

Avaliação Exploratória de Conceito do Sistema NÉBULA em Jogos Psicopedagógicos

Exploratory Concept Evaluation of System NÉBULA in Psychopedagogical Games

Diogo da Silva Magalhães Gomes, Universidade Federal do Rio de Janeiro,
diogosmg@gmail.com

Priscila Machado Vieira Lima, Universidade Federal do Rio de Janeiro,
priscila.lima@nce.ufrj.br

Adriano Joaquim de Oliveira Cruz, Universidade Federal do Rio de Janeiro,
adriano@nce.ufrj.br

Claudia Lage Rebello da Motta, Universidade Federal do Rio de Janeiro,
claudiam@nce.ufrj.br

Resumo. Uma das muitas aplicações de jogos eletrônicos, que empregam técnicas de inteligência computacional no processamento de suas informações, constitui a área de jogos psicopedagógicos, virtualizados em sistemas informatizados. Nesse caso, os algoritmos de inteligência computacional são aplicados dentro de processos pedagógicos para análise, intervenção e reabilitação cognitiva. No entanto, a modelagem de algoritmos matemáticos envolvidos no processo de avaliação cognitiva pode ser complexa para especialistas de outras áreas. Este trabalho apresenta o estudo exploratório de conceito de NÉBULA, uma plataforma integrada para o desenvolvimento de sistemas de inferências nebulosas de maneira simplificada e desacoplada da construção dos jogos psicopedagógicos, permitindo que as equipes multidisciplinares participem ativamente da construção da lógica auxiliar à análise cognitiva. **Palavras-chave.** Inferência nebulosa em jogos educativos, lógica nebulosa, jogos psicopedagógicos,.

Abstract. One of the many applications of intelligent electronic games is the area of psychopedagogical games that are virtualized into computer systems. In this case, the computational intelligence algorithms are applied in to the pedagogical processes for analysis, intervention and cognitive rehabilitation. However, the modelling of the mathematical algorithms involved in cognitive evaluation can be too complex for specialists from other fields. This work presents an exploratory conceptual study of NÉBULA, an integrated platform for the simplified development of fuzzy inference systems to allow the active participation of multidisciplinary teams in the construction of the underlying logics of cognitive analysis. **Keywords.** Fuzzy inference in educational games, fuzzy logic, psychopedagogical games.

1. Introdução

A construção dos jogos informatizados com aplicações didáticas envolve diversas etapas de elaboração, desde a identificação dos requisitos psicopedagógicos até a modelagem computacional das funcionalidades que irão atendê-los. Vale ressaltar a complexidade de construir algoritmos matemáticos que consigam descrever de maneira eficiente o conhecimento do especialista na representação dos critérios a serem avaliados durante a sessão de jogo. O processo de avaliação cognitiva requer o trabalho de diversos profissionais, em equipes multidisciplinares, para determinar os critérios que serão utilizados, de acordo com a função cognitiva em questão, e como os

resultados obtidos serão tratados. Estas equipes, além de neurocientistas e psicólogos, precisam ainda envolver profissionais de matemática e de informática. Em função das características inexatas e imprecisas dos problemas em questão, a construção dos modelos matemáticos pode exigir a utilização de técnicas de inteligência computacional, considerando especialmente neste contexto a técnica de lógica nebulosa (Zadeh, 1965). Uma vez construídos os modelos dos critérios de avaliação, o profissional de informática precisa integrá-los ao jogo, codificando-os em uma linguagem de programação. Somente após ter disponível uma versão testável do software é que as equipes especialistas poderão avaliar se os resultados obtidos pelo algoritmo estão de acordo com o esperado. No decorrer dos testes, as especificações do algoritmo precisam ser ajustadas, analisando e sintonizando seus parâmetros em busca de resultados mais precisos. O ciclo deve ser refeito iterativamente até uma nova implementação do software para que os testes possam ser refeitos.

