

# Inserindo Incerteza subjetiva na Inteligência Artificial dos NPC's

## *Inserting uncertain subjective in Artificial Intelligence*

Rodrigo L. C. Souza\*   Luiz E. Sá Carneiro\*   F. Campos   A. Neves  
Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de Design  
\*Bolsistas de Iniciação Científica pelo PIBIC/CNPq

### Resumo

No projeto de jogos eletrônicos, a escolha de qual técnica de Inteligência Artificial (IA) utilizar é essencial. Existem varias técnicas de IA para a modelagem do comportamento dos NPCs, entretanto ainda há falhas ao analisar a incerteza envolvida no processo de tomada de decisão. Essa incerteza advinda da dúvida é chamada de incerteza subjetiva e a regra que apresenta melhores resultados na modelagem desse tipo de incerteza é o Lateo. Objetivamos aplicar a regra de combinação de evidências, na modelagem de um comportamento dos NPCs de forma mais parecido com o comportamento humano, tornando os NPCs menos previsíveis e padronizados, aumentando assim o desafio e a diversão ao enfrentar a máquina.

**Palavras chave:** Desenvolvimento de Jogos, Técnicas de Inteligência Artificial, Lateo.

### Abstract

*In the project of electronic games, the choice of which technique of Artificial Intelligence (AI) to apply is essential. There are several IA techniques for the modeling of a NPC behavior, however still there are fails upon analyzing the vagueness involved in the decision-making process. This resulting vagueness of the doubt is called uncertain subjective and the rule that presents better results in the modeling in this kind of vagueness is the Lateo. Our main goal is to apply this evidence combination rule in a NPC behavior modeling, in a way it approaches as close as possible of the human behavior, making the NPC less predictable and standardized, increasing the challenge and fun upon facing the machine.*

**Keywords:** Game development, Artificial Intelligence Techniques, Lateo.

### Authors' contact:

[roonsouza@gmail.com](mailto:roonsouza@gmail.com)  
[le.sacar@yahoo.com.br](mailto:le.sacar@yahoo.com.br)  
[fc2005@gmail.com](mailto:fc2005@gmail.com)  
[andremneves@gmail.com](mailto:andremneves@gmail.com)

## 1. Introdução

Apesar da idéia de desenvolver um novo comportamento, ou técnica de inteligência artificial, para as ações de um NPC (Non Player Character) parecer distante, essa está próxima do design tanto

quanto questões ergonômicas no desenvolvimento de um objeto. O desenvolvimento deste comportamento surgiu durante o desenvolvimento de um produto: o game ou jogo eletrônico, e durante uma fase do processo que algumas metodologias projetuais [Lobach and Munari] dão muito enfoque, a análise das necessidades do projeto. Assim como um designer de produto procura resolver questões ergonômicas para o bem estar do usuário ao interagir com o objeto, a necessidade neste caso era desenvolver um comportamento para NPC que simulasse o pensamento humano de forma mais natural, tornando a experiência de jogar, o ser humano contra a máquina, mais desafiador e menos padronizado. Estudando várias técnicas empregadas comumente no projeto de jogos eletrônicos: Máquina de Estados Finitos, Máquina de Estado Fuzzy e Path-finding, não foi encontrado resultados suficientemente satisfatórios de simulação do comportamento humano. Algumas demonstravam respostas padronizadas ou incapaz de realizar movimentos imprevisíveis tal como age um ser humano.

A questão da viabilidade da modelagem do comportamento humano através de máquinas ou computadores gera diversas discussões, melhor explicadas e abordadas em Gelernter [2007]. Entendesse como comportamento humano qualquer tomada de decisão que análise as variáveis do ambiente, interpretando junto com a experiência e conhecimento preexistentes superando assim um desafio ou problema.

A possível solução para o problema do comportamento padronizado e mais distante do comportamento humano é a aplicação de regras de combinações de evidências que utilizem a incerteza subjetiva, uma vez que essas regras modelam de forma mais natural o pensamento humano, mais especificamente o formalismo Lateo, estendendo a Teoria de Dempster-Shafer.

