

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO**  
**CURSO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

**JOÃO ANTÔNIO PRESTES MATIUZZI**

**DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO DIGITAL APLICANDO LÓGICA FUZZY**

**Porto Alegre**  
**2015**

João Antônio Prestes Matiuzzi

## DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO DIGITAL APLICANDO LÓGICA FUZZY

Artigo apresentado como requisito parcial para obtenção do título de **Bacharel** em Sistemas de Informação da Universidade, pelo Curso de Sistemas de Informação da Universidade da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador(a): Prof(a). Ms. Vinícius Jurinic Cassol

Porto Alegre

2015

## **DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO DIGITAL APLICANDO LÓGICA FUZZY**

João Antônio Prestes Matiuzzi

Ms. Vinícius Jurinic Cassol

**Resumo:** O sistema de Inteligência Artificial de um jogo é um dos principais aspectos que definem o desafio e o entretenimento que um jogo proporciona ao usuário. Com isso, torna-se importante o estudo das técnicas existentes para o desenvolvimento dos sistemas de IA dos jogos. Neste trabalho, será apresentado um modelo que utiliza a Lógica Fuzzy para o controle dos agentes automatizado, a partir deste modelo, é então desenvolvido um jogo de estratégia, no estilo RPG, para a validação do modelo proposto. Utilizando o jogo desenvolvido, será testada a eficiência do modelo, comparando o mesmo com um modelo de IA baseado em decisões aleatórias.

**Palavras-chave:** Lógica Fuzzy. Jogos Digitais. Inteligência Artificial.

### **1 INTRODUÇÃO**

Os jogos digitais possuem relação com a inteligência artificial desde o seu surgimento, na década de 1970 (Tozour). Sendo assim, nos dias atuais, o estudo da inteligência artificial é um dos principais aspectos do processo de desenvolvimento de jogos.

Atualmente, as produtoras de jogos desenvolvem sistemas de inteligência artificial cada vez mais desafiadores e realistas, a partir do momento em que existe nos dias atuais melhores hardwares e técnicas de programação que possibilitam a implementação de sistemas de IA mais complexo, tornando a inteligência artificial um componente importante na qualidade final do jogo, e por consequência no entretenimento que o jogo proporciona ao usuário.

Com isso, é importante o estudo das diversas técnicas utilizadas para a implementação destes sistemas de IA. Neste artigo, é estudada a Lógica Fuzzy, que pode ser definida como uma técnica que expande o conceito da lógica booleana; na Lógica Fuzzy, uma determinada variável possui um valor que determina o grau da participação da mesma em um determinado grupo, ou seja, ao invés de definirmos se um valor pertence ou não a um grupo, definiremos nível de participação do valor em um determinado grupo.

A partir do modelo proposto, será descrito o desenvolvido um jogo estilo RPG, onde os agente serão controlados por um motor de IA que irá aplicar os conceitos da Lógica Fuzzy.

Demonstrando os principais aspectos da Lógica Fuzzy, será descrito como o motor de IA do jogo foi implementado, e a maneira pela qual ele interage com o restante do sistema. Também será descrito como os módulos do jogo foram organizado, e a função de cada um como, por exemplo: módulo de controle e o módulo de inteligência.

## **2 JOGOS DIGITAIS E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

A inteligência artificial está ligada aos jogos digitais desde os primeiros jogos desenvolvidos, jogos como Pac-Man, Pong e Space Invaders já utilizavam de técnicas simples baseadas em regras e tomada de decisões aleatórias. Embora fosse uma parte importante da diversão que o jogo proporciona ao usuário, o sistema de inteligência artificial era, no princípio, uma tarefa secundária em relação aos demais aspectos do jogo, como som e gráficos. Mas atualmente esse pensamento tem mudado, sendo até considerado que o sistema de IA pode ser um fator que poderá definir o sucesso de um jogo (tozour).

Considerando a importância do sistema de IA em jogo, torna-se importante o estudo das diversas técnicas para a implementação do mesmo. Atualmente, existem uma grande quantidade de técnicas para o desenvolvimento da IA, como Sistemas Especialistas, Máquinas de Estado Finito, Árvores de Decisão, Algoritmos Genéticos, cada um com suas características que os tornam melhores para cada tipo de sistema a ser desenvolvido.

Podemos definir a inteligência como a “habilidade de agir de maneira inteligente frente a condições distintas” (kirby), ou seja, se aplicarmos o conceito aos jogos, os agentes automatizados devem perceber o ambiente nos quais estão inseridos e tomar decisões baseadas nele. Desta forma, o usuário irá perceber que os agentes funcionam de maneira inteligente, correspondendo ao cenário atual do jogo e às suas ações. Neste ponto, fica evidente que o principal objetivo do sistema de IA em um jogo, de ser apresentar um comportamento similar a de um ser humano.(millington).