Como o funcionamento do algoritmo só pode ser avaliado no contexto do jogo em execução, para cada jogo a ser criado, é necessário repetir o processo. Em geral, os algoritmos inteligentes precisam de diversos ajustes e revisões, realizados em simulações iterativas, para que atinjam um grau satisfatório de precisão. No processo tradicional, após a elaboração do modelo matemático do algoritmo, ele precisa ser implementado e integrado ao jogo, que deve então ser compilado e publicado para execução. Uma vez disponível, o jogo precisa ser testado em diversas simulações, quando os dados obtidos são validados e comparados aos objetivos propostos. Dependendo da avaliação dessa comparação, um novo ciclo de desenvolvimento precisará ser realizado. Assim, identifica-se a principal questão que representa o problema tratado por este trabalho: “Como viabilizar a definição dos algoritmos nebulosos, de forma dinâmica e desacoplada da codificação dos jogos psicopedagógicos, de maneira simplificada, permitindo a participação direta das equipes multidisciplinares envolvidas?” Para isso, este trabalho realiza uma avaliação exploratória de conceito da ferramenta NÉBULA, proposta em Gomes et al. (2010) e posteriormente implementada, que permite construir e agregar aos jogos eletrônicos recursos de inteligência computacional. A intenção é que o sistema disponibilize tais recursos de forma simplificada, visando a construção de jogos psicopedagógicos. Deste modo, os profissionais de neurociências agilizarão suas tarefas de avaliação cognitiva, podendo realizar um maior número de atendimentos. O restante deste texto está organizado da seguinte forma: após introduzir os principais conceitos de lógica nebulosa empregados e discutir sua utilização na construção de jogos na Seção 2, apresentaremos o sistema Nébulas para enunciado e experimentação com conjuntos de regras nebulosas na Seção 3. A Seção 4 apresenta um estudo exploratório para avaliação de conceito do sistema. Algumas considerações finais e tópicos de pesquisa futura são discutidos na Seção 5.

2. Inferência Nebulosa e Jogos

A matemática clássica, caracterizada por modelos e equações descritos a partir de representações precisas, muitas vezes revela suas limitações ao representar problemas do mundo real onde um alto grau de imprecisão está envolvido. No contexto da aplicação de jogos psicopedagógicos, onde se buscam modelos quantitativos para aproximar as metodologias inerentemente qualitativas, a utilização de modelos matemáticos tradicionais não traduz adequadamente toda a complexa representação de suas características imprecisas. Neste contexto, a lógica nebulosa se apresenta como uma forma de modelar o raciocínio humano, imitando sua habilidade de tomar

decisões em ambientes de incerteza e imprecisão (Goldshmidt, 2007). A teoria dos conjuntos nebulosos, ou conjuntos *fuzzy*, foi inicialmente apresentada pelo matemático Lofti Zadeh (1965), com o principal objetivo de oferecer representações matemáticas para traduzir termos aproximados, ao expressá-las em um conjunto de regras linguísticas. Se um operador humano for capaz de articular sua estratégia de ação como um conjunto de regras da forma “se-então”, é possível construir um algoritmo implementável em computador. O resultado é um sistema de inferência baseado em regras, no qual a teoria de conjuntos *fuzzy* fornece o ferramental teórico para se lidar com tais regras (Tanscheit e Scharf, 1990).

Tradicionalmente, uma proposição em lógica clássica possui dois extremos: ou a premissa é completamente verdadeira, ou é completamente falsa. Entretanto, em lógica nebulosa, o resultado desta proposição poderá variar segundo um grau de pertinência, permitindo considerá-la como parcialmente verdadeira ou parcialmente falsa. Neste sentido, a lógica *fuzzy* permite ver os “graus de verdade” como tons de cinza entre o preto e o branco, caracterizando, assim, uma generalização da lógica aristotélica. Na teoria clássica de conjuntos, o conceito de pertinência é bem definido. Dado um conjunto *A* em um universo *X*, os elementos deste universo simplesmente pertencem ou não àquele conjunto (Tanscheit e Scharf, 1990). Segundo a teoria de lógica nebulosa, um conjunto *fuzzy* *A* em um universo *X* é definido por uma função de pertinência que pode assumir um número infinito de valores no intervalo [0,1]. Isso tem como consequência permitir que um determinado elemento pode pertencer a mais de um conjunto *fuzzy*, segundo diferentes graus de pertinência. Um conjunto *fuzzy* é definido por uma função de pertinência conforme descrito na Equação 1, e representado por um conjunto de pares ordenados:

$$A = \{ \mu_A(x) / x \mid x \in X \}$$

Equação 1: Grau de pertinência de um elemento *x* a um conjunto *A* onde μ_A é a chamada função de pertinência e $\mu_A(x)$ é o grau de pertinência de *x* a *A*.