A fim de compreender o cerne deste trabalho, algumas explicações devem ser feitas, primeiro o que são NPC's e segundo o que é incerteza subjetiva. Os NPC's ou Non Player Character, significa "personagem não jogador", ou seja, são personagens dentro do jogo que não são controlados por humanos, mas pela máquina. Dentro da maioria dos jogos eletrônicos, é necessário utilizar o artifício do NPC a fim de tornar o jogo mais interessante, por exemplo: em jogos de esporte, mais especificamente, de futebol, dois times de cada lado disputam o objetivo de fazer gols, sendo cada time controlado por um jogador. Caso não houvesse dois jogadores humanos disponíveis seria impossível jogar sem o uso do NPC, esse tipo de NPC

é um jogador controlado pela máquina com a finalidade de desafiar o jogador humano. Há outros tipo de NPC com funções mais simples e complexas. NPC's podem também ser pessoas que moram em uma cidade e fornecem algumas informações em um RPG ou vendem coisas em um jogo de aventura, ou ainda, soldados aliados em um jogo de guerra. Em suma, um NPC é um jogador controlado pelo computador, com a finalidade de tornar o jogo mais dinâmico e com maior interação entre o jogador e o universo do game, aumentando a diversão e a imersão.

Para entender melhor o que é incerteza subjetiva precisamos começar pelo processo de design. Basicamente o design é o projeto de artefatos e entre estes estão os digitais: softwares, games, websites e outros sistemas. Este ato de projetar solidifica-se em bases metodológicas, metodologias de projeto. Diversos cientistas da área criaram métodos para auxiliar o processo de design, dentre estes cientistas pode-se citar LOBACH (2001), BAXTER (1998) e BOMFIM (1995).

A concepção de um projeto deve ser realizada através do equilíbrio entre o conhecimento do designer, a sua capacidade criativa e a metodologia adequada à necessidade do projeto. Porém o simples fato da necessidade do conhecimento de um ou mais indivíduos para a concepção de projetos pode gerar várias incertezas, podendo ser: conflitos de opiniões entre indivíduos a respeito de uma característica do projeto. Quando em determinada situação do projeto não há um domínio do assunto, por falta de estudos, tempo para pesquisas, custo ou quando a área do conhecimento ainda não foi explorada, simplificando, quando o problema não é conhecido; e por fim, a falta de unicidade das opiniões, ou seja, a incerteza incorporada nas evidências que não possuem toda a sua crença atribuída a uma hipótese única. Essas variações da incerteza podem tornar o processo moroso e/ou custoso, corrompendo assim a qualidade e a objetividade do projeto, já que em algumas situações caso a escolha for conceber a alternativa dúbia, se faz necessário custear novas pesquisas e realizar redesigns. Conceber um produto não é tão simples quanto um efeito "Eureka" nem tão sistematizado quanto usar as metodologias de design, porque exige um respaldo da subjetividade do criador,

O conhecimento é indispensável no processo de design, pois é relativo a praticamente todas as etapas do projeto, tais como testes, coleta de dados, geração de alternativas, previsões, mensurações e outros fatores. Esse conhecimento é o resultado de um processo contínuo de coleta de informações através de estudos e experiências. Em contrapartida, não é possível obter o conhecimento absoluto, uma vez que o cérebro humano é incapaz de ministrar com perfeição o "oceano" infinito da informação. Contudo há certas áreas do conhecimento que estão bastante exploradas e é possível conhecê-las através do compartilhamento de informações. A priori, não é possível administrar todas as situações com perfeição e maestria e a troca de experiências não é suficiente para resolver os problemas que emergem durante o projeto, isso ocorre

porque todas as etapas dele estão sujeitas a intervenção da incerteza.

Segundo Helton [1997], a incerteza divide-se em duas grandes classes: a incerteza objetiva que advém da característica aleatória do ambiente, este tipo de incerteza, a princípio, não pode ser reduzida por estudos adicionais. Exemplificando, é a incerteza que vem a mente quando alguém pergunta qual o lado de uma moeda cairá para cima, ou seja, você tem conhecimento que a moeda possui dois lados, porém não consegue afirmar com precisão qual o lado cairá para cima. Por outro lado, a incerteza subjetiva é oriunda da ignorância científica, incerteza das medições, impossibilidade de comprovação ou observação, censura ou outra deficiência do conhecimento. Em outras palavras, é a incerteza que vem a mente quando alguém nos pergunta alguma coisa de que não temos conhecimento, ou seja, não conseguimos responder por que não temos experiência relacionada ao assunto abordado.