Ao decidirmos qual abordagem devemos aplicar na hora da modelagem de um sistema de IA, é necessário compreender quais as características do sistema que irão trazer interatividade e diversão para o jogador, com isso, é importante perceber que nem sempre os sistemas mais complexos de IA são os mais apropriados, mas sim os que são codificados de maneira mais simples e direta e que apresentam o melhor comportamento dos personagens controlados pelo sistema de IA (Millington e Kirby).

É importante também compreender o que pode tornar o sistema de IA ruim. Segundo Kirby, o mais complicado de um sistema de IA em um jogo, é o modelo decidir quando o seu comportamento é apropriado para o ambiente e as condições nas quais o agente se encontra. Esta tarefa pode ser difícil de ser executada, pois o sistema de Inteligência Artificial é utilizado na resolução de diversos problemas relacionados a mecânica do jogo, como por exemplo: Realizar tomada de decisões de quando movimentar um personagem, encontrar o melhor caminho para o movimento do agente, escolher uma estratégia de jogo.

Por possuir tais responsabilidades, o modelo de IA de um jogo deve se preocupar com todos os aspectos do jogo, de maneira que ele consiga realizar todas as tarefas levando em consideração o contexto geral do jogo., ou seja, o sistema de IA irá fornecer o suporte para que o sistema do jogo ofereça ao usuário um ambiente com agentes inteligentes que tomam suas decisões baseadas nas regras do jogo levando em consideração qualquer cenário em que o jogo pode se encontrar..

Reunindo todos estes fatores, o resultado final deve ser um sistema de IA que possibilita ao usuário a percepção de que ele está participando de um jogo onde os agentes automatizados tomam decisões similares as de que um humano poderia tomar, oferecendo assim um nível satisfatório de diversão e desafio.

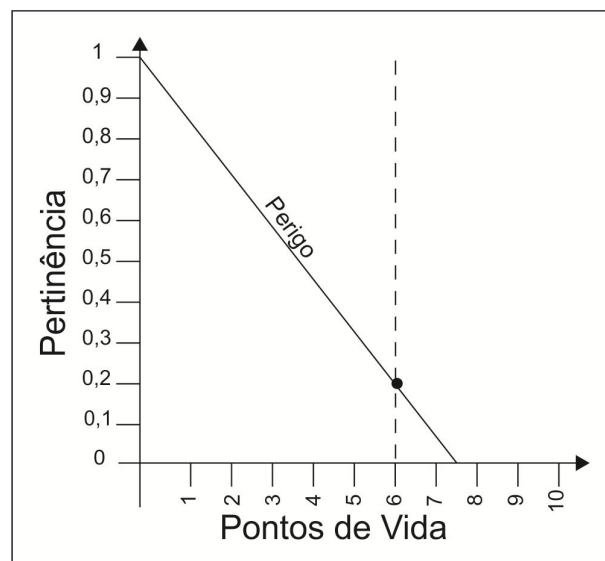
### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

A Lógica Fuzzy, diferentemente da noção clássica de conjuntos onde um elemento pertence ou não pertence a um conjunto, define o grau de pertinência que um elemento possui em relação a um determinado conjunto.

O termo pertinência se refere o quão próximo do conceito definido do conjunto o elemento em discussão está. Por exemplo, no desenvolvimento de jogos, precisamos definir o estado em que um determinado agente automatizado se

encontra, para que a partir disto sejam tomadas decisões sobre as ações que o agente deve tomar. Utilizando a definição clássica da teoria dos conjuntos, poderíamos ter um conjunto chamado "Perigo", que define se um agente se encontra em uma situação de perigo baseado na quantidade de "Pontos de Vida" que possui no momento. Com base nos valores de entrada, o elemento em discussão poderia pertencer ou não ao conjunto "Perigo". Já na Lógica Fuzzy, seria aplicado o conceito de conjunto difuso, onde seria definido o conjunto "Perigo", mas ao invés de apenas definirmos se um elemento pertence ou não ao conjunto, iríamos definir o grau de exatidão que o valor de entrada tem em relação ao conceito do conjunto.

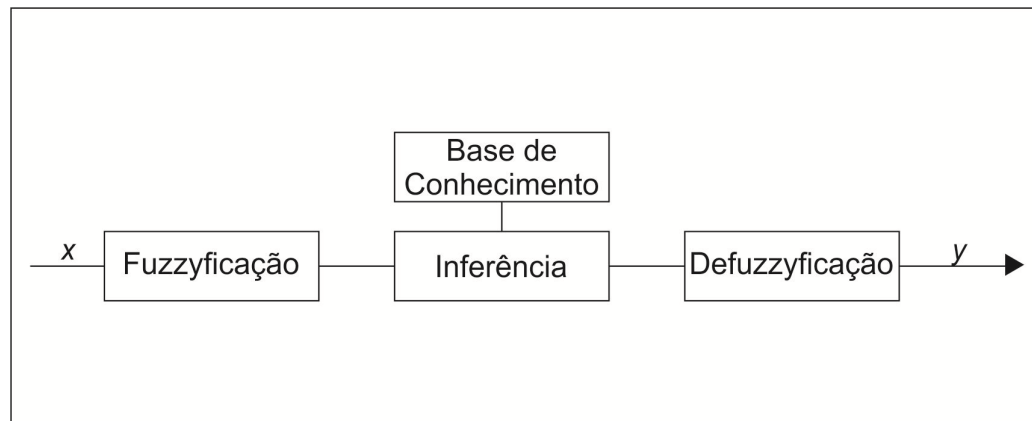
A imagem a seguir ilustra como ficaria o grupo difuso "Perigo":



Interpretando a figura, podemos perceber que o elemento tem pertinência diferente em relação a variação da quantidade de vida fornecido pelo dado de entrada, no exemplo, é fornecido o dado de entrada 6 "Pontos de Vida", chegando a um valor de 0,2 de pertinência.