Em suma, podemos descrever em linhas gerais a função de pertinência $\mu_A(x)$ que define o grau de inclusão de um elemento *x* ao conjunto *A*, segundo as seguintes condições (Moratori, 2006):

- $\mu_A(x) = 1$, quando *x* é completamente compatível com o conjunto *A*.
- $\mu_A(x) = 0$, quando *x* é completamente incompatível com o conjunto *A*;
- $0 < \mu_A(x) < 1$ quando *x* é parcialmente compatível com *A*, com o grau $\mu_A(x)$.

Para exemplificar podemos utilizar a classificação etária de indivíduos, utilizando agora a notação dos conjuntos *fuzzy*. Destaca-se que, neste caso, um indivíduo com 25 anos e 11 meses pertence tanto ao conjunto ‘Jovem’ quanto ao conjunto ‘Adulto’, porém com diferentes graus de pertinência (Figura 1). As fronteiras entre os conjuntos não são nitidamente definidos, havendo certa interseção entre elas e, por isso, ocorre uma transição gradativa dos graus de pertinência entre os conjuntos à medida que a idade do indivíduo avança. Podemos também, neste exemplo, concluir que o indivíduo não pertence aos conjuntos ‘Criança’ e ‘Idoso’, pois nestes dois últimos casos o grau de pertinência é zero.

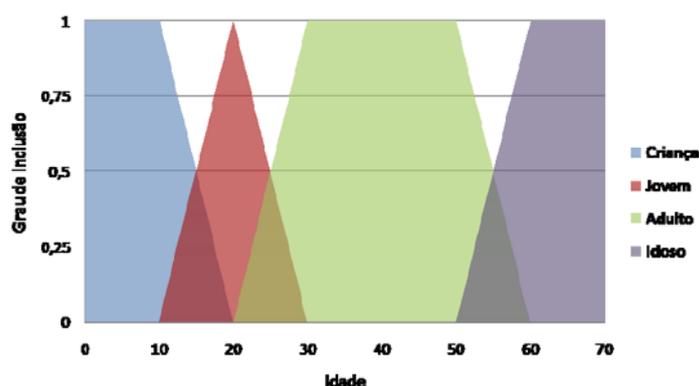


Figura 1 - Gráfico ilustrando o grau de pertinência de elementos de conjuntos fuzzy,

As funções de pertinência representam uma das principais características na modelagem de sistemas fuzzy, e definem como o universo de discurso será dividido em seus conjuntos nebulosos. Estas funções podem assumir diversas formas e diferentes valores de intervalos, dependendo do contexto empregado e da estratégia de modelagem assumida, conforme ilustrado na Figura 2. As asserções também podem ser combinadas através de operadores lógicos. O conceito de implicação está relacionado a um ramo da matemática conhecido como lógica, que é isomórfica à álgebra booleana, tendo ainda relação com a teoria dos conjuntos (Gomide et al., 1995). Na lógica clássica, uma sentença formada por diversos antecedentes, conectados por operadores lógicos “e”, seu conseqüente somente será inferido se as afirmações de todos os seus antecedentes forem verdadeiras. Em outras palavras, todas as premissas precisam ser positivas para se verificar a conclusão da sentença. No caso de uma sentença formada pelo operador “ou”, pelo menos um dos antecedentes precisa ser verdadeiro. Um sistema de inferência nebulosa faz uso, então, dessa teoria para responder a perguntas. Tal sistema encontra-se ilustrado em Gomes et al. (2010).

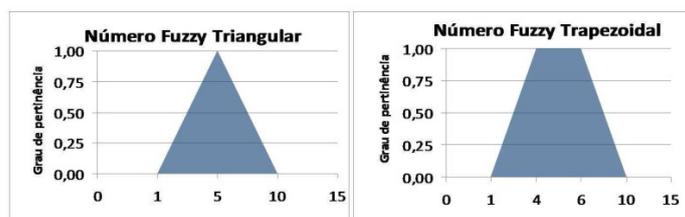


Figura 2 - Exemplos de funções de pertinência Fonte: Gomes et al (2010).

