

Um Simulador de Decisão Humana em Situações de Emergência

Daniel Costa de Paiva¹, Jaqueline Angélica Guiducci da Silva², Marcio Lobo Netto¹

¹ Departamento de Sistemas Eletrônicos, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), São Paulo, SP, Brasil

² Departamento de Ciência da Computação da Faculdade Governador Ozanam Coelho (FAGOC), Ubá, MG, Brasil
nartos@gmail.com, jaque.guiducci@gmail.com, lobonett@lsi.usp.br

Abstract. This paper presents a study about the human reaction on emergency situations. It is proposed a Neural Network topology, where the parts of the brain involved in fear response are represented. Based on this topology, it was developed a prototype where some factors common on fire situations are activated. During the simulation, the agents that perceive the danger situation can be affected and have to save themselves. Finally, the results and the next steps to be performed are presented.

Keywords: Virtual Human Simulation, Emergency Situations, Fear Reaction.

1 Introdução

A simulação computacional de humanos virtuais é a cada dia mais relevante, devido ao interesse em compreender características tanto no aspecto social como para planejamento urbanístico e arquitetônico. O comportamento é um fator de grande importância e objeto de estudo em diversas áreas, dentre elas, a computação, a sociologia e a psicologia. Simular o comportamento não é tarefa simples dada à complexidade das características individuais e coletivas [6], principalmente quando a opção é tratar seres humanos. Além disso, estudos comprovam que o comportamento de um indivíduo varia de acordo com o ambiente no qual ele está inserido [16].

No âmbito de simulação de movimentação de humanos virtuais, duas frentes podem ser identificadas, uma que aborda questões relativas a situações de pânico e outra aplicada a situações da vida cotidiana. Esta última é voltada para auxiliar empresas e demais interessados na definição de melhores opções a respeito de horário de funcionamento, capacidade e localização de suas instalações.

Em simulação de situações de pânico, o susto repentino provoca reação, muitas vezes, desordenada e de propagação rápida, tanto quando a análise é feita internamente aos agentes, ou seja, no organismo deles, quanto na movimentação diante do perigo. Modelos de comportamento visam reproduzir e aumentar o entendimento a respeito da forma com a qual os agentes tomam decisões durante a simulação [11, 12, 27]. Nestas situações é percebido comportamento individualista,

pois as pessoas pensam inicialmente em salvar a própria vida, e agem de forma quase irracional, não se preocupando com as conseqüências de suas ações [16]. Simular, portanto situações de risco, auxilia não só no entendimento do comportamento, mas também é uma tentativa de identificar formas de agilizar e orientar futuras tomadas de decisão prezando sempre pela segurança das pessoas envolvidas.

A prevenção, em especial a ocorrência de incêndios, um risco iminente, preocupa as empresas [18]. A legislação brasileira exige que elas cumpram o que diz a norma regulamentadora NR-23¹ – Proteção contra incêndio, além de determinações específicas do Corpo de Bombeiros. Mesmo com prevenção o risco é eminente e, quando ocorre um incêndio as chances de haver feridos é grande [18]. Além disto, diversas são as atividades preventivas existentes e também é grande o número de publicações que tratam situações de emergência [1, 2, 4, 5, 7-10, 13, 15]. No entanto, especificamente o problema a ser tratado neste trabalho refere-se à forma de decisão de um agente nestas situações, utilizando para isto conceitos da cognição humana e formas de reação ao medo.

A hipótese então é de que é possível desenvolver um modelo considerando os caminhos envolvidos no tratamento de reação ao medo pelo cérebro humano e fatores que afetam os agentes em situações de incêndio (conforme [3]) e, portanto influenciam suas decisões de fugir ou não.

Propôs-se o desenvolvimento de um protótipo e a análise dos resultados decorrentes de alguns cenários, avaliando, a quantidade de sobreviventes e o impacto do tratamento dos caminhos envolvidos na reação ao medo. Nesta linha está proposta uma topologia de Rede Neural e sugerido seu aprimoramento e implementação.

Este artigo está organizado de forma a apresentar na próxima seção conceitos relativos à decisão humana em situações de emergência. Seguindo tem-se o modelo proposto (seção 3) e o protótipo desenvolvido (seção 4). Na seção 5, estão explicados os estudos de caso e, na seção 6, os resultados obtidos e, por fim as considerações finais e trabalhos futuros (seção 7).