A incerteza subjetiva pode emergir em situações que a informação transmitida seja incompleta, imprecisa, contraditória, vaga, não confiável, fragmentada, ou deficiente de algum outro modo. Portanto, surgem situações que exigem a tomada de decisões baseadas não só no conhecimento que se dispõe, mas também no que se sabe que é ignorável. As incertezas podem ser modeladas se forem convertidas em números e probabilidades, na prática isso se dá atribuindo subjetivamente porcentagens às hipóteses mais credíveis. Toma-se como exemplo duas equipes de designers opinando a respeito de características funcionais de um produto. A primeira, analisa o produto e conclui que ele é quase que totalmente funcional e atribui 99% de que ele está em perfeitas condições de uso, enquanto que a segunda equipe avalia o produto com 100 pessoas com o perfil de público-alvo e obtém resultados inesperados com 99 usuários que testam o produto e dizem que dificilmente comprariam-no devido a sua estética. Nessa situação o conflito emerge entre a análise heurística e a pesquisa de campo, impossibilitando o produto de avançar para a etapa de concepção, visto que segundo a pesquisa de campo conceber tal produto ocasionaria em gastos de produção em um produto que não seria consumido. Na prática a primeira iniciativa a ser tomada diante de tal situação seria maquiar o produto, porém tal atitude pode eliminar alguns aspectos funcionais já que na maioria dos casos há um equilíbrio entre a função e a estética do objeto. Porém, um dos defeitos do projeto também poderia ser o resultado da pesquisa de campo, já que 99 entre 100 pessoas poderia ser apenas uma eventualidade inesperada, ou seja, que se a pesquisa fosse realizada com 1000 pessoas, 901 delas poderiam ter aprovado perfeitamente o produto. As análises heurísticas também podem acarretar em defeitos no projeto uma vez que seguir padrões e normas pode limitar aspectos criativos no produto, ou seja, seguir alguns padrões pré-determinados ou pré-conceituados distancia o produto de suprir as aspirações do público-alvo.

## 2. Desenvolvimento

Ao desenvolver um game, o game designer responsável por fazer o Document Design (documento que contém todas as informações para a construção do jogo, como níveis, personagens, cenários, estágios, engine do jogo, entre outros) precisa pensar em qual técnica de inteligência artificial será usada para a modelagem do comportamento dos Agentes do jogo e consequentemente os NPCs. A seguir vamos analisar as mais comuns técnicas, segundo Karlsson [2005], utilizadas no mercado e o onde elas falham ao simular o comportamento humano. São elas as máquinas de estado finito, máquinas de estado fuzzy e o algoritmo A\*:

- Máquinas de Estado Finito: [*Finite State Machines - FSM*]

Muito utilizado para jogo de tiro em primeira pessoa (*First Person Shooter*). As máquinas de estado finito trabalham com simples comando de mudança de estados de acordo com algum movimento ou ação que está ocorrendo no jogo, existe um conjunto de estados e um conjunto de regras de transição, quando um NPC está em um estado e ocorre uma regra de transição ele muda de estado, por exemplo, se o NPC estiver no estado “Procurando o Inimigo” e ocorre uma regra de transição como “Avistar Inimigo”, ele altera seu estado inicial para “Atacar Inimigo”, muito utilizado por não necessitar muito poder de processamento de informações. Porém é defeituoso por não simular a incerteza envolvida no processo, não analisando variáveis importantes que um jogador humano analisaria intuitivamente.