A utilização de técnicas de inteligência computacional em jogos eletrônicos é relativamente antiga, e alguns métodos tradicionais vêm sendo utilizados há bastante tempo para implementar a inteligência dos jogos (Demasi, 2003). Durante o processo de construção dos jogos eletrônicos, há uma etapa de modelagem do sistema de inferências nebuloso, em que são necessárias algumas definições para os parâmetros que compoem o sistema. Estes parâmetros podem ser considerados sob dois aspectos: os parâmetros fixos, ou aqui denominados parâmetros estruturais, que são aqueles identificados e configurados dentro das condições normais de operação; e os parâmetros alteráveis, identificados como parâmetros de sintonização, que frequentemente sofrem ajustes enquanto o sistema de inferências está sendo projetado (Gomide et al., 1995). Portanto,

para caracterização do problema, consideremos os principais módulos que compõem um sistema de inferências, agrupados em parâmetros estruturais e de sincronização. Os parâmetros estruturais são: (i) variáveis linguísticas; (ii) número de variáveis de entrada; (iii) identificação dos conjuntos nebulosos para cada variável; (iv) determinação das funções de pertinência para cada variável; (v) estrutura da base de regras e (vi) conjunto básico de regras. Os parâmetros de sintonização são: (i) universo de discurso das variáveis; (ii) parâmetros das funções de pertinência (intervalos, interseções, formato) e (iii) definições da base de regras e conectivos.

Certas propriedades que definem o sistema de inferências precisam ser testadas e analisadas, especialmente aquelas que se referem aos parâmetros de sintonização, como as relacionadas às definições das funções de pertinência e ao conjunto de regras, sua completude, consistência e robustez. Em função da flexibilidade decorrente da existência de diversos parâmetros, esta etapa de sintonização pode ser extremamente custosa, pois envolve diversas iterações de testes, análises e ajustes. Em grande parte dos trabalhos relacionados, identificou-se como característica comum que os jogos são projetados contendo o algoritmo do sistema de inferências rígido e pré-estabelecido, construídos para atender a um determinado cenário específico de utilização. Embora algumas abordagens diferenciadas para adaptação dinâmica do algoritmo de inferência possam ser encontradas em pesquisas de técnicas com auto-aprendizado, como apresentado por Demasi e Cruz (2003), este cenário onde o algoritmo inteligente faz parte do jogo é o mais comum.

3. O Sistema Nébula

Tendo sua fundamentação teórica consolidada, a partir dos trabalhos de Marques e de Seminério (Seminério, 1987), e uma série de jogos disponíveis em meio físico, os aspectos técnicos do Sistema Nébula foram alicerçados pela arquitetura definida para a plataforma computacional de desenvolvimento de jogos psicopedagógicos (Ferreira, 2009). Neste sentido, esta plataforma arquitetural dispõe do *framework* Phidias (Gomes et al., 2009), que oferece ferramentas para a construção dos jogos e disponibiliza uma base de dados estruturada para armazenamento das informações coletadas durante as sessões de jogo. Portanto, o sistema integrado Nébula se propõe a preencher uma importante lacuna dentro do contexto da linha de pesquisa, ao oferecer a possibilidade de utilização dos recursos de inteligência computacional nos jogos psicopedagógicos, caracterizados por sistemas de inferência nebulosos. É desejável, portanto, uma ferramenta que permita a interação direta do especialista em neurociências, detentor do conhecimento, na modelagem e especificação das definições que serão utilizadas pelo sistema de inferências na avaliação cognitiva, permitindo-o testar e alterar estes parâmetros de uma maneira simplificada e intuitiva de uma forma desacoplada da construção dos jogos.. Ao disponibilizar uma interface simples e intuitiva, objetiva-se permitir o envolvimento de toda a equipe multidisciplinar nas definições do algoritmo, formalizando o conhecimento do especialista a partir da descrição de regras nebulosas em termos linguísticos. Mesmo após sua integração ao jogo, uma simples modificação nos parâmetros do algoritmo a partir da interface Nébula já produz efeito imediato e não exige que o jogo seja recompilado ou republicado – se o código do jogo seguir as práticas de implementação recomendadas, este não precisa nem mesmo ser reiniciado, e as alterações serão imediatamente percebidas.