2 Decisão Humana em Situações de Emergência

Os principais fatores envolvidos na decisão humana em situações de emergência são ligados ao sentimento e às emoções. Estas, segundo Goleman [20], são definidas como impulsos adquiridos durante a evolução humana. Além de ter um papel fundamental na vida do ser humano, cada emoção desempenha uma função no organismo para gerar determinada resposta [19]. Algumas emoções são consideradas, por pesquisadores, como primárias [19]. A partir destas, se originam todas as demais, através da mistura de sentimentos. Para o medo, por exemplo, tem-se “ansiedade, apreensão, nervosismo, preocupação, consternação, cautela, escrúpulo, inquietação, pavor, susto, terror; e como psicopatologia, fobia e pânico” [20].

O medo é uma das emoções que mais ajudam o homem. Ele foi adquirido como uma forma de proteção do indivíduo e de sua família e é uma forma de reconhecimento que vale também para os semelhantes, sendo assim, decisivo para a

¹ Disponível em www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_23.pdf, acessado em 06 mar. 2009.

sobrevivência do homem durante a evolução [14]. É caracterizado por uma sensação de que se corre perigo, de que algo de ruim está para acontecer [21]. Quando é desproporcional, uma ameaça verdadeira ou um medo irracional, leva o indivíduo a evitar situações, alterando sua rotina.

Por outro lado, o pânico é o “medo intenso de que alguma coisa horrível esteja prestes a acontecer” [14 p. 323]. Nesta situação ansiedade exagerada, tremedeira e falta de ar, são algumas reações freqüentes [20]. O medo que desencadeia o pânico é uma reação em cadeia no cérebro que ocorre através da liberação de compostos químicos (sinalização hormonal), provoca aumento da freqüência cardíaca, aceleração da respiração e enrijecimento dos músculos [22]. Dada sua importância, na seção a seguir está descrito como funciona o tratamento de reação ao medo no cérebro.

2.1 Tratamento no Cérebro

De forma geral, o córtex cerebral está dividido em quatro regiões, o lobo frontal, parietal, occipital e temporal, sendo cada uma responsável por diversas funções motoras, sensoriais ou de associação e linguagem. Na camada externa do córtex há redes especializadas em fala, percepção e pensamento. Funções vitais básicas como memória, emoções e impulsos básicos são manipulados pela parte inferior [14, 22]. Apesar de ser possível esta divisão funcional, as partes são interdependentes [24].

O sistema límbico (Figura 1 (a)) está diretamente envolvido com as emoções e o medo e é formado pela amígdala, o hipotálamo, a hipófise e o hipocampo.

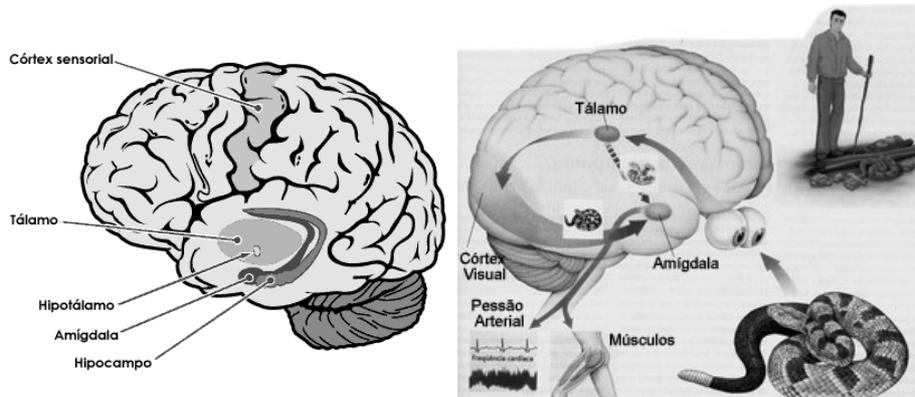


Figura 1: (a) Sistema Límbico [22]. (b) Caminhos no cérebro para o tratamento do medo [23].