- Máquinas de Estado Fuzzy: [*Fuzzy Finite State Machines – FuSMs*]

São máquinas FSM que utilizam a lógica fuzzy como determinante para a mudança de estado ao invés de um conjunto de regras de transição, com o intuito de eliminar o comportamento repetitivo e previsível da FSM. Lógica fuzzy, ao contrário da regra booleana, a lógica fuzzy trabalha com graus de pertinência, o que simula de maneira mais sutil a mudança de comportamento, tornando os NPCs mais imprevisíveis e consequentemente mais desafiadores. Entretanto a lógica fuzzy ainda não trabalha com combinações de evidência e com uma modelagem da incerteza na tomada de decisão, perdendo grande potencial para simular o comportamento humano de forma mais precisa.

- Algoritmo A\*: [*pathfinding*]

Esta técnica procura fazer que um NPC mova-se de um ponto A até B, pelo caminho mais razoável superando possíveis obstáculos que aparecerem. O algoritmo A\* pode ser torna bastante complexo com melhoria na programação, assim como desviar de obstáculos moveis e até interagir com o cenário. De suas melhorias não foi identificada nenhuma que trabalhasse com incerteza subjetiva, apesar da técnica embutir um grau de inteligência ao NPC, é possível prever seus movimentos e ações.

Para embutir a incerteza subjetiva nos NPCs precisamos usar uma regra de combinações de evidências que modele com exatidão a incerteza envolvida no processo. A técnica mais utilizada até hoje é a Teoria da Matemática das Evidências, ou a Teoria de Dempster-Shafer, esta regra combina crenças vindas de diferentes fontes. Entretanto esta regra apresenta algumas falhas, como resultados contra-intuitivos e a ausência de um mecanismo claro de representação da incerteza, acarretando falta de confiança nos resultados e diminuindo sua aplicação. O formalismo Lateo desenvolvido por Campos [2002] resolvem esses problemas, aumentando a confiabilidade na regra e aumentando suas aplicações.

## 3. Lateo

### 3.1 Teoria de Dempster-Shafer

A Teoria das Evidências, Teoria Matemática das Evidências, ou Teoria de Dempster-Shafer, foi introduzida na década de 70, através de alguns trabalhos de Dempster que foram estendidos por Shafer. [1976].

Diferente da Teoria Bayesiana, a Teoria das Evidências propõe métodos simples de combinar as evidências sem necessidade de um conhecimento prévio de suas distribuições de probabilidade. Através de seus diferenciais essa teoria torna-se apta a modelar mais precisamente o processo natural de raciocínio sobre a acumulação de evidências, fazendo-a progressivamente mais popular.

Os métodos para a combinação de evidências de diferentes fontes são denominados de “regras de combinação”, sendo a Regra de Dempster o método “*de facto*”, apesar de existirem outras regras de combinação que diferem em suas etapas de normalização. Os procedimentos adotados por todas as regras de combinação são independentes da ordem de combinação das evidências.

#### Quadro de Discernimento

O quadro de discernimento, ambiente, ou  $\Theta$ , é um conjunto das hipóteses possíveis, ou seja, a resposta correta deve estar no  $\Theta$ . O ambiente deve: Ser exaustivo, ou seja, conter todas as possíveis soluções para o problema; Possuir elementos primitivos mutuamente exclusivos.

#### Função de Massa

A função de massa,  $m$ , ou massa básica de crença. É a quantidade de crença atribuída aos elementos do ambiente.

#### Função de Crença

A função de crença, ou *Bel*, mede o quanto um subconjunto é credível, ou seja, o quanto ele sustenta ser a resposta correta. Deve-se calculá-la através da soma das crenças atribuídas a um mesmo subconjunto.

#### Regra de Dempster

O processo de acúmulo de evidências requer um método que combine as crenças das informações oriundas de fontes diferentes. A regra usualmente empregue para a combinação deste tipo de situação é a Regra de Dempster.