É possível observar que a mudança de estado do elemento em relação ao conjunto é mais suave do que se utilizássemos um conjunto clássico, ou seja, há uma faixa de valores nas quais podemos encaixar cada valor de entrada, para assim definirmos o grau de pertinência de um elemento em relação ao conjunto em questão.

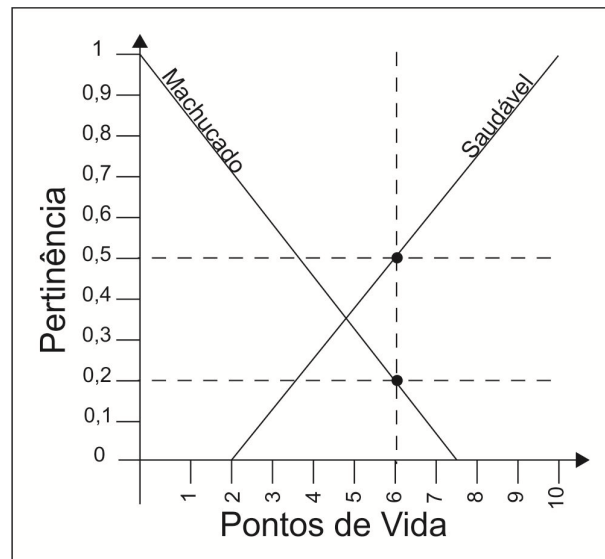
Para realizar uma tomada de decisão a Lógica Fuzzy define um processo que deve ser seguido, definindo uma sequência de ações, a figura a seguir ilustra um sistema fuzzy básico:



Na figura, temos o valor de entrada  $x$ , e um valor de saída  $y$ . Para chegarmos ao valor  $y$  foram processados os passos de Fuzzificação, Inferência e Defuzzificação, que serão explicados a seguir.

**Fuzzificação:** Para podermos trabalhar com conjuntos Fuzzy, os valores de entrada, que são os valores fornecidos ao sistema fuzzy para que seja realizada a inferência, devem ser transformados em valor de grau de pertinência. Um elemento pode pertencer a diferentes conjuntos ao mesmo tempo, para um mesmo valor de entrada, este elemento possuirá diferentes graus de pertinência em determinados conjuntos, por exemplo:

Em um determinado jogo, um agente pode estar no estado "Saudável" e "Machucado", dependendo da quantidade de vida que possui. O valor de entrada neste caso, é a quantidade de vida e os conjuntos fuzzy são "Saudável" e "Machucado, após o processo de fuzzificação, chegaremos ao grau de pertinência que o dado de entrada tem em relação a cada conjunto fuzzy, como mostra a figura a seguir:



A partir da figura, podemos perceber que para a quantidade de vida 6, o elemento possuirá um grau de pertinência de 0,5 no conjunto "Saudável", e 0,2 no conjunto "Machucado", a partir destes valores fuzzyficados será possível realizar o próximo passo do processo da Lógica Fuzzy.

**Inferência:** Neste passo, serão utilizadas regras obtidas através de um banco de conhecimento.

Estas regras relacionarão os conjuntos em questão e fornecerão uma resposta de acordo com os dados de entrada.

As regras possuem o seguinte formato:

**SE condição ENTÃO ação**

Estas regras irão definir o comportamento que o agente terá durante o jogo. Como mostra o exemplo a seguir:

**SE vida == baixa E inimigos\_proximos == muitos ENTÃO fugir**

Neste momento são aplicadas as operações lógicas sobre as regras. Na lógica tradicional, utilizamos uma tabela verdade para chegarmos a uma resposta de uma proposição, já na Lógica Fuzzy, são utilizadas regras numéricas para calcular o grau de verdade de uma proposição, baseado no grau de verdade dos valores de entrada. A seguir, são enumeradas as operações lógicas Fuzzy básicas:



Expressão	Equação Fuzzy
NOT A	$1 - Ma$
A AND B	$\min(Ma, Mb)$
A OR B	$\max(Ma, Mb)$
A XOR B	$\min(Ma, 1 - Mb)$
A NOR B	$1 - \max(Ma, Mb)$
A NAND B	$1 - \min(Ma, Mb)$

**Defuzzyficação:** Após o processo de inferência das regras da base de conhecimento do jogo, é necessário que seja fornecido um dado de saída útil para o sistema, ou seja, um dado que possa ser utilizado pelo sistema para que a ação do agente automatizado seja realizada.