A ferramenta Nébula não está diretamente associada a nenhuma base de dados específica, sendo desacoplada e independente de qualquer fonte de dados, que é especificada através de uma *Application Programming Interface* (API), tornando-a

independente de soluções tecnológicas específicas. A interface gráfica do Nébula objetiva unificar todo o processo de construção dos algoritmos inteligentes conferindo aos usuários a capacidade de testar e analisar os resultados dos algoritmos dentro de uma única ferramenta, realizando os ajustes necessários de maneira dinâmica para se buscar melhores resultados, de acordo com os objetivos dos especialistas envolvidos. Para iniciar a construção de uma instância do algoritmo de inferências, o primeiro passo é designar um identificador que o represente. Este identificador será utilizado pelo desenvolvedor do jogo para obter, através de uma API, a instância da inferência correspondente para ser utilizada no cenário desejado. Uma vez obtida a instância da inferência apropriada, o jogo pode submeter os conjuntos de dados de entrada para processamento e receber como retorno os valores inferidos.

Em seguida, são selecionadas quais variáveis nebulosas serão consideradas na composição dessa instância de inferência. O sistema disponibiliza, inicialmente, um conjunto pré-selecionado de variáveis globais comumente utilizadas em jogos psicopedagógicos, normalmente componentes da base de dados integrada da plataforma Phidias (Gomes et al., 2009), como tempo de resposta, quantidade de erros e de acertos, e alguns outros eventos de interação coletados automaticamente pelo Phidias. Além dessas, o especialista pode ainda especificar sua própria variável, que será válida apenas no contexto desta inferência, conforme a necessidade para o problema a ser tratado. Em suma, a configuração de uma instância de inferências no sistema é constituída das etapas: (i) identificação da instância de inferências por um nome único; (ii) seleção das variáveis de entrada e de saída; (iii) definição das partições nebulosas para cada variável de entrada e de saída; (iv) composição do conjunto de regras nebulosas; (v) execução e testes do sistema de inferência e (vi) análise de resultados e sintonização do sistema, a partir de alterações na base de regras e nas funções de pertinência. A comunicação entre os módulos é realizada a partir de componentes de software, que encapsulam um conjunto de responsabilidades, podendo ser reutilizados em diferentes situações, em especial, em jogos psicopedagógicos. A arquitetura geral do Nébula, delineada em Gomes *et al* (2010), posteriormente implementada e teve seu conceito avaliado de forma exploratória, conforme relatado na Seção 4.

4. Estudo de Caso Prático-exploratório com Grupo de Especialistas

O presente estudo de caso tem natureza prática exploratória, propondo a utilização do sistema Nébula por um grupo de usuários, composto essencialmente pelos diferentes perfis de especialidade presentes nas equipes multidisciplinares de participantes do projeto de virtualização de jogos psicopedagógicos, com o objetivo de validar a hipótese de sua viabilidade de uso, caracterizada informalmente por seu critério de usabilidade. Tal se dará a partir do registro das percepções, opiniões e comentários dos usuários, além de características observadas no decorrer do estudo. A premissa considerada é que os múltiplos conhecimentos presentes em cada especialidade se complementarão, e que o conhecimento do grupo seja suficiente para permitir que pedagogos, psicólogos e lingüistas atuem conjuntamente com cientistas da computação, concentrando na ferramenta suas tarefas de modelagem do algoritmo.

Desta forma, a meta considerada para a realização dos objetivos consiste em permitir que os usuários disponham de uma interface integrada para a completa modelagem do algoritmo de inferências, incluindo a especificação de seus parâmetros de configuração e regras, a realização de simulações e testes, e a correspondente alteração de seus parâmetros de sintonização, de forma desacoplada da construção e da execução dos jogos. Portanto, a metodologia proposta para este estudo de caso se

concentra em apresentar a um grupo de especialistas um modelo de avaliação cognitiva previamente especificado, inserido no contexto de um jogo psicopedagógico escolhido para este estudo, e solicitar-lhes que realizem na ferramenta Nébula a criação de uma instância de inferências, de acordo com as premissas estabelecidas por este modelo de avaliação. O modelo de avaliação e o jogo psicopedagógico escolhidos para a realização deste estudo correspondem às funções cognitivas de atenção, cujos critérios foram propostos pelo grupo de trabalho interdisciplinar GINAPE/NCE/UFRJ. Ressalva-se que o estudo não se propôs a validar o modelo em si, nem tampouco os requisitos considerados no jogo de atenção selecionado, mas sim a capacidade do Sistema Nébula em representá-lo, a partir da definição dos parâmetros apropriados para um sistema de inferências nebuloso que refleta as percepções e conhecimentos dos especialistas.