A Regra de Dempster é composta por uma soma ortogonal e uma normalização:

$$m_1 \oplus m_2(A) = x \sum_{\substack{B \cap C = A \\ A \neq \emptyset}} m_1(B)m_2(C), \forall A \subseteq \Theta$$

Onde:  $m_1 \oplus m_2$  demonstra a combinação das evidências  $m_1$  e  $m_2$  e  $X$  é a constante de normalização, definida como:

$$X = \frac{1}{k} \quad \text{e} \quad k = \sum_{A_i \cap B_j = \emptyset} m_1(A_i)m_2(B_j)$$

**Peso de Conflito**

É o logaritmo da constante de normalização,  $\log(X)$ , entre as funções de crença, e denotado por  $Con(Bel_1, Bel_2)$ :

$$Con(Bel_1, Bel_2) = \log(X)$$

Se  $Bel_1$  e  $Bel_2$  não conflitam em nada, ou seja, a soma das crenças após a combinação ainda resultar em 1, o peso de conflito é 0.

### 3.2 Resultado contra-intuitivo

Um problema clássico com a regra de combinação é o comportamento contra-intuitivo, que ocorre quando as evidências a serem combinadas possuem concentração de crença em elementos disjuntos, e um com baixos valores de crença atribuídos a ele; ou ainda, quando o peso de conflito é alto.

Esse comportamento contra-intuitivo é causado pela ausência, na regra de combinação, de um meio entístico de rebaixamento de crenças proporcionalmente à quantidade de desconhecimento ou conflito entre as evidências, o que a leva a atribuir 100% de probabilidade a um elemento menos acreditado, porém comum às evidências.

Exemplo 1: Foi proposto a um a equipe de desenvolvedores de jogos escolher qual o tipo de jogo seria desenvolvido com um personagem famoso da indústria têxtil, a equipe se dividiu em dois e opino em três tipos diferente,  $\Theta = \{Aventura, Corrida, Luta\}$

O primeiro grupo de designers consultado afirma que há 99% de probabilidade que o jogo de aventura faça mais sucesso, e 1% de ser o jogo de corrida:

$$m_1\{Aventura\} = 0,99$$

$$m_1\{Corrida\} = 0,01$$

O outro grupo de designers consultado desconsidera o jogo de aventura, afirmando que o jogo de luta tem mais haver com o personagem e atribui 99% de certeza, porém acha que o jogo de corrida merece uma pequena crença:

$$m_2\{Corrida\} = 0,01$$

$$m_2\{Luta\} = 0,99$$

Combinando as informações pela Regra de Dempster, têm-se:

$$m_3\{Aventura\} = 0$$

$$m_3\{Corrida\} = 1$$

$$m_3\{Luta\} = 0$$

Ou seja, 100% de probabilidade que a solução é o jogo de corrida, contradizendo a intuição.

### 3.3 Lateo, uma nova regra de combinação de evidências

Adotando o enfoque de Campos [2003] empregamos uma nova regra de combinação de evidências, que rebaixa as crenças de acordo com o desconhecimento ou conflito entre as evidências, atribuindo a crença restante deste processo ao ambiente e não a hipótese comum. Denomina-se de “Lateo” essa crença que é atribuída ao desconhecimento ou conflito do resultado final.

Através desta nova regra proposta, a incerteza advinda do desconhecimento ou conflito entre as evidências, é automaticamente incorporada nos resultados. Para uma combinação de duas evidências, faz-se a divisão da soma ortogonal por  $(1 + \log(1/k))$ , ou seja,  $(1 + Con(Bel_1, Bel_2))$ .

$$m_1 \Psi m_2(A) = \frac{X \sum_{\substack{B \cap C = A \\ A \neq \emptyset}} m_1(B)m_2(C)}{1 + \log\left(\frac{1}{k}\right)}$$

Observe que essa regra divide a Regra de Dempster por  $(1 + \log(1/k))$ , essa divisão é responsável por rebaixar as crenças de acordo com o desconhecimento ou conflito entre as evidências.

Exemplo 2: Aplicando essa regra ao exemplo 1 temos:

$$k = 0,0001$$

$$X = 10,000$$

$$\log(X) = 4$$

E então:

$$m_3(\{Aventura\}) = 0$$

$$m_3(\{Corrida\}) = 0,2$$

$$m_3(\{Luta\}) = 0$$

$$\Lambda = m_3(\Theta) = 0,8$$

Observe que essa regra divide a Regra de Dempster por  $(1 + \log(1/k))$ , e essa divisão é responsável por rebaixar as crenças de acordo com o desconhecimento ou conflito entre as evidências, em outras palavras, o raciocínio é mais naturalmente modelado uma vez que a opinião comum apresenta uma crença enquanto o jogo de  $\{Luta\}$  e  $\{Aventura\}$  continuam negligenciado devido a disjunção das opiniões, porém a incerteza é representada muito melhor, já que os 80% de crença é atribuído ao ambiente e não à hipótese comum.

