

In-silico Simulation of Indoor Panic Situations using Reactive Agents

Giorgio P. F. G. Torres, Willian C. Farago, Alcione de Paiva Oliveira

Departamento de Informática
Universidade Federal de Viçosa
Viçosa, Minas Gerais, Brazil
{giorgio.torres; willian.farago}@ufv.br, alcione@dpi.ufv.br

Abstract – Panic situations sadly happens frequently. Even in cases where there are people trained to deal with emergency situations, most people panic, resulting in possible tragedies. In this article, it is investigated how primitive agents, with low capacity for deliberation and limited perception of the environment, behave in a panic scene. We conducted a case study, taking as example the tragedy in Santa Maria, Rio Grande do Sul - Brazil, where a fire in a nightclub resulted in the deaths of 241 persons.

Keywords – simulation; simulação; multi-agent systems; sistemas multiagentes; MAS; SMA; Repast Symphony simulation

I. INTRODUÇÃO

O comportamento de multidões possui muitas variáveis, algumas previsíveis e outras que surgem aleatoriamente, dependendo de circunstâncias do momento. Esta complexidade torna imprevisível o comportamento global. Para evitar tragédias como a ocorrida na boate Kiss na cidade Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil [3] onde um incêndio resultou na perda de 241 vidas, faz-se necessário a investigação minuciosa dessas variáveis e de seus impactos em ambientes específicos como o da boate. Segundo [6], uma linha de investigação com foco em prevenção muito difundida e abordada atualmente, para problemas com as características anteriores, é a simulação baseada em Sistemas Multiagentes. A vantagem de uma simulação por meio desta técnica é o fato de não ser necessário modelar o comportamento global, bastando a modelagem do comportamento de cada agente e, a partir da execução do sistema e pela interação entre os agentes, observar o surgimento do comportamento global. Em [4] é apresentado um SMA reativo para analisar o espalhamento da Influenza por meio de agentes reativos, mostrando a adequação deste tipo de modelagem para processos estocásticos. A simulação por meio de SMA do comportamento de aglomerados de pessoas em situações de pânico não é inédito. [1] desenvolveram um modelo SMA com esse objetivo, porém as situações modeladas eram muito genéricas e não levavam em conta as peculiaridades de uma casa noturna. As mesmas observações são aplicáveis aos trabalhos de [6] e de [2]. Este artigo descreve uma simulação por meio de sistemas multiagentes para uma situação de pânico para ambientes fechados e com muitos obstáculos, similar ao ambiente onde ocorreu a tragédia mencionada. É investigado como agentes primitivos, com

baixa capacidade de deliberação e percepção limitada do ambiente, se comportam em um cenário de pânico.

A próxima seção aborda a simulação do comportamento de pessoas por meio de sistemas multiagentes. A seção 3 descreve como foi realizada a modelagem. Na seção 4 são apresentadas as simulações e resultados e na seção 5 são apresentadas as conclusões.

II. SIMULANDO COMPORTAMENTO DE PESSOAS COM SISTEMAS MULTIAGENTES

Os Sistemas Multiagentes (SMA) são compostos por unidades computacionais, com diferentes graus de capacidade de deliberação, dotadas de autonomia (são capazes de decidir sem intervenção de agentes externos) denominadas agentes, que podem interagir uns com os outros e executar alguma ação no estado do ambiente no qual foram inseridos. O uso de SMA vem crescendo nas últimas décadas, segundo [5] por dois motivos principais. Primeiramente, em função da crescente complexidade da vida moderna, criando uma demanda por sistemas computacionais cada vez mais complexos, dinâmicos e com execução distribuída. Em segundo lugar, [5] afirma que os SMA têm a capacidade de desempenhar um importante papel no desenvolvimento e análise de modelos e teorias. É justamente esta segunda característica que torna os SMA interessantes para os estudos dos problemas do comportamento de multidão. Os SMA são adequados para modelar sistemas com muitos elementos autônomos, onde cada elemento executa ações segundo os estímulos percebidos localmente. Problemas como esse são modelados segundo uma abordagem *bottom-up* onde são definidos os aspectos individuais dos agentes, de forma a permitir que ocorra a emergência dos aspectos coletivos pela interação entre os agentes. Sendo assim, é possível verificar como ocorre o deslocamento, em massa, de pessoas em uma situação de pânico, como no caso de incêndios em locais fechados.