A partir dos resultados obtidos após a inferência das regras, é possível realizar o processo de defuzzificação. Uma das técnicas de defuzzificação é a simples escolha da regra que possui o maior grau de pertinência que irá selecionar qual regra que possui maior grau de pertinência, chegando assim a um resultado.

A partir do resultado, o sistema pode realizar as demais tarefas relativas ao controle do agente, como movimentar ou realizar um ataque.

#### 4 PROPOSTA DO JOGO

O modelo de jogo proposto foi criado visando a aplicação da Lógica Fuzzy no sistema de IA. Para isso o jogo possuirá agentes automatizados, e que a tomada de decisão dos mesmos fique clara para o usuário.

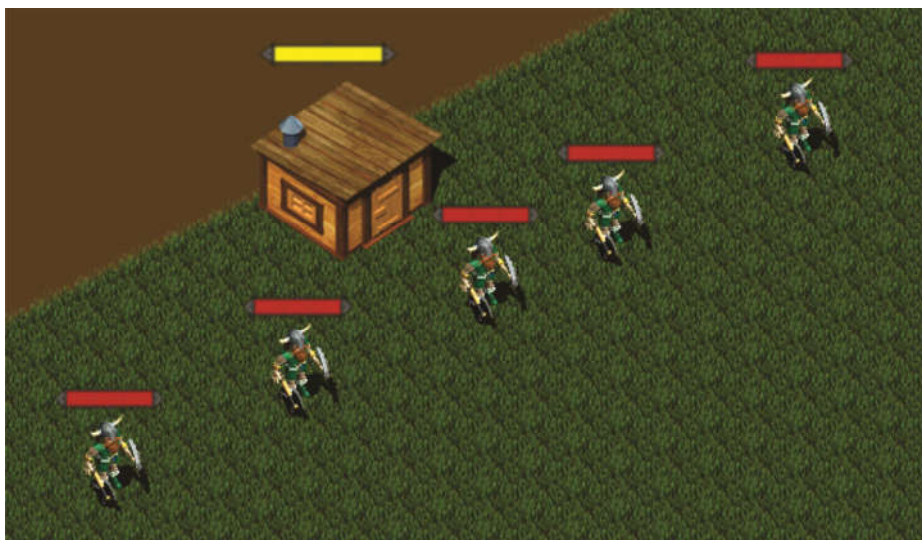
Nas próximas seções serão abordadas as características de funcionamento do jogo.

#### 4.1 Aspectos gerais

O estilo de jogo que será desenvolvido neste trabalho é conhecido como RPG por turnos, onde dois jogadores se enfrentam realizando uma ação por vez, ou seja, após um dos jogadores efetuar uma jogada, o outro jogador pode efetuar a sua jogada, alterando os turnos até que o jogo chegue ao fim.

Desta maneira, ficará claro a tomada de decisão do agente, que terá que analisar o cenário atual do jogo e reagir às jogadas do usuário.

Basicamente o jogo possuirá dois times compostos por 5 personagens, um dos times será controlado pelo jogador e o outro time pelo sistema de IA do jogo. Cada time possuirá a representação de uma Base, que deve ser defendida pelo jogador. Tanto os personagens como também a Base terão uma determinada quantidade de “vida” que é removida quando o personagem é atacado por uma unidade inimiga, ao ter toda a sua vida removida, a peça é removida do jogo.



#### 4.2 Objetivos do jogo

Para vencer uma partida, os jogadores devem utilizar as mecânicas de jogo disponíveis, que são o movimento das peças e o ataque às peças inimigas.

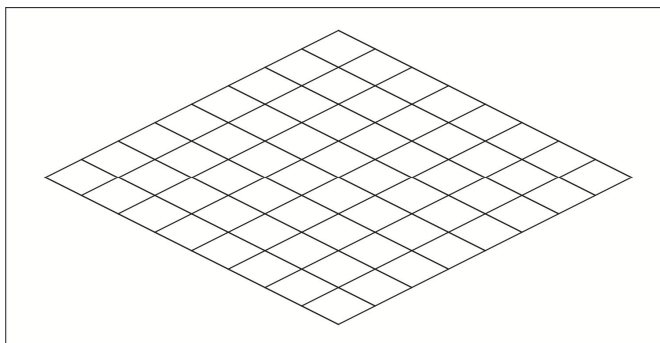
Cada mecânica de jogo deve ser realizada levando em consideração a limitação de intervalo de casas nas quais cada peça pode realizar suas ações: cada peça só pode realizar suas jogadas nas 16 casas ao redor da casa onde ela se encontra.

Por se tratar de um jogo no estilo RPG por turnos, cada jogador poderá executar uma ação a cada turno, devendo escolher entre atacar uma peça inimiga ou movimentar uma de suas peças.