Outra observação é de que quanto maior for o Lateo, ou seja, o desconhecimento ou conflito entre as

evidências, maior será o intervalo de crença, reproduzindo o comportamento epistemológico de podermos definir com menos precisão nossas crenças sempre que nosso desconhecimento ou conflito aumentar.

Para mais de duas evidências, a etapa de normalização deve ser feita somente no final, ou seja, após combinar as evidências através da soma ortogonal.

#### 4. Toy model

A aplicação do Lateo a fim de inserir incerteza subjetiva no comportamento dos NPC's é basicamente simples, depende das variáveis do ambiente de um jogo, são essas variáveis que serão correspondentes ao quadro de discernimento e constará todas as possíveis crenças.

Para tomar como exemplo, temos um hipotético jogo chamado *SBgames Air Fight*, um jogo de perseguição de aeronaves dentro de um cenário grande e com geografia variada, o jogador humano pode perseguir ou ser perseguido pelo NPC dependendo de como se posicionar. A técnica de Inteligência artificial para modelar o comportamento do NPC vai ser chamada de "máquina de tomada de decisão lateano" onde o estado de ação do NPC mudará de acordo com a incerteza analisada após a combinação das evidências.

Num determinado evento dentro do jogo, o NPC está sendo perseguido pelo jogador humano e precisa decidir que rota tomar para escapar e posicionar-se na situação de perseguidor, para isto ele analisa as variáveis do ambiente e toma sua decisão que tenha menor incerteza.

No jogo, o quadro de discernimento será as opções de ações que o NPC pode fazer, e os especialistas ou fonte a serem combinadas são as muitas variáveis, por exemplo, {Combustível disponível, altura, poder de fogo do inimigo, geografia local, defesas disponíveis, velocidade do vento, potencia do motor, proximidade à uma base}entre outros, cada variável carrega consigo todas as opções disponível, e deposita crenças entre o mais seguro e menos seguro caminho a se tomar. O sistema de jogo capta uma variável e combina com outra, aplicando a incerteza subjetiva, se o valor resultante apresenta alto grau de incerteza outra variável é analisada a fim de diminuir a incerteza e obter a mudança de estado. Algumas variáveis não apresentam massas de crença para determinadas situações, por exemplo, qual armamento usa? A variável {defesas disponíveis} emite uma opinião nula, ou seja, é descartado, pois se emitisse o desconhecimento explícito, 100% de crença ao ambiente, aumentaria a incerteza no processo e só atrapalharia a tomada de decisão.

Aplicando esta teoria na regra de combinações de evidência, o Lateo, teríamos a seguinte situação:

Exemplo2: Jogador humano está perseguido jogador NPC, o Jogador NPC esta no estado "fugindo" e precisa mudar para o estado "Contra atacar", para isso combina inicialmente duas variáveis, [altura] e [poder de fogo]. Cada variável emite sua opinião de qual

movimento de contra ataque deve fazer, existe inúmeros movimentos dentro da aviação para o contra-ataque, foge ao escopo desse trabalho explicar cada um deles, por isso vamos reduzir os termos desses movimentos. Os movimentos disponíveis serão  $\Theta = \{\text{Movimento1, Movimento2, Movimento3, Movimento4}\}$ .