A amígdala é a parte do cérebro responsável por grande parte da aprendizagem e da memória. É através dela que o ser humano avalia o significado emocional das coisas. Assim, caso um animal tenha sua amígdala retirada ele fica impossibilitado de sentir medo ou raiva, perde o sentido de competição, cooperação, e a noção de hierarquia social da sua espécie [20].

Segundo Layton [22], o medo ocorre no cérebro de forma inconsciente. Começa com “um estímulo assustador e termina com a reação de luta ou fuga”. Pesquisas

propõem a existência de duas vias envolvidas para este tipo de reação [20], representadas na Figura 1 (b).

No caminho alto o tálamo envia os sinais ao córtex sensorial, que os interpreta e envia ao hipocampo. Neste é feita uma contextualização da imagem, barulho ou sentimento captado com as informações da memória emocional do indivíduo. Finalmente o hipocampo as envia para a amígdala, para que esta acione o hipotálamo, caso seja necessário reagir, ou simplesmente o desligue pois não há perigo [22].

Já no caminho baixo, Figura 1 (b) linha pontilhada, os estímulos seguem direto do tálamo para a amígdala. Esta, segundo [22], analisa os sinais recebidos procurando por experiências semelhantes não só do indivíduo, como também vividas por sua espécie, a chamada memória genética, e dispara uma espécie de alarme. Esse sinal de emergência é captado pelo hipotálamo, que ativa a reação de luta ou fuga. O indivíduo reage então de forma rápida e quase irracional, como que por extinto.

Os sinais captados pelos órgãos sensoriais seguem por ambos os caminhos, mas somente uma pequena parte deles vai pelo mais curto até a amígdala, a maior parte segue pelo caminho alto e as informações são processadas e interpretadas [22]. Isto ocorre, pois a maioria das informações refere-se a situações cotidianas e não necessitam de reação instantânea para sobrevivência.

3 Modelo

Estabelecendo uma relação deste trabalho com o estado da arte, é preciso citar o Projeto Oz [28], um dos primeiros a utilizar emoções em sistemas computacionais, que apresentou uma arquitetura baseada no modelo cognitivo de emoções OCC [27]. Em [26] os autores desenvolveram um animal de estimulação virtual e em [25] foi usado o aspecto afetivo em um sistema de ensino à distância. No entanto, em nenhum destes houve preocupação com a simulação de humanos virtuais.

Especificamente voltado para este fim, diversos trabalhos abordam aspectos da cognição humana. Sendo que o diferencial aqui é que, memória, como em [6, 17] e comunicação ou relacionamento entre os agentes, como em [1, 2], não estão sendo considerados. Outra diferença está no fato de que diversos autores detalham algum aspecto da percepção, como por exemplo em [4], auditiva.

O foco aqui é portanto a forma de decisão dos agentes buscando não apenas ativar um alarme local ou global, como em [1, 2], mas sim fatores presentes em situações de incêndio que podem ser percebidos e afetam na decisão e reação aos estímulos.

Desta forma, não se pretende aqui o desenvolvimento de uma Rede Neural, mas um simulador que busque reproduzir de forma simplificada as duas vias presentes no cérebro no que se refere a reação ao medo, possibilitando avaliar a quantidade de sobreviventes e o impacto decorrente dos fatores.

É considerado um ambiente que pode ser um pátio, ginásio ou uma sala, onde estão presentes diversos personagens e a forma de decisão deles deve ser similar ao que ocorre no cérebro humano. Desta forma, faz-se necessária a definição de um esquema que represente os caminhos alto e baixo, citados na seção anterior.

3.1 Topologia Proposta

Na topologia proposta estão presentes as duas vias envolvidas na reação ao medo pelo cérebro humano. Na Figura 2 está representada a percepção de alguns fatores presentes no ambiente, por exemplo, em uma situação de emergência. Neste caso, é possível que o agente: veja uma explosão, sinta calor, sinta cheiro de fumaça, dentre outros. É importante esclarecer que até o momento não houve preocupação com a quantidade de neurônios, nem tão pouco com a quantidade de camadas.

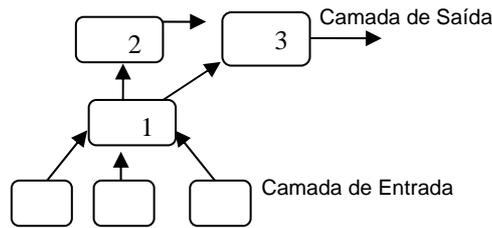


Figura 2: Topologia de RNA.