O modelo considerado busca corresponder às funções cognitivas de atenção: *Atenção Focal*, *Seletiva*, *Dividida* e *Alternada*, (Brickenkamp, 2002; Lima, 2005), cujos termos podem ser assim definidos: (i) *Atenção Focal* (ou concentrada) é a focalização da atenção a um determinado objeto ou a uma ação; (ii) *Atenção Seletiva* é definida pela capacidade do indivíduo privilegiar determinados estímulos em detrimento de outros; (iii) *Atenção Alternada* (ou alternância da atenção) é “a capacidade do indivíduo em alternar o foco atencional, e (iv) *Atenção Dividida* (ou distributiva), quando esta é dividida para o desempenho de duas tarefas simultaneamente. Ainda segundo Lima (2005) “a atenção dividida é caracterizada por um processamento automático, ao contrário de outros tipos de atenção que ocorrem por processamento controlado e, portanto, consciente do sujeito. Deve-se ainda definir a *Atenção Sustentada*, que representa a capacidade do indivíduo em mantê-la focalizada em uma seqüência de estímulos, por um período de tempo, para conseguir desempenhar determinada tarefa (Sternberg, 2000; Sarter et al., 2001).



Figura 3 - Modelo de tela e regras propostos para o Jogo *Monta Boneco*.

Tabela 1 - Tabela de referência para a base de regras.

<i>Tempo</i>	Lento	Normal	Rápido
<i>Precisão</i>			
Baixa	Ruim	Ruim	Ruim
Médio	Ruim	Regular	Regular
Alta	Regular	Bom	Bom

O modelo propõe ainda a utilização de funções matemáticas para calcular o nível de atenção em que a criança está situada, a partir de uma proporção direta entre a precisão dos resultados aferidos e a rapidez das respostas. Estas funções estabelecem índices numéricos para posicionar o desempenho da criança durante o jogo, no contexto da função cognitiva analisada. Este índice obtido, portanto, pode ser compreendido como um coeficiente, ou escore, cujo significado deve ser apropriado a partir de uma

comparação com uma tabela de referência previamente estabelecida. No entanto, esta tabela de referência, que seria criada a partir de um conjunto de experimentos realizados com grupos de controle, não está ainda disponível. Na ausência de significância diretamente compreensível para estes coeficientes, o estudo de caso propõe ao especialista especificar uma instância de inferências que represente sua percepção acerca dos critérios apropriados para a avaliação destas funções cognitivas, tendo como fundamento os critérios estabelecidos pelo modelo de avaliação considerado. O modelo de cálculo para avaliação das funções cognitivas de atenção leva em consideração: (i) total de erros; (ii) total de acertos; (iii) precisão e rapidez de atenção local; (iv) precisão e rapidez de atenção dividida e (v) precisão e rapidez de atenção seletiva.

Tabela 2 - Totalização de respostas obtidas para cada item do questionário, onde: 0 = Discordo Totalmente; 1 = Discordo Parcialmente; 2 = Indeciso; 3 = Concordo Parcialmente e 4 = Concordo totalmente

Questão	0	1	2	3	4
1- A interface do Nébulas facilita o usuário no desenvolvimento. do algoritmo, orientando-o por uma seq. de passos.				1	3
2- As facilidades oferecidas através de gráficos, tabelas, dicas e menus contribuíram para melhorar a compreensão das representações matemáticas envolvidas no processo de construção dos algoritmos.				1	3
3- A utilização do sistema Nébulas permite melhorar a integração das equipes multidisciplinares, ao atuarem conjuntamente na definição dos algoritmos.				1	3
4- A funcionalidade de simulação auxiliou no processo de testes, validação e sintonização dos parâmetros do alg.					4
5- Foi possível realizar alterações nos parâmetros de sintonização do algoritmo a partir do sistema Nébulas, e percebê-las imediatamente no jogo em execução.				1	3
6- A utilização do sistema Nébulas melhorou o processo de desenvolvimento dos algoritmos utilizados nos jogos psicopedagógicos, em relação ao modelo tradicional.				1	3
7- Foi percebida vantagem no sistema Nébulas, em comparação às demais opções que envolvem o uso de ferramentas de engenharia (como o Matlab) e a utilização de técnicas que exigiam desenvolvimento de código (Java, C, etc).				1	3
8- Os resultados da inferência estavam de acordo com o esperado.					4
9- Você se sentiu confortável em utilizar o sistema?					4

