

DETECTANDO E SIMULANDO ALASTRAMENTO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS UTILIZANDO MULTIAGENTES

KRISTOFER STIFT KAPPEL; TAUÃ MILECH CABREIRA;

PAULO R. FERREIRA JR.

Universidade Federal de Pelotas

Centro de Desenvolvimento Tecnológico

Computação

{kskappel,tmcabreira, paulo}@inf.ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Fenômenos naturais em sua maioria são difíceis de prever, segundo (DUNN; MILNE, 2004). O alastramento do fogo é um fenômeno que merece atenção dos cientistas, não só porque é socialmente e economicamente importante, mas porque são complexos, difíceis de modelar e o custo computacional para simular é alto.

Multiagentes consistem em um plano com vários componentes conhecidos como agentes, que podem ser parte desse plano ou podem agir sobre ele, esses componentes trocam informações entre si, as quais podem, por exemplo, alterar o seu estado, ou a localização no plano.

Este trabalho objetiva utilizar a ferramenta de programação de multiagentes Netlogo para definir um cenário mais próximo do real para a predição de propagação de incêndio.

Outros trabalhos na mesma linha de pesquisa já foram efetuados, porém, em muitos deles, como o de Luerce et al. (2012), era priorizado uma quantidade expressiva de parâmetros porém com certas métricas randomicas, não sendo baseadas em modelos matemáticos comprovados.

Além disso, há a vantagem de nesse trabalho serem usadas células hexagonais ao invés das quadradas para modificar o sistema de vizinhança, já que segundo ENCINAS et al. (2006) células hexagonais podem ser muito efetivas em simular sistemas físicos que interagem localmente.

Já foram testados algoritmos heurísticos para cobertura de terrenos por veículos aéreos não tripulados (VANTs), porém, em um simulador abstrato que randomicamente criava eventos simulando incêndios e a cada cem ticks (unidade de tempo do netlogo) espalhava para todas as células vizinha. Considerando que se deva ter um cenário mais fiel para buscas e patrulhamento de incêndios para poder de fato avaliar o comportamento e desempenho dos algoritmos. Para isso, será tomado como base o trabalho de Encinas et al (2006), no qual é descrito um modelo matemático para prever o comportamento de incêndios florestais.

2. COBERTURA DE TERRENOS EM VANTS

Cobertura de terrenos tem sido amplamente discutida em pesquisas inspiradas pelo comportamento de formigas, que foram adotadas já que, segundo Kuning e Liu (2001) o poder computacional é uma das maiores limitações para qualquer veículo autônomo. Nessa abordagem serão aplicados algoritmos heurísticos para determinar a direção de cada movimento, os quais são os principais encontrados na literatura, *Node Counting*, *Learning Real-Time A* (LTRA*)*, *Thrun's Value-Update Rule (TVUR)*, and *Wagner's Value-Update Rule*

(WVUR). No entanto, muitos VANTs atualmente saem em missões de cobertura de terrenos baseados somente em formas geométricas básicas com padrões de vôo como o *Boustrophedon Motion* (BM), também conhecido por zigzag. Esse padrão é popularmente usado para vôo programado pois não há decisão tomada autonomamente pelo VANT, outra ideia utilizando o mesmo conceito é o vôo em círculos onde o drone começa pelas bordas e vai diminuindo o raio até chegar ao centro onde ele começa a voltar aumentando o raio desta vez.

Várias simulações foram feitas para testar os algoritmos com um, três, e cinco veículos usando quatro critérios: o número de incêndios detectados, o tempo para detectar cada evento, o intervalo entre visitas e o número de visitas em cada local.

3. O SIMULADOR DE INCÊNDIOS

O trabalho de (ENCINAS et al., 2006), no qual esse é baseado, utiliza autômatos celulares para realizar as simulações. Uma das grandes diferenças de Encinas é o fato de usar células hexagonais, o qual altera o sistema de vizinhança.

Nesse modelo a superfície é uma matriz de duas dimensões $a \times b$, onde a vizinhança de uma célula central representada por O é no primeiro caso $(a, b-1)$, $(a+1, b)$, $(a, b+1)$, $(a-1, b)$ (conhecida como vizinhança de Von Neumann) ou se estendendo para um segundo caso em que os vizinhos nas diagonais são adicionados, incluindo $(a-1, b-1)$, $(a+1, b-1)$, $(a-1, b+1)$, $(a+1, b+1)$ além das coordenadas já dadas (vizinhança de Moore).

Para esse modelo, assim como ENCINAS et al. (2006), consideramos duas classes de vizinhos, os próximos e os distantes, os próximos serão aqueles que estão em contato (N, NE, SE, S, NW, SW), os outros serão distantes (NNW, W, SSW, SSE, E, NNE) conforme a figura a seguir (figura 1). Outro ponto a ser considerado é que em razão da superfície ser quadrada e estar sendo representado por hexágonos, para uma maior precisão, a posição dos vizinhos mudam dependendo se a coordenada b , no plano $a \times b$, é par ou ímpar, na figura 1(a) a coordenada b da célula 0 é ímpar, na figura 1(b) é par.