No entanto, o funcionamento deve ser de forma que, os dados sentidos (camada de entrada) sejam enviados para a camada (1) que representa o processamento realizado pelo tálamo. A camada (2), representa hipotálamo e córtex visual e é importante para reproduzir o caminho alto, presente no cérebro humano. Detectada uma situação de risco, a informação é enviada da camada (2) para a (3) e uma reação é produzida. Ainda de acordo com a Figura 2, é possível identificar o caminho baixo, onde a percepção é encaminhada diretamente do tálamo para a amígdala (3) e a resposta (valor de saída que ativa a reação do agente) é imediata. Assim como no cérebro humano ambas as vias podem ser ativadas para que o agente se salve.

3.2 Aspectos do Modelo

Após a definição da topologia, foi então elaborada a estrutura de cada um dos agentes, de forma que sejam independentes e possuam percepção regional de forma que evitem o perigo durante a fuga. Esta opção foi considerada para reproduzir a diferença de resistência existente entre as pessoas, uma vez que pessoas adultas se incomodam menos com barulhos que crianças ou idosos. Foram também consideradas informações relativas à posição inicial, o tempo de vida e tolerância, ou seja, quanto os agentes resistem até que reajam e comecem a fugir (Figura 3).

Agente		Fator	
Identificador	Integer	Peso	Integer
Tempo_de_Vida	Integer	Nome	String
Grupo_que_Pertence	String	Raio	Integer
Posição_Inicial	Integer	Status	Boolean
Percebe_Fator	Instance* Fator	Tempo_de_Duracao	Integer
Nível_de_Tolerancia	Integer		

Percebe_Fator*

Figura 3: Modelo.

Ainda seguindo a Figura 3, com relação aos fatores, foi considerado um nome, o status, ou seja, se está ativo ou não, o raio, o tempo de duração e o peso, que representam a área que o fator pode ser sentido, o quanto afeta os agentes e por quanto tempo.

4 Protótipo

Para a implementação foi utilizada a plataforma Java, pois interface gráfica e visualização da simulação são importantes para o desenvolvimento das atividades.

No protótipo foram consideradas como entrada, seguindo o modelo descrito na seção anterior, dados referentes aos fatores e aos agentes envolvidos em situações de emergência (Figura 4). A definição dos parâmetros foi realizada com base em [14] e cada agente possui valores diferentes para cada um destes parâmetros.



Figura 4: Arquitetura do Simulador.

Após o processamento das informações de entrada, os agentes são criados no ambiente e, a cada iteração têm seu tempo de vida decrescido.

Seguindo intervalos de tempo e a ordem definida em [3], é realizada a ativação dos fatores. Dada uma ativação, os agentes que percebem aquela condição são afetados de forma proporcional à suas localizações no ambiente e é acumulado o valor referente. Desta maneira, são atingidos de forma mais intensa os agentes que estão mais próximos ao local que o fator está ativo e, por este motivo podem morrer mais rapidamente, como ocorre na vida real. O valor acumulado é utilizado na decisão, a qual leva em consideração o nível de tolerância de cada agente.

Quando o nível máximo de tolerância é atingido, o agente começa a se deslocar em direção a uma das portas, a fim de se salvar. Esta movimentação é realizada com a simples interpolação até algum ponto na porta e a posterior incrementação da posição do agente. Aqueles que saem do ambiente estão salvos, mas caso o tempo de vida atinja o valor zero, os agentes são considerados mortos.

5 Estudos de Caso

Para os estudos de caso foi considerado um ambiente com 850 pixels de comprimento por 510 pixels de largura, representando uma sala, quadra ou ginásio,

por exemplo. Foi padronizado que as simulações possuam 200 agentes que são criados em posições aleatórias.