Escolheu-se o jogo *Monta Boneco* (Ferreira, 2009), ilustrado pela Figura 3. Para a base de regras, que correlacionam as partições das variáveis de entrada de maneira causal com as partições da variável de saída, sugeriu-se a da Tabela 1. Porém, durante o experimento, o especialista teve a liberdade de estabelecer livremente o conjunto de regras a ser formado, optando por utilizar a tabela sugerida apenas como exemplificação do formato. O mesmo se aplicou para as as partições nebulosas das variáveis de entrada e de saída. A fim de estruturar uma metodologia para padronizar a medição das opiniões dos usuários a respeito da ferramenta durante o experimento, propôs-se um roteiro para orientar uma entrevista, organizado na forma de um questionário, a fim de servir como protocolo para a avaliação, fundamentado nas especificações descritas pela Norma ISO 9241, que define o termo usabilidade como "a capacidade de um produto ser usado por usuários específicos para atingir objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso" (ABNT, 2002). Resumida e informalmente, pode-se conceituar o termo usabilidade como os atributos de um produto que o torna mais fácil de usar.

O estudo de caso prático exploratório foi realizado com quatro indivíduos, com diferentes perfis especialistas, todos participantes do grupo de pesquisa do projeto de virtualização de jogos psicopedagógicos, conduzido pelo curso de mestrado em informática do NCE/PPGI, da UFRJ. Os perfis especialistas envolveram as áreas de psicologia, letras, pedagogia e informática. A metodologia para a realização do estudo de caso consistiu em fazer uma breve explicação dos conceitos básicos sobre lógica nebulosa e o que é um algoritmo de inferência, seus resultados esperados, as variáveis envolvidas e suas representações gráficas para as suas partições. Como a ferramenta objetiva que os profissionais de diferentes especialidades atuem em conjunto, incluindo tanto profissionais de educação como de ciências exatas, atuando em conjunto, permitiu-se realizar o experimento na forma de uma sessão dirigida, onde o usuário operava o sistema modelando os parâmetros de acordo com o seu entendimento, recorrendo ao mediador para discutir sobre as melhores opções para a modelagem e esclarecimentos de eventuais dúvidas. O processo de modelagem do algoritmo foi discutido em conjunto durante a realização do experimento, como assim o seria em uma situação real de uso. A Tabela 2 apresenta a totalização de respostas para cada item, para cada grau de avaliação correspondente. Em complementação às respostas objetivas, alguns registros escritos voluntariamente manifestados evidenciaram alguns pontos positivos do sistema Nébulas e sua relevância, assim como demonstraram alguns pontos que requerem atenção. Os resultados apresentados indicaram a aceitação do Sistema Nébulas pelo público-alvo de especialistas, que conseguiram modelar na ferramenta o algoritmo de inferências propostos, integrá-lo a um jogo psicopedagógico e observaram em tempo real os resultados processados pela instância de inferências recém-criadas. Os recursos de simulação e de sintonização de parâmetros foram experimentados e analisados, e os registros obtidos a partir da observação prática e das respostas formalizadas nos questionários de avaliação evidenciaram que o sistema Nébulas permitiu que usuários de diferentes áreas de especialidades realizassem a modelagem de algoritmos de inferência de maneira simples, utilizando a ferramenta integrada e abstraindo a complexidade das representações matemáticas, simplificando o modelo tradicional de desenvolvimento de algoritmos de inteligência computacional a serem incluídos nos jogos psicopedagógicos.