Um problema com a modelagem de deslocamento de multidão baseada em agentes é verificado nos casos onde é necessário simular uma quantidade elevada de pessoas (na casa das centenas de milhares). Nestes casos a demanda por poder computacional extrapola a capacidade das máquinas atuais. Uma solução é tratar a multidão como um todo, aproximando seu comportamento ao de um fluxo contínuo de um fluido, eliminando as características individuais. Desta forma é

Este trabalho conta com o apoio financeiro das instituições de fomento FAPEMIG, FUNARBE, CNPq e da empresa Gapso.

possível estimar o fluxo de circulação/evacuação para multidões grandes e densas, mas com alguma perda de fidelidade [6]. Como o objetivo desta pesquisa é focar em ambientes menores, com capacidade para alguns milhares de pessoas, optou-se por utilizar agentes específicos que dessem uma resposta mais fiel da realidade.

O sistema foi modelado e desenvolvido sobre o *framework* Repast Symphony¹, em sua versão 2.0. O Repast Symphony é um *framework* para desenvolvimento de sistemas multiagentes e é de código aberto. As definições de espaço, tempo, representação das pessoas e dispersão da fumaça, foram feitas considerando os recursos e limitações do *framework*.

III. MODELAGEM DOS AGENTES

Os agentes foram modelados como agentes reativos simples para testar a hipótese de que a ausência de capacidade cognitiva pode prejudicar a evacuação em casos de pânico. Foi feita uma classe chamada *Customer* para representar uma pessoa. O Repast utiliza essa classe para instanciar todos os agentes criados no sistema, totalizando 1000 instâncias dessa classe para representar o público presente na boate. Cada *Customer* contém um atributo *energy*, que representa a resistência do agente às toxinas presentes no ambiente. Esse atributo *energy* é decrementado a cada rodada do simulador em função da quantidade de toxina existente no espaço em que o agente se encontra.

A classe *Customer* contém os seguintes métodos executados pelo simulador:

1) *public void wander()*; este método é o que contém o algoritmo de fuga da boate. Ele está agendado para começar no tick 1 (unidade de tempo do Repast) e é chamado a cada 1 tick de simulação. Mais adiante será detalhado o processo decisório dos agentes, a dinâmica da emissão de fumaça tóxica e o decréscimo da energia do agente.

2) *public void die()*; este método diminui a energia do agente à medida em que este está exposto às toxinas. Quando a energia zera, o agente para de se movimentar pelo ambiente. Para representar esse estado foi criada uma classe *DeadCustomer* que não possui atributos, nem métodos, e serve apenas para evitar sobrecarga do simulador.

O princípio básico da simulação é de que o agente tome decisões bem simples e locais. Logo, um *Customer* decide apenas se vai correr contra a fumaça, ou seja, para a célula do espaço que contém menor concentração de gases, ou se vai andar aleatoriamente. Essa decisão é tomada de modo aleatório e o agente tem 50% de chance para cada uma. Após ter escolhido o modo de andar, o agente vai dar dez passos nesse modo. Essa decisão de modelagem foi feita para que o agente pudesse sair de situações de mínimo local, ou seja, para que ele não ficasse preso a um lugar de baixa concentração de fumaça. Em cada um dos modos, o agente sabe as células livres para as quais ele pode efetuar um deslocamento. Não é permitido que dois agentes ocupem um mesmo espaço no *grid*. Porém quando um agente “morre”, outros agentes podem ocupar o espaço, ou seja, podem passar por cima. No modo de movimento aleatório, a cada *tick* o agente escolhe uma outra posição

aleatoriamente para se deslocar dentre as células vazias (que não contém outro *Customer*, ou parede ou mobília).