Os parâmetros de tolerância e tempo de vida dos agentes receberam um valor fixo e uma taxa de variação, desta forma, os agentes são parecidos, mas não iguais. Estes valores estão representados em (1) e (2) e levam em consideração o maior caminho necessário para que o agente se salve caso decida fugir.

```
int TempodeVida = (int) (650 * Math.random()) + 1300; (1)
```

```
int Tolerancia = (int) (400 * Math.random()) + 500. (2)
```

Foi considerado como situação de emergência, um incêndio. Nestas situações, segundo a CIPA [3], a evolução dos fatores acontece em fases, sendo que na primeira há um ponto de inflamação, uma grande variação e elevação da temperatura. Após, acontece a fase de aquecimento, quando o incêndio ganha força, os materiais se aquecem e em dado momento se inflamam. O fogo se alastra enquanto houver ar e materiais combustíveis nesse ambiente. Para que chegue ao final, ao começar a ser controlado o incêndio passa por um resfriamento até a extinção do fogo.

Ainda segundo [3], são quatro os fatores causadores de situação de perigo e pânico em um foco de incêndio: o calor, as chamas, a fumaça e a insuficiência de oxigênio. Dentre estes, a fumaça é fator determinante por provocar falta de visibilidade no ambiente, irritação nos olhos dos indivíduos e ainda a modificação orgânica das pessoas, de forma a ativar o sentimento de pânico. Estes fatores foram definidos conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Peso e tempo de ativação dos fatores.

Fatores	Peso inicial	Tempo de ativação
Calor	8	10
Chama	12	5
Fumaça	10	15
Falta de Oxigênio	6	10

Neste contexto, para os estudos de caso os pesos dos fatores sofreram um decréscimo de 10 % a cada nova ativação, buscando-se a semelhança com casos reais, pois fatores como o fogo, por exemplo, surgem com força alta e esta diminui até que o fogo se apague.

A percepção dos agentes em relação a estes fatores leva em consideração a distância entre eles, assim, quanto mais perto dos fatores, maior o peso acumulado. Além disto, com a tentativa de tratar os caminhos envolvidos na reação ao medo, foi inserido o fator *Grito*, com peso 20 e tempo de ativação 5. Esta opção foi considerada para representar o chamado ou alerta de uma mãe ou parente do agente, tentando reproduzir a condição que ativa o caminho baixo e interfere na reação de fuga e, conseqüentemente, na quantidade de agentes salvos.

6 Resultados

Antes de explicar os resultados obtidos é preciso esclarecer que, apesar de serem considerados 200 agentes e 10 simulações para a geração dos gráficos, na Figura 5 estão presentes poucos agentes para facilitar a visualização e o entendimento.

Na interface do simulador é possível visualizar o tempo de vida de cada agente, a tolerância e o peso acumulado em decorrência dos fatores já existentes. Está mostrado um momento com um fator ativo (Figura 5 (a)) e, ao final da simulação, a quantidade de agentes salvos e de mortos (Figura 5 (b)).

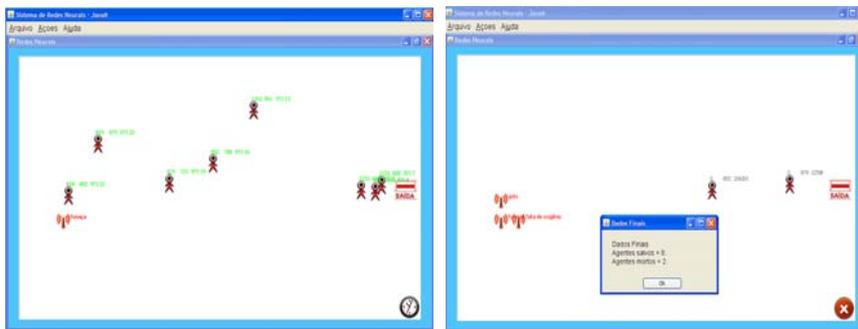


Figura 5: (a) Ativação dos primeiros fatores na simulação. (b) Final da simulação.

Em 10 simulações utilizando 200, quando foram considerados os fatores: calor, chama, fumaça e falta de oxigênio, se obteve como resultado o que está apresentado no Gráfico 1. Ativando o fator *Grito*, o resultado é o representado no Gráfico 2.