5. Conclusão

Dentro da linha de pesquisa para a virtualização de jogos psicopedagógicos do GINAPE/NCE/UFRJ, este trabalho pode ser considerado pioneiro ao permitir a utilização de inteligência computacional agregada aos jogos construídos. Portanto, diversas oportunidades para o desenvolvimento de trabalhos futuros podem ser vislumbradas. Primeiramente, faz-se necessário realizar experimentos em condições controladas e numa escala maior, empregando critérios de usabilidade de forma mais ampla e sistemática. O grande desafio da modelagem de algoritmos de inferência está relacionado à correta descrição do conjunto de regras. Assim, podem-se propor frentes de estudo que se dediquem a pesquisar auto-aprendizado, ou aprendizado adaptativo, em que técnicas adicionais de inteligência computacional podem ser utilizadas para analisar bases de dados para servirem de exemplo para determinarem tanto o conjunto de regras, como as funções de pertinência para as variáveis de entrada. Além disso, outras técnicas de inteligência computacional podem ser disponibilizadas tais como redes neurais artificiais, análise bayesiana, ou sistemas mistos *neuro-fuzzy*. Ainda quanto à modelagem das regras, pode-se propor a construção de um módulo tutor para orientar o especialista na elaboração e sintonia dos parâmetros do algoritmo e na definição de regras, otimizando o algoritmo de busca de melhores resultados.

Finalmente, a plataforma pode ser aplicada a outros domínios, como por exemplo, no auxílio à definição de regras *fuzzy* para negócios por analistas de negócios.

Referências bibliográficas

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9241-11/2002 - Requisitos ergonômicos para trabalho de escritórios com computadores: orientações sobre usabilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.
- BRICKENKAMP, R. Teste d2: atenção concentrada. In: ALVES, I. C.B. (Ed). **Manual/padronização brasileira**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2002.
- DEMASI, P. **Estratégias adaptativas e evolutivas em tempo real para jogos eletrônicos**. Rio de Janeiro: PPGI/IM-NCE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003. Dissertação de Mestrado.
- DEMASI, P. ; CRUZ, A. J. O. Aprendizado de regras nebulosas em tempo real para jogos eletrônicos. In: **SIMP. BRAS. DE SIST. MULTIMÍDIA E WEB JOGOS**, 11., 2003. Salvador. Anais. SBC, 2003.
- FERREIRA, P. A. P. **Um projeto arquitetural para sistemas neuropedagógicos integrados**. Rio de Janeiro: PPGI/IM-NCE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009. Dissertação de Mestrado.
- GOLDSCHMIDT, R. **KDD e mineração de dados: noções introdutórias em lógica nebulosa**. Rio de Janeiro: Univercidade, 2007. Relatório Técnico.
- GOMES, D. S. M.; MORAES, A. L. A; BETTINI, S. B. L.; MARQUES, C. V. M.; OLIVEIRA, C. E. T. **Phidias: Construção para agilizar a virtualização de jogos metacognitivos**. Rio de Janeiro: NCE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009. Relatório Técnico.
- GOMES, D. S. M.; MOTTA, C. L. R.; CRUZ, A. J. O Sistema integrado para construção de inferências aplicáveis a jogos psicopedagógicos. **Rev. Brás. de Comp. Aplicada**, Passo Fundo, v.2, n.2, p. 58-68, 2010.
- GOMIDE, F.; GUDWIN, R.; TANSCHKEIT, R. Conceitos fundamentais da teoria de conjuntos fuzzy, lógica fuzzy e aplicações. In: **IFSA WORLD CONGRESS**, 6,1995, Anais. São Paulo: IFSA, p.1-38, 1995.
- LIMA, R. F. de. Compreendendo os mecanismos atencionais. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, Ano 2, v.6, nov. 2005. Disponível em: <<http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v06/m24554.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2011.
- MORATORI, P. B. **Análise de estabilidade e robustez de controladores nebulosos: aplicação ao controle de trajetória de robôs**. Rio de Janeiro: PPGI/IM-NCE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006. Dissertação de Mestrado.
- SARTER, M.; GIVENS, B.; BRUNO, J. P. The cognitive neuroscience of sustained attention: where top-down meets bottom-up. **Brain Research Reviews**, Amsterdam, v. 35, n. 2, p. 146-160, Apr. 2001
- SEMINÉRIO, F. P. Elaboração dirigida: um caminho para o desenvolvimento metaprocessual da cognição humana. **Cadernos do ISOP**, Rio de Janeiro. n.10. 1987.
- STERNBERG, R. J. **Psicologia cognitiva**. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- TANSCHKEIT, R.; SCHARF, E.M. Controle de um braço mecânico através de um controlador fuzzy self- organising. In: **CONG. BRAS. DE AUTOMÁTICA**, 8. 1990, Belém. Anais. Belém: SBA, 1990.p. 481-487.
- ZADEH, L.A. Fuzzy sets. **Inf. and Control**, New York, v. 8, n.3, 1965.