual cortex: an fmri analysis. *Psychophysiology*, 35:199–210, 1998. 11, 14
- [39] P. J. Lang, M. M. Bradley, and B. N. Cuthbert. Emotion, attention, and the startle reflex. *Psychol. Rev.*, 97(3):377–395, 1990. 11, 14
- [40] J. E. Ledoux. Emotion: clues from the brain. *Annu. Rev. Psychol*, 46:209–235, 1995. 11, 14
- [41] Joseph Ledoux. *O Cérebro Emocional*. Editora Objetiva, 2001. 10, 14
- [42] Eduardo A. F. Leite. *Emoções: Tristeza*. *Mente e Cerebro*, 2010. 14, 18, 19
- [43] C. Ma. The construction of an emotion model of agent based on the occ model. *IEEE Computer Society Washington*, -:940–943, 2011. 2, 21

- [44] George E. Marcus and Michael B. MacKuen. *Anxiety, enthusiasm, and the vote: the emotional underpinnings of learning and involvement during presidential campaigns*. *Am. Polit. Sci. Rev.*, 1993. 11, 14
- [45] J. McCarthy. A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence. *AI MAGAZINE*, 27:4, 1955. 5
- [46] Sofia Miguens. Alguns problemas de filosofia da ia. <http://www.cfh.ufsc.br/~wfil/ia.htm>, 2003. Acessado em Outubro de 2012. 6
- [47] Ian Millington, John Funge, and John David Funge. *Artificial Intelligence for Games*. Taylor & Francis Group, 2009. x, 7, 9
- [48] Alexander Nareyek. Choosing search heuristics by non-stationary reinforcement learning. *Kluwer Academic Publishers*, -:523–544, 2003. 1
- [49] Alexander Nareyek. Artificial intelligence in computer games - state of the art and future directions. *Queue*, 1(10):58, 2004. x, 7, 8
- [50] P. M. Niedenthal and S. Kitayama. *The Hearts Eye: Emotional Influences in Perception and Attention*. Academic Press, 1994. 11, 14
- [51] A. Ortony, G. L. Clore, and Collins. *The Cognitive Structure of Emotions*. Cambridge University Press, 1990. 2, 13, 20
- [52] H. Van Dyke Parunak, Robert Bisson, Sven Brueckner, Robert Matthews, and John Sauter. A model of emotions for situated agents. *Proceeding AAMAS 06 Proceedings of the fifth international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, -:993–995, 2006. 2, 22
- [53] G. Peeters and J. Czapinski. *Positive negative asymmetry in evaluations: the distinction between affective and informational negativity effects*. *Eur. Rev. Soc. Psychol.*, 1990. 12, 14
- [54] Luís Moniz Pereira. Inteligência artificial. <http://www.reocities.com/revistaintelecto/ia.html>, 2001. Acessado em Outubro de 2012. 4
- [55] Luís Moniz Pereira. Inteligência artificial - mito e ciência. <http://noticias.universia.com.br/ciencia-tecnologia/noticia/2002/03/31/551815/inteligencia-artificial-mito-e-cincia.html>, 2002. Acessado em Outubro de 2012. 5
- [56] Alex Pham and Ben Fritz. Danny bilson aims for turnaround at thq with video game homefront. <http://articles.latimes.com/2011/mar/15/business/la-fi-ct-thq-bilson-20110315>, Março 2011. Acessado em Outubro de 2012. 66
- [57] E. A. Phelps and A. K. Anderson. Emotiona memory: what does the amygdala do. *Current Biology*, 7(5):-, 1997. 11, 14
- [58] Graziela C. Pinto and Chistian I. L. Dunker. *Emoções: Medo. Mente e Cerebro*, 2010. 14, 17

- [59] Robert Plutchik. *Multidimensional Model of Emotion (MME) of Robert Plutchik*. Harper Row, 1980. x, 13, 14
- [60] Dori Prata. Ubisoft: Inteligência artificial é o próximo passo da indústria. <http://meiobit.com/87652/ubisoft-inteligencia-artificial-o-prximo-passo-da-industria>, 2011. Acessado em Outubro de 2012. 7
- [61] Anand S. Rao and Michael P. Georgeff. *BDI Agents: From theory to practice*. ICMAS-95, 1995. 2, 20
- [62] Stuart Russell and Peter Norvig. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson Education, 2003. x, xii, 4, 6, 7
- [63] Miguel Angel Salichs and Mari Malfaz. *A New Approach to Modeling Emotions and Their Use on a Decision-Making System for Artificial Agents*. IEEE, 2012. 2, 24
- [64] Ayse Pinar Saygin, Ilyas Cicekli, and Varol Akman. Turing test: 50 years later. *Minds and Machines*, 10(4):-, 2000. 5
- [65] N. Schwarz and G. L. Clore. *Feelings and Phenomenal Experiences*. Guilford Press, 1996. 11, 14
- [66] P. Shizgal. *On the neural computation of utility: implications from studies of brain stimulation reward*. Russell Sage Foundation, 1999. 11, 14
- [67] Jorgson Ksam Smith. A emoção dá voz à razão. <http://www.canalrh.com.br>, Abril 2006. Acessado em Outubro de 2012. 10
- [68] Cassia Yuri Tatibana and Deisi Yuki Kaetsu. Uma introdução às redes neurais. <http://www.din.uem.br/ia/neurais/>, 2001. Acessado em Outubro de 2012. 5
- [69] S. E. Taylor. *Asymmetrical effects of positive and negative events: the mobilization-minimization hypothesis*. *Psychol. Bull.*, 1991. 12, 14
- [70] Unity Technologies. Unity 3d. <http://unity3d.com/>, 2011. Acessado em Outubro de 2012. 62
- [71] D. Watson and L. A. Clark. *Affects separable and inseparable: on the hierarchical arrangement of the negative affects*. *J. Pers. Soc. Psychol.*, 1992. 11, 14
- [72] Zhang Wei, Zeng Liang, Li Sikun, Xiong Yueshan, and Xu Wanying. Cybernetics based model of forces with genotypes. *ICVRV 11 Proceedings of the 2011 International Conference on Virtual Reality and Visualization*, -:299–302, 2011. 2, 23
- [73] Yik, Michelle S. M., James A. Russell, and Lisa Feldman Barrett. Structure of self-reported current affect: Integration and beyond. *Journal of personality and social psychology*, 77(3):600–619, 1999. x, 13, 15, 18
- [74] A. J. Zautra, P. T. Potter, and J. W. Reich. The independence of affects is context-dependent: an integrative model of the relationship between positive and negative affect. *Review of General Psychology*, 7(1):66–83, 1997. 11, 14