O agente tem 50% de chance para cada um dos modos de movimento, pois no movimento aleatório ele pode decidir ir para uma célula de alta concentração de fumaça, para sair de salas sem saída. Se este modo tivesse maior probabilidade de acontecer, o agente perderia sua energia mais rápido e poderia levá-lo de encontro com o foco da fumaça. Já no movimento de ir contra a concentração de fumaça, o agente é guiado para lugares com maiores chances de ter saída. No entanto, se este modo tivesse maior chance, o agente poderia ficar preso em lugares de mínimos locais, como banheiros e salas fechadas. Por esses motivos apresentados que o agente tem metade das chances de escolha para cada um dos modos de movimento.

IV. SIMULAÇÕES E ANÁLISE/DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Foram efetuadas ao todo 20 simulações. Em cada simulação os seguintes parâmetros foram modificados: quantidade de energia do agente; número máximo de passos em cada modo de movimento; número de agentes presentes; e a quantidade de fumaça difundida por *tick*. Os testes revelaram que:

1) Os únicos fatores que contribuíam para uma maior taxa de sobrevivência dos agentes foram a quantidade de energia inicial que é dada a eles, a quantidade de passos que poderiam dar em cada modo de movimento, e a quantidade de fumaça expelida pela fonte;

2) Mesmo com uma quantidade de energia muito grande e/ou uma quantidade de fumaça pequena difundida a partir do foco e um grande número na quantidade de passos para sair de mínimos locais, os agentes não eram capazes de sair do estabelecimento, ficando em torno de 450 a 500, o número de agentes cuja energia se tornou zero, como mostrado na Fig. 1, para cada 1000 agentes simulados.

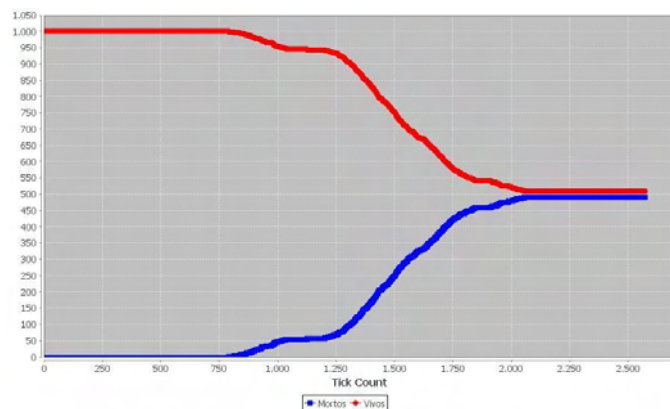


Figura 1. Evolução das taxas de agentes com energia menor que zero (azul) e com energia maior que zero (vermelho).

A. Definição de instâncias para simulação

O mapa utilizado para execução das simulações foi criado baseando-se nos dados da reportagem feita pelo site [3] e está demonstrado na Fig. 2.

¹ <http://repast.sourceforge.net/>

Foi feita uma regra de equivalência entre as dimensões da boate 23,18 metros de fachada por 26,45 metros de comprimento. Tomou-se como valor máximo de pessoas por metro quadrado o valor 6. Cada pessoa ocupa uma posição no grid. Sendo assim, segundo os cálculos, a área mais fiel seria de 57 unidades de grid na fachada e 65 de comprimento totalizando 3705 espaços no grid.

Para definir os espaços livres e ocupados também foi feita uma relação de equivalência. Segundo os bombeiros entrevistados pelos meios de comunicação, a capacidade máxima de pessoas na boate seria de 691. Este número é obtido a partir da divisão da área ocupável (toda a área da boate descontando paredes e mobília) por 0,4 metros (espaço mínimo para uma pessoa de 70 kg). Sendo assim chegou-se a uma área ocupável de aproximadamente 276,4 metros quadrados. Fazendo a relação com o espaço em grid chegou-se ao valor de 1670 posições ocupáveis por agentes no grid e 2035 não ocupáveis (parede e mobília). Depois de definidos os parâmetros descritos e cientes das restrições do simulador, foi feita uma pesquisa por várias imagens da boate para tentar estabelecer, com o máximo de exatidão possível a posição e espessura das paredes e da mobília, chegando ao resultado visível na Fig. 2. As paredes são representadas com um tom mais escuro e a mobília em um tom mais claro.