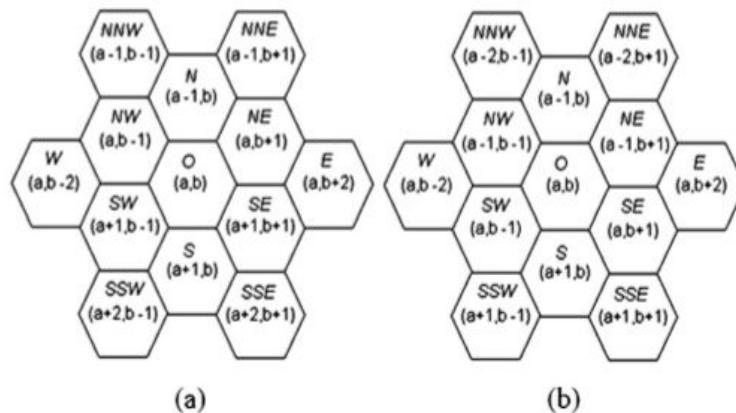


Figura 1: Vizinhança

A função que define o estado da célula é a quantidade da área queimada sobre a área total, se a resposta for 0 a célula não está queimada e será marcada pela cor verde, qualquer número tal que $0 < s < 1$, então a célula está parcialmente

queimada e será representada por uma cor entre o verde e o vermelho crescendo gradativamente, se s for igual ou maior do que 1, logo a área estará completamente queimada e a cor mudará para vermelho. Portanto, existem onze possíveis estados, $s=\{0, 0.1, 0.2, \dots, 0.8, 0.9, 1\}$, onde se a segunda casa após a vírgula for igual ou maior que 5 o número será arredondado para cima.

Antes da simulação começar, todos os pontos da simulação são colocados como floresta, ao começar a simulação randomicamente um ponto da floresta é escolhido para iniciar o incêndio. Os locais com árvores que ainda não estão queimando são representados pela cor verde, a partir do momento em que uma árvore entra em combustão a área é marcada com uma cor derivada do verde para o vermelho, vermelho significa que ela está completamente queimada.

Além de guardar em cada célula seu estado, também são guardadas três informações, *rate*, vento e altura. O *rate* determina a velocidade em que a célula queima, caso seja necessário que uma área não possa entrar em combustão o *rate* deverá ser 0, assim o estado da célula será 0 para qualquer tempo t .

Outro fator a ser incorporado é a velocidade e direção do vento, a qual é dada levando em conta todos os vizinhos, por exemplo, se o vento está soprando do norte para o sul as células acima da célula O devem ter seu coeficiente maior do que os da parte de baixo de O.

Por fim existe uma variável que define a altura da célula, em que, segundo Encinas é comprovado que quando o terreno está subindo o fogo tende a se espalhar mais rapidamente, o contrário caso esteja descendo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação aos algoritmos de cobertura de terreno foi constatado que a abordagem de movimentos circulares foi a que demonstrou os melhores resultados tanto para um, três ou cinco veículos.

Até o momento foram realizados testes com uma floresta comum, homogênea, sem interferência do vento, plana e sem *rate*, ou seja, no momento que uma vizinha de O pegar fogo, essa célula queima instantaneamente. Também foram realizados testes com células parcialmente queimadas, com a mecânica de *rate* aplicada, as duas apresentaram resultados semelhantes comparados aos de Encinas, onde, segundo Hargove et al. (2000) citado por Dunn e Milne (2004) quanto mais o fronte do fogo se espalha e é afetada por fatores naturais mais ele se assemelha a uma elipse, dado também constatado nos resultados de Encinas. Pretende-se seguir fazendo testes com a inclusão de vento e uma superfície não plana e após isso testar os mesmos algoritmos em cima desse cenário e então coletar dados novamente.

5. CONCLUSÕES

Embora a abordagem com movimentos circulares tenha apresentado os melhores resultados no mundo testado, esse não seria o ambiente propício pois não condiz com condições encontradas no mundo real, após a simulação proposta ser concluída os testes serão refeitos e os dados comparados.

O trabalho é de extrema importância tanto para a detecção e predição do comportamento do fogo, o qual pode auxiliar no cálculo da área aproximada onde o fogo se espalharia em um certo período de tempo, como também para ser usado em simulações para futuros modelos de sistemas multiagentes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DUNN, Adam; MILNE, George. Modelling wildfire dynamics via interacting automata. In:**International Conference on Cellular Automata**. Springer Berlin Heidelberg, 2004. p. 395-404.

ENCINAS, L. Hernández et al. Modelling forest fire spread using hexagonal cellular automata. **Applied mathematical modelling**, v. 31, n. 6, p. 1213-1227, 2007.

LUERCE, I. D. ; DIAS, M. S. ; RIBEIRO, M. R. ; AGUIAR, M. S. . Um Modelo para a Simulação da Dispersão de Incêndios Florestais em um Ambiente Multiagentes. **XXI Congresso de Iniciação Científica**, 2012, Pelotas, RS. CIC 2012, 2012.

KOENIG, Sven; LIU, Yixin. Terrain coverage with ant robots: a simulation study. In: **Proceedings of the fifth international conference on Autonomous agents**. ACM, 2001. p. 600-607.