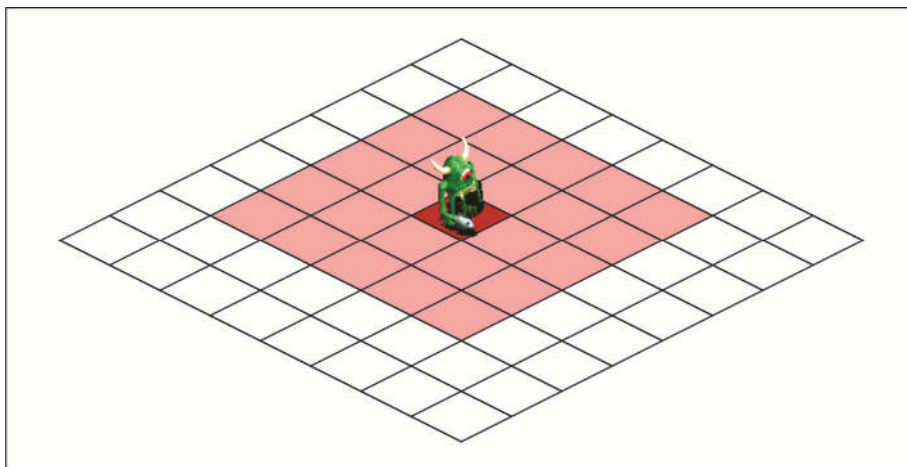
O jogo possui dois objetivos, sendo que o jogador que atingir ao menos um dos objetivos primeiro será considerado o vencedor da partida. Um dos objetivos consiste em eliminar todas as peças do time inimigo, ou seja, o jogador deve, através do ataque às peças inimigas, remover toda a vida do personagem. O outro objetivo é atacar a base do time inimigo, ao remover todos os pontos de vida da base inimiga, o jogador será considerado vencedor.

#### 4.3 Ambiente do jogo

O jogo será baseado em um mapa isométrico composto por casas, onde o jogador controlará um dos times na partida e o sistema de IA irá controlar o outro, na imagem a seguir é ilustrado como o mapa será representado visualmente:



As mecânicas do jogo são realizadas através do clique do mouse. Ao clicar em uma peça, serão exibidas as casas que estão dentro do limite possível de jogada, após selecionada a peça, se o usuário clicar em uma peça inimiga dentro do intervalo de casas, ele irá realizar um ataque a peça ou a base inimiga, se caso o usuário clicar em uma casa vazia, a peça irá se mover até a casa selecionada. Na figura a seguir, é demonstrado o funcionamento das mecânicas básicas do jogo:



Ao selecionar um personagem, será exibido o intervalo de casas onde o jogador pode realizar sua jogada, representado na cor vermelha.

#### 4.4 Regras e definições do jogo

A seguir será enumerado os conceitos e regras que serão aplicadas ao jogo:

- **Turno:** Consiste no momento em que é possível um jogador realizar uma jogada, cada jogador irá possuir um turno, e os turnos serão intercalados entre as duas equipes. A cada turno cada jogador pode realizar apenas uma ação: Atacar ou mover;

- **Peça:** Peça são os componentes das equipes, que serão controladas pelos jogadores, no início da partida, cada jogador possuirá 4 peças. Cada peça possuirá dois atributos: Ataque e Vida

- **Atributo Vida:** É um atributo que cada peça no mapa possui, no início da partida, as peças possuirão o valor máximo do atributo, se durante a partida a peça receber um ataque que fará a sua vida chegar a zero, a peça atacada é eliminada.

- **Atributo Ataque:** É um valor inteiro que representa o valor que será subtraído do atributo “vida” da carta inimiga ao receber um ataque.

- **Ação Ataque:** Ataque é uma ação que o usuário poderá realizar, ao atacar uma peça adversária o usuário gasta o seu turno, e é subtraída da vida do adversário o valor do atributo “ataque” da peça.

- **Mover:** É a ação que o jogador pode realizar para fazer com que a peça no mapa troque de casa, cada peça pode mover no máximo 3 casas por vez.

- **Mapa:** É o ambiente onde a partida será desenvolvida, consiste em um mapa isométrico com tamanho de 16 casas.

## 5 DESENVOLVIMENTO

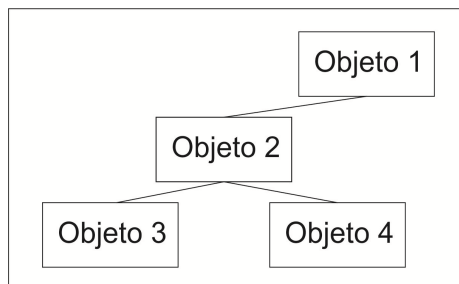
A partir do modelo definido neste trabalho, foi implementado um jogo como forma de validar a eficiência da aplicação da Lógica Fuzzy em jogos digitais.

A seguir, será explicado como foi implementado o modelo proposto e o funcionamento de cada módulo desenvolvido.

### 5.1 Tecnologia

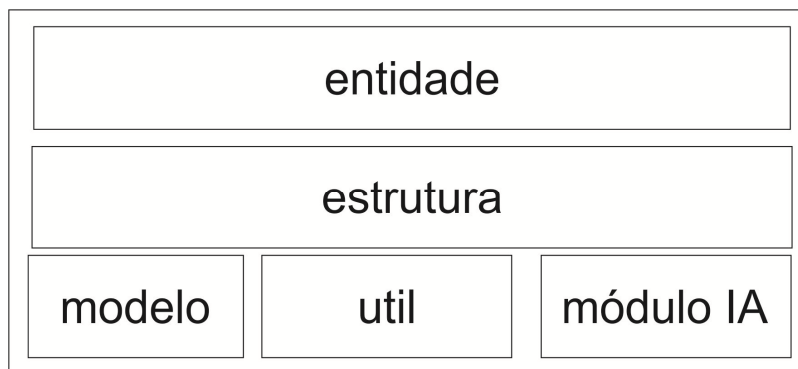
O jogo foi desenvolvido utilizando o Starling Framework, que é uma biblioteca Open Source para desenvolvimento de jogos baseada na API Stage3D, disponível em computadores desktop através da tecnologia Adobe Air.

Por se baseada na linguagem ActionScript, facilita o desenvolvimento de jogos oferecendo suporte a uma hierarquia de objetos em forma de árvore, onde um objeto é está ligado a um objeto pai, como mostra a figura a seguir:



Por possuir esta característica, facilita a criação de estrutura em blocos, que consequentemente facilita a criação da estrutura do jogo em módulos responsáveis por cada aspecto do jogo.

O jogo em questão foi desenvolvido em diferentes módulos que são demonstrados na imagem a seguir.



A seguir, cada módulo terá a sua funcionalidade explicada.

## 5.2 Módulo entidade

Neste módulo, estão localizadas as classes que controlam os objetos que serão exibidos na tela, fornecendo os métodos necessários para a manipulação das suas propriedades.

A principal função do módulo entidade é a de fornecer uma interface para possibilitar que os demais módulos do sistema possam alterar o estado atual da tela do jogo. A partir da manipulação dos eventos de entrada realizada pelo usuário, este módulo irá realizar as devidas validações (de acordo com as regras do jogo) e efetuar a alteração dos elementos visuais do jogo.

Este módulo também é utilizado pelo módulo de Inteligência artificial para acessar as informações sobre o cenário atual do jogo, fornecendo assim uma maneira de extrair informações do estado atual do jogo com a finalidade de processar as informações e realizar a inferência.

No desenvolvimento do jogo em questão, foram definidas as seguintes classes no módulo de entidades:

**Mapa:** Está classe é responsável por exibir o mapa do jogo, ela contém todas as propriedades e parâmetros necessários para que sejam renderizados todos os aspectos relativos ao mapa do jogo, como as imagens utilizadas, as Torres e também as casas do mapa.

Além dos aspectos visuais do mapa, a classe acesso às estruturas de dados necessárias para a manipulação das casas e das torres. Nesta classe, está

localizada a matriz de casas, que é a estrutura responsável por armazenar uma referência a cada casa do mapa.

**Casa:** A classe Casa é responsável por processar todas as propriedades de cada casa do mapa, também possui variáveis que controlam o estado atual da casa. Nesta classe também são gerenciados os eventos que são realizados sobre cada casa.

**Personagem:** Nesta classe, estão os métodos responsáveis por manipular os personagens disponíveis para cada time de jogador. Esta classe oferece, por exemplo suporte ao movimento e ao controle das animações de movimento dos. Também são controlados os eventos de entrada realizados pelo jogador.

**Barra de Vida:** Esta classe controla a exibição da barra de vida, que representa a quantidade de pontos de vida que cada personagem possui no momento.

### 5.3 Módulo estrutura

O módulo estrutura é responsável por armazenar as classes que são utilizadas como estrutura de dados para a troca de mensagem entre os módulos do sistema.

### 5.4 Módulo util

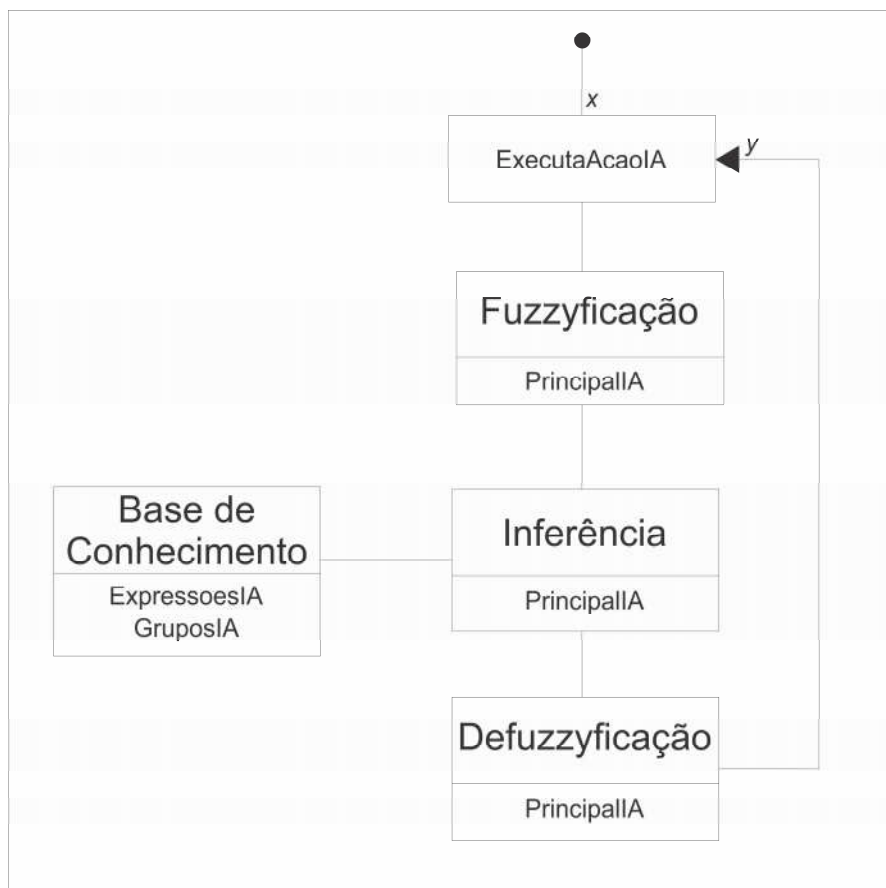
O módulo útil é responsável pelas classes de suporte ao sistema, ou seja, ele reúne funcionalidades que podem ser utilizadas em diferentes módulos, com o objetivo de gerar um reaproveitamento de códigos.

### 5.5 Módulo de Inteligência Artificial

Neste módulo estão localizadas todas as classes que controlam o motor de inteligência artificial do jogo que implementa a Lógica Fuzzy . Este módulo é

responsável por realizar as tarefas referentes às atividades necessárias para a realização da inferência e tomada de decisão dos agentes automatizados do jogo.

A figura a seguir ilustra a relação de cada classe do módulo de Inteligência Artificial com o processo de inferência definida neste trabalho:



A partir da figura a cima, podemos observar que cada passo do processo definido na Lógica Fuzzy está relacionado a uma classe implementada no jogo. A estrutura do módulo de IA é acessado pelo sistema do jogo toda vez que o usuário realiza uma jogada; nesta hora, pelas regras do jogo, é o turno do sistema, para poder realizar a sua jogada, o sistema deve analisar o cenário atual do jogo e a partir da inferência realizada, tomar a sua decisão.

A seguir é explicada a função de cada classe do módulo de inteligência artificial do jogo:

**Classe ExecutaAcaoIA:** O início do processamento do módulo de IA se dá nesta classe. Ela é responsável por reunir as informações necessárias para que seja



realizada a inferência. A partir dos dados fornecidos pelo módulo de Entidades é realizado o sensoriamento do cenário atual do jogo e a partir das informações adquiridas é então iniciado o processo do Sistema Fuzzy, sendo feita uma chamada a classe PrincipallA.

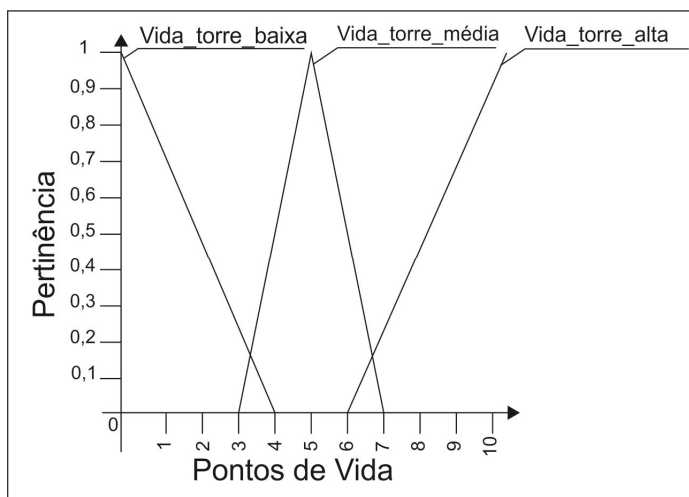
**Classe PrincipallA:** Nesta classe estão reunidas as funcionalidades que irão realizar todo o processo do Sistema Fuzzy. A partir dos dados fornecidos pela classe ExecutaAcaolA, são executados os métodos responsáveis pela realização da Fuzzyficação, Inferência e Defuzzyficação dos dados de entrada. No processo de Inferência são utilizadas as classes GruposIA e ExpressoesIA.

**Classe GruposIA:** Esta classe é responsável por definir os conjuntos Fuzzy que serão utilizados no jogo, a partir deste grupo serão realizadas as inferências das regras definidas no banco de conhecimento do jogo. Os grupos são criados fornecendo as informações do intervalo de pertinência, neste trabalho foram utilizadas os atributos qualitativos “Baixo”, “Médio” e “Alto” para cada grupo, de maneira que, para cada conjunto, existirá o intervalo definido dos atributos qualitativos citados. A seguir, será ilustrado o resultado da criação de um Grupo através da classe GruposIA:

Grupo: Vida da Torre

Definição: Define o conjunto Fuzzy a partir da variável vida da torre a partir da quantidade de pontos de vida que a mesma possui no momento:

Comando: `iniciaGrupo("VIDA_TORRE");`

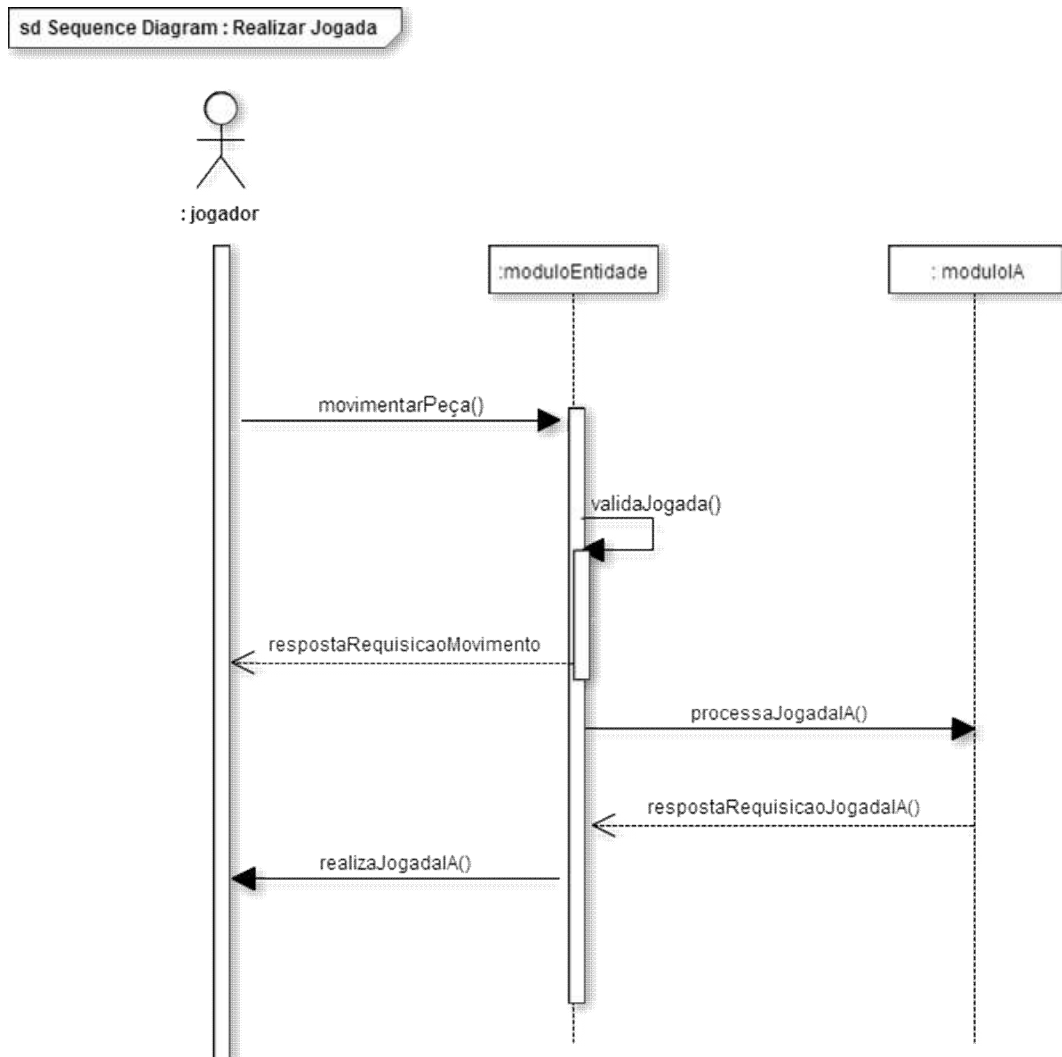


**Classe ExpressoesIA:** Nesta classe são definidas as regras que utilizarão os conjuntos definidos na classe GruposIA. As regras são definidas seguindo o modelo:

**SE condição ENTÃO ação**

Esta classe funciona como o banco de conhecimento do jogo, com isso, todas as possibilidades e cenários no qual o agente automatizado poderá estar inserido devem estar relacionadas nesta classe, de maneira que possibilite que o módulo de IA tenha condições de avaliar o cenário que encontrar uma boa jogada.

Finalizado o processamento das informações pelo módulo de Inteligência artificial, o controle do sistema é devolvido para o módulo de Entidade, para que seja dada a continuação da execução do jogo. O processo é ilustrado na imagem a seguir:



## 6 RESULTADOS

## 7 CONCLUSÃO

## REFERÊNCIAS