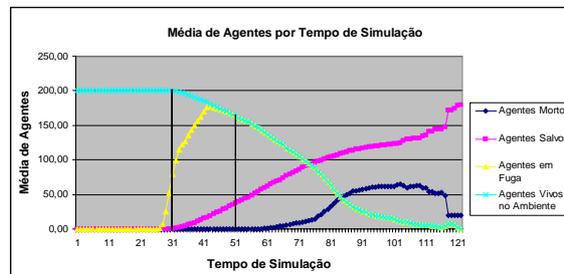


Gráfico 1: Resultado com a ativação de 4 fatores: calor, chama, fumaça e falta de oxigênio.

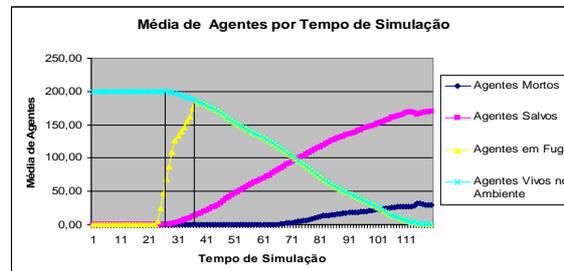


Gráfico 2: Resultado com a inclusão do fator *Grito*.

Analisando os dois gráficos é possível perceber que a tentativa de reproduzir o caminho baixo (ativando o fator Grito), impactou em dois aspectos considerados relevantes. Primeiro no ápice da quantidade de agentes em fuga, o que aconteceu em um passo de tempo inferior. Além disto, o número de agentes mortos ao final da simulação diminuiu na comparação do Gráfico 1 (sem o caminho baixo) com o Gráfico 2 (com). O que demonstra que a abordagem considerada se mostrou válida.

7 Considerações Finais

Neste trabalho foi apresentado um simulador de decisão humana em situações de emergência. Após o estudo dos caminhos envolvidos na reação ao medo, foi proposta uma topologia, a qual direcionou o desenvolvimento do simulador. Foram considerados fatores presentes em situações de incêndio, os quais foram parametrizados conforme normas da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes [3].

Os agentes percebem os fatores presentes no ambiente com maior intensidade dependendo da distância que estão do foco do incêndio e, seguindo a percepção desviam, evitando a morte. Apesar da forma de decisão dos agentes ter sido realizada usando um sistema baseado em regras, inserindo o fator *grito*, observou-se a influência que um alerta advindo de um “parente” tem no número final de sobreviventes.

Os passos dados até o momento contribuíram para o entendimento dos aspectos estudados e para o enriquecimento da pesquisa voltada para simulação de agentes em situações de emergência.

Como trabalhos futuros, acredita-se que o aprimoramento da topologia apresentada e o desenvolvimento de uma Rede Neural Artificial (RNA), que vise reproduzir os dois caminhos envolvidos no tratamento da reação ao medo pelo cérebro humano, proporcione a comprovação e maior detalhamento dos resultados até agora obtidos.

Por fim é preciso agradecer à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da Bolsa DR, Proc.: 2006/60407-3, pois este trabalho está sendo desenvolvido em parte pelo beneficiário desta bolsa.

Referências

1. Braun, A., Bodmann, B. E. J., Oliveira, L. P. L., Musse, S. R. (2003) Modelling Individual Behavior in Crowd Simulation. Computer Animation and Social Agents. IEEE Computer Society, pp 143-148, New Brunswick, EUA, may.
2. Braun, A.; Bodmann, B. E. J.; Musse, S. R. (2005) Simulating virtual crowds in emergency situations. Proceedings of ACM VRST - ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, Monterey, California, USA.
3. CIPA. Comissão Interna de Prevenção de Incêndios: curso de treinamento. Disponível em <http://www.bauru.unesp.br/curso_cipa/duvidas.htm>. Acesso em 20 nov. 2008.
4. Cony, C. A.; Silva, B. G. da; Jung, C. R.; Musse, S. R. (2006) Simulação de Agentes com Capacidade Auditiva em Situações de Emergência. UNISINOS. Disponível em <www.sbc.org.br/bibliotecadigital/download.php?paper=545>. Acesso em 06 jun. 2008.