A variável [altura] percebeu que alguns movimentos seriam dificuldades pela pouca altitude e outros seriam impossíveis se não o avião colidiria com o solo, assim emitiu a seguinte opinião:

$$m_1 \{\text{movimento1}\} = 0,54$$

$$m_1 \{\text{movimento2}\} = 0,23$$

$$m_1 \{\text{movimento3}\} = 0,23$$

$$m_1 \{\text{movimento4}\} = 0,00$$

A variável [poder de fogo] viu em seu banco de dados o armamento disponível e seleciono os movimentos que seriam mais efetivos:

$$m_2 \{\text{movimento1}\} = 0,19$$

$$m_2 \{\text{movimento2}\} = 0,12$$

$$m_2 \{\text{movimento3}\} = 0,12$$

$$m_2 \{\text{movimento4}\} = 0,57$$

Existe um pequeno um conflito nas variáveis, o {movimento4} segundo a variável [altura] é impensável pois ira destruir a nave, mas segundo a variável [poder de fogo] é o movimento mais eficaz para contra atacar e destruir o oponente, vamos a combinação das evidencias Combinando as informações pela Regra de Dempster,

		m1 {M1}	m1 {M2}	m1 {M3}	m1 {M4}	Theta
		19%	12%	12%	57%	0,00%
m2 {M1}	54%	0,102 6	0	0	0	0,000
m2 {M2}	23%	0	0,027 6	0	0	0,000
m2 {M3}	23%	0	0	0,027	0	0,000
m2 {M4}	0%	0	0	0	0,000	0,000
Theta	0%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Normali- zação		m3 {M1}	m3 {M2}	m3 {M3}	m3 {M4}	Theta
		0,102	0,027	0,027	0,000	0,000
Combina- ção das evidências		m3 {M1}	m3 {M2}	m3 {M3}	m3 {M4}	Lateo
		36%	10%	10%	0%	45%

Tabela 1 : primeira combinação das evidências.

têm-se:

Neste caso o conflito é evidente, resultado em uma incerteza muito grande, o Lateo, essas incerteza é analisada pelo NPC que decide que é melhor consultar

outras variáveis a fim de diminuir a incerteza de qual movimento fazer.

O NPC agora escolheu, aleatoriamente, a variável [combustível], essas escolheu o movimento que gaste menos combustível para que a perseguição dure mais tempo e caso o movimento falhe o NPC tenha outra oportunidade de contra atacar, sua crença foi:

$$m_3\{\text{movimento1}\} = 0,0$$

$$m_3\{\text{movimento2}\} = 0,0$$

$$m_3\{\text{movimento3}\} = 0,0$$

$$m_3\{\text{movimento4}\} = 0,0$$

Ou seja, a variável opino que só existia um movimento indicado para se realiza, o único que daria margens a uma nova tentativa caso esta falhe, segundo a análise do combustível que ainda resta na nave. Combinando as evidências temos:

	m3 {M1}	m3 {M2}	m3 {M3}	m3 {M4}	Theta
	0,10	0,03	0,03	0,00	0,00
m4 {M1} 100%	0,1026	0	0	0	0,00
m4 {M2} 0%	0	0	0	0	0,00
m4 {M3} 0%	0	0	0	0	0,00
m4 {M4} 0%	0	0	0	0,00	0,00
Theta a 0%	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
Normali- zação	m5 {M1} 0,1026	m5 {M2} 0,00	m5 {M3} 0,00	m5 {M4} 0,00	Theta 0,00
Combina- ção das evidências	m5 {M1} 50,28	m5 {M2} 0,10	m5 {M3} 0,10	m5 {M4} 0,00	Lateo 0,45

Tabela 2 : segunda combinação das evidências.

Neste momento o NPC se decide em qual movimento fazer, a incerteza ainda está muito alta para uma tomada de decisão eficiente, mas o pouco tempo disponível e a necessidade de torna o jogo dinâmico faz a maquina mudar de estado rapidamente sem procurar processar muitas variáveis, a não ser que seja necessário. O NPC toma a decisão pelo {movimento1}, pois apresentou um valor de certeza maior do que a incerteza somada com as outras opiniões.

Este exemplo ilustra como a maquina funcionaria, esta tomada de decisão está mais próximo do pensamento humano pois analisa a incerteza envolvida no processo através de dados fornecidos por diversas fontes, assim como o jogador humano ao jogar presta atenção aos valores de combustível, altura e poder de fogo o NPC também analisa.