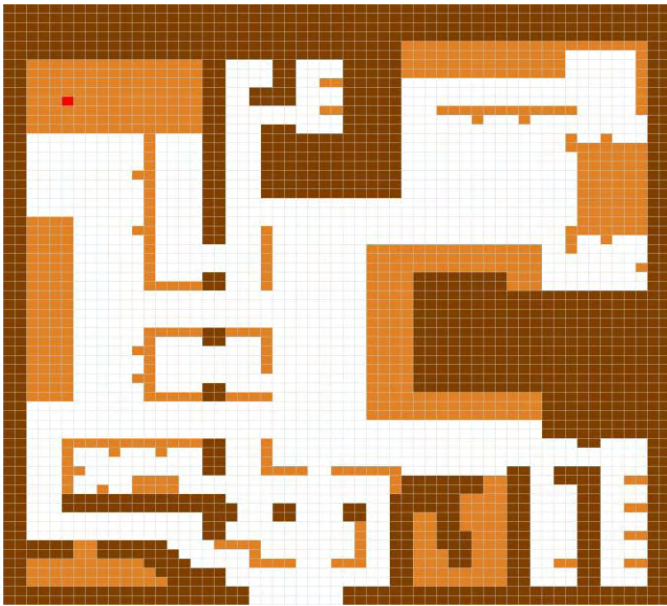


Figura 2. Marcações feitas no espaço para representar o mapa da boate Kiss.

V. CONCLUSÃO

A partir dos resultados pôde-se perceber que, em casos de situação de pânico, a capacidade deliberativa de um agente é um fator que proporciona maiores chances de sobrevivência ao mesmo. Visto que a quantidade de agentes que tiveram sua energia zerada foi, em torno de, duas vezes maior que o observado no caso real da boate Kiss.

Como trabalhos futuros devem ser projetados agentes com maior capacidade de deliberação e dotados de base de conhecimento de senso comum, que tenham capacidades de tomar decisões que uma pessoa comum tomaria em situações de risco para as quais eles não estão previamente preparados.

Como trabalhos futuros pretende-se utilizar diferentes mapas de ambiente para podermos analisar diferentes arquiteturas de ambientes e sua evasabilidade, ou seja, sua capacidade de evacuação de pessoas, mesmo que estas sejam restritas em sentidos e inteligência, como foi o foco deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] J. E. Almeida, R. Rosseti and A. L. Coelho. "Crowd simulation modeling applied to emergency and evacuation simulations using multi-agent systems," DSIE'11 - 6th Doctoral Symposium on Informatics Engineering, FEUP - Engineering Faculty of Porto University, Porto, 2013.
- [2] V. Bansal, R. Kota, and K. Karlapalem. "System issues in multi-agent simulation of large crowds," In, 8th International Workshop on Multi-Agent-Based Simulation (MABS), Honolulu, USA, Springer Berlin / Heidelberg, 8-19, 2007.
- [3] Globo Comunicação e Participações S.A. Como foi a tragédia em Santa Maria, <http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/tragedia-incendio-boate-santa-maria-entenda/platb/> ultimo acesso 15 de março de 2012.
- [4] M. P. Nicoletti, C. B. Rizzi and R. L. Rizzi. "Simulação do espalhamento da influenza na cidade de Cascavel-PR utilizando agentes computacionais," Workshop-Escola de Sistemas de Agentes, seus Ambientes e aplicações (WESAAC). Florianópolis, SC, 2012.
- [5] G. Weiss, (Ed.). "Multiagent systems: a modern approach to distributed artificial intelligence," [S.l.]: The MIT Press, 1999. ISBN 0-262-23203-0.
- [6] S. Zhou, D. Chen, W. Cai, L. Luo, M. Y. H. Low, F. Tian, V. S. H. Tay, D. W. S. Ong and B. D. Hamilton. 2010. "Crowd modeling and simulation technologies," ACM Trans. Model. Comput. Simul. 20, 4, Article 20 (October 2010), 35 pages. DOI = 10.1145/1842722.1842725 <http://doi.acm.org/10.1145/1842722.1842725>.