5. Courty, N.; Musse, S. R. (2005) Simulation of large crowds in emergency situations including gaseous phenomena. Computer Graphics, Stony Brook, USA, June 22-24.
6. Evers, T. F. (2003) Simulação de Humanos Virtuais Baseada Em Memórias Artificiais. Dissertação (Mestrado) PIPCA Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS.
7. Farenc, N. et al., (1999) A paradigm for controlling virtual humans in urban environment simulations. APPLIED ARTIFICIAL INTELLIGENCE JOURNAL, v. 14, n. 1, p. 69-91.
8. Girard, M., Amkraut, S. (1990) "Eurhythmy: Concept and Process." The journal of Visualization and computer animation, 1, 15-17.
9. Helbing, D.; Farkas, I.; Vicsek, T. (2000) Simulating dynamical features of escape panic. NATURE, v. 407, n. 6803, p. 487-490, September 28.
10. Helbing, D.; Molnar, P. (1997) Self-organization phenomena in pedestrian crowds. In: Self-organization of Complex Structures: from individual to collective dynamics. Gordon and Breach, London: F. Schweitzer (Ed.). p. 569-577.
11. Thalmann, D.; Musse, S.R. (2007) Crowd Simulation. London: Springer-Verlag. v.1. 245p.
12. Paiva, D. C. de; Vieira, R.; Musse, S. R. (2005) Ontology-based crowd simulation for normal life situations. In: Proceedings of Computer Graphics International 2005. Stony Brook, New York, USA: [s.n.].
13. Pelechano, N., Badler, N.. (2006) Modeling crowd and trained leader behavior during building evacuation. IEEE Computer Graphics and Applications, Nov., pp. 80-86.
14. Ramalho, F. M. C., Andrade, L. M. de, Nogueira, P. D. de S. (2008) Perfil Epidemiológico das Vítimas de Queimaduras Admitidas em um Hospital de Referência em Traumas. Disponível em <<http://200.222.60.171/PDF/perfil%20epidemiologico%20das%20v%C3%ADtimas%20de%20queimaduras.pdf>>. Acesso em 20 nov 2008.
15. Reynolds, C. W. (1987) Flocks, herds and schools: a distributed behavioral model. In: Proc. of 14Th Conf. On Computer Graphics and Interactive Techniques, Siggraph 87. Edited By Maureen C. Stone: ACM PRESS. v. 21, n. 4, p. 25-34.
16. Sumida, I. Y.; Macau, E. E. N. (2003) Dinâmica em Situações de Pânico. Disponível em <http://hermes2.dpi.inpe.br:1905/col/lac.inpe.br/worcap/2003/10.28.18.23/doc/ivana_versaofinal.pdf> . Acesso em 15 mar 2008.
17. Villamil, M. B. (2003) Simulação de Grupos de Humanos Virtuais Utilizando Abordagens Micro e Macroscópicas. 85 f. Dissertação (Mestrado) Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS.
18. Gonçalves, E. A. (2008) Manual de segurança e saúde no trabalho. 4 ed. São Paulo: LTR.
19. Damásio, Antonio R. (1996) O erro de Descartes. São Paulo: Companhia das Letras.
20. Goleman, D. (2001) Inteligência Emocional: a teoria que define o que é ser inteligente. Rio de Janeiro: Objetiva.
21. Masci, C. Disponível em <<http://www.cerebromente.org.br>>. Acesso em 24 nov. 2008.
22. Layton, J. Como Funciona o Medo. HowStuffWorks Brasil. Disponível em <<http://pessoas.hsw.uol.com.br/medo.htm>>. Acesso em 06 jun 2008.
23. Menterosto. Disponível em <http://menterosto.com.sapo.pt/reacao_medo.jpg>. Acesso em 18 nov. 2008.
24. Dangelo, J. G.; Fattini, C. A. (2007) Anatomia Humana: Sistêmica e Segmentar. 3 ed. São Paulo: Atheneu.
25. Gebhard, Patrick. (2005) ALMA: a layered model of affect. International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, Utrecht, p. 29- 36.
26. Yu, Chan-woo, Choi, Jin-young. (2005) Behavior Decision Model Based on Emotion and Dynamic Personality. Proceedings of the International Conference on Control, Automation and Systems, Gyeong Gi.
27. Ortony, Andrew; Clore, Gerald L.; Collins, Allan. (1988) The Cognitive Structure of Emotion. Cambridge University Press: Cambridge.
28. Bates, Joseph. (1997) The Role of Emotion in Believable Agents. Communications of the ACM, New York, p. 122-131.