

Organização de lascas de madeira: uma análise utilizando simulação baseada em agentes

Carlos Eduardo Pereira de Quadros, Vágner de Oliveira Gabriel, Alessandro de Lima Bicho, Diana Francisca Adamatti

C3 - Centro de Ciências Computacionais – Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

Av. Itália km 8 S/N - 96203-900 - Campus Carreiros – Rio Grande – RS / Brazil

{carlos.quadros, dmtbicho, dianaadamatti}@furg.br, vagnergabriel@terra.com.br

***Abstract.** The Termites model available in the NetLogo tool serves as the basis for this research. This work presents results of the analysis of the organization of wood chips using agent-based simulation, as well as the variation of the number of termites in the environment in relation to the work of moving the splinters arranged in the simulation environment. The proposal of the study shows results not investigated in the original model, through two hypotheses: to investigate if the average of the wood chips formed at the end of the simulation decrease or not with the increase of the number of termites in the environment; analyze if there is a saturation point in the number of termites used in the simulation to complete the task.*

***Resumo.** O modelo Termites disponibilizado na ferramenta NetLogo serve como base para essa investigação. Este trabalho apresenta resultados da análise da organização de lascas de madeira utilizando simulação baseada em agentes, assim como a variação do número de cupins no ambiente em relação ao trabalho de movimentação das lascas dispostas no ambiente de simulação. A proposta do trabalho aponta resultados não investigados no modelo original, através de duas hipóteses: investigar se a média das lascas de madeira formadas ao final da simulação diminuem ou não com o aumento do número de cupins no ambiente; analisar se existe um ponto de saturação no número de cupins empregados na simulação para a execução da tarefa por completo.*

1. Introdução

O desenvolvimento de modelos de sistemas, técnicas e resoluções de problemas através da inspiração obtida pela natureza é conhecido como biomimético ou bioinspirado. Ambos termos tem como premissa simular comportamentos existentes na fauna desde microorganismos até coletivos de animais, insetos e também a flora [BJÖRN, 2003]. Através da simulação desses comportamentos, sejam eles individuais ou coletivos, podemos entender de qual maneira funciona o sistema como um todo e qual seria a reação a partir de intervenções hipotéticas impostas ao mesmo. A simulação feita através de sistemas multiagente possibilita reinterpretar o ambiente real no virtual. No caso da simulação especificamente bioinspirada, podemos extrair da natureza as respostas para problemas cotidianos e investigar determinadas situações através de emergências no sistema, por exemplo.

O modelo Termites disponibilizado na ferramenta NetLogo [WILENSKY, 1997] simula a organização de lascas de madeiras feitas por cupins que, dependendo do tempo de simulação, movimentam as mesmas formando apenas uma pilha de lascas de madeira. Os *patches* são pequenos quadrados programáveis que juntos formam o espaço de simulação, ou seja, servem para discretizar o ambiente e representam o lugar por onde os agentes percorrem. As lascas de madeira são representadas pelos *patches* do NetLogo que possuem a cor amarela e os que não possuem lascas de madeira são representados pela cor preta (espaços vazios). Os cupins seguem um conjunto de regras simples. Após andar no ambiente de simulação aleatoriamente, quando um cupim encontra uma lasca de madeira ele pega essa lasca, segue andando de forma aleatória até encontrar outra lasca e, ao encontrar outra lasca de madeira, ele procura um local vazio próximo para largar a lasca que havia pegado anteriormente [RESNICK, 1997]. No momento que o cupim está procurando lascas ele é representado pela cor branca e quando ele está com alguma lasca ele é representado pela cor laranja.

Este trabalho tem como objetivo principal investigar questões não detalhadas no modelo original, através da implementação de funções que lidam com a parte de mensuração de resultados apresentados ao longo da simulação. A primeira hipótese considerada para ser analisada é se a média de pilha de lascas de madeira formadas ao final das simulações diminuem com o aumento de força de trabalho (número de cupins). A segunda hipótese a ser testada, caso a primeira se concretize em relação à diminuição da média de pilhas ao final da simulação, é descobrir qual o ponto de saturação. Ou seja, descobrir qual o número de cupins necessários para deixar ao final da simulação apenas uma pilha de lascas de madeira.

O artigo está organizado da seguinte maneira: na seção 2 apresentamos a ferramenta utilizada e a relação da bioinspiração com esta pesquisa, na seção 3 aprofundamos a explicação sobre o modelo desenvolvido. Na seção 4 mostramos todos os experimentos realizados na pesquisa e na seção 5 sintetizamos o trabalho de maneira a explicar a proposta, os resultados obtidos, e por fim, é explanada a possibilidade de outros trabalhos em relação à metodologia apresentada no atual trabalho.

2