## 5. Conclusão

O problema que originou-se durante o projeto de um game, a falta de uma modelagem mais precisa do comportamento dos NPCs, se desdobrou em uma possível nova técnica de IA que insere a incerteza subjetiva, tornando essa modelagem mais próxima do comportamento humano. As várias técnicas utilizadas atualmente falharam ao analisar a incerteza envolvida, tornando o comportamento dos NPCs previsível e padronizado. A nova técnica desenvolvida necessita de melhor análise, porém um estudo de caso envolvendo-a não é algo distante, comprovando sua eficiência na prática, é vislumbrado um novo futuro para as técnicas de IA, simulando o pensamento humano mais naturalmente, pois a tomada de decisão humana trás consigo uma incerteza envolvida.

## Referências

Baxter, Mike. 1998. Projeto do produto: guia prático para o desenvolvimento de novos produtos. São Paulo: Edgard Blücher.

Bomfim, Gustavo Amarante. 1995. Metodologia para o desenvolvimento de projetos. João Pessoa: Ed. Universitária UFPB.

Bonsiepe, Gui et al. 1984. Metodologia experimental: desenho industrial. Brasília: CNPq /Coordenação Editorial,

Borges, G. 1998. Sgmoo: Sistema gestor de métodos orientados a objetos baseado em conhecimento. Master's thesis, *Departamento de Ciência da Computação* - Universidade de Brasília.

Campos, F.; Campello de Souza, F. 2005. Extending Dempster-Shafer theory to overcome counter intuitive results. Artigo publicado no *IEEE/NLP-KE-05*, Beijing, China.

Campos, F.; Neves, A.; Campello de Souza, F. 2007. Decision making under subjective uncertainty. Artigo publicado no *IEEE-SSCI-MCDM 2007*, Honolulu, USA.

Ferson, S.; Kreinovich, K., Ginzburg, L.; Myers, D.; Sentz, K. 2003. Constructing probability boxes and Dempster-Shafer structures. *Sand Report*, Jan. Unlimited Release.

Frisoni, Bianka C. 2000. Ergodesign, metodologia ergonômica: "designing" para o uso humano. 2000. 321 f. *Dissertação (Mestrado em Design)* – Programa de Mestrado em Design, PUC-RJ, Rio de Janeiro.

Gelernter, D. 2007 Artificial Intelligence Is Lost in the Woods. *Periodic*.

Helton, J. C. 1997. Uncertainty and sensitivity analysis in the presence of stochastic and subjective

uncertainty. *Journal of Statistical Computation and Simulation*.

Löbach, Bernd. 2001. *Diseño industrial*. Barcelona (Espanha): G. Gilli.

Matos, C. M. A. 2003. *Conhecimento X Informação: Uma discussão necessária*. *Revista Espaço Acadêmico*, n 31.

Moraes, Anamaria de; Mont'álvão, Claudia. 1998. *Ergonomia: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: 2AB.

Munari, Bruno. 2002. *Das coisas nascem as coisas*. São Paulo: Martins Fontes.

Karlsson, B. F. F. 2005. *Um Middleware de Inteligência Artificial para Jogos Digitais*. *Dissertação de Mestrado*, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Russel, S. J.; Norvig, P. 2004. *Inteligência Artificial*. *Editora Campus*.

Sentz, K.; Ferson, S. 2002. *Combination of evidence in dempster-shafer theory*. *Sand Report*, Apr. Unlimited Release.

Shafer, G. 1976. *A Mathematical Theory of Evidence*. *Princeton University Press ISBN: 0-691-08175-1*.

Smets, P. . 1988. *Belief functions*. In P. Smets, E. Mamdani, D. Dubois, and H. Prade, editors, *Non-Standard Logics for Automated Reasoning*. Academic Press, San Diego CA, USA, 1988. ISBN: 0-12-649520-3.

Uchoa, J. Q.; Panotim, S. M.; Nicoletti, M. 2000. *Elementos da teoria da evidência de dempster-shafer*. *Tutorial do Departamento de Computação da Universidade Federal de São Carlos*.

Zadeh, L. A. 1984. *Book review: A mathematical theory of evidence*. *AI Magazine*, 5(3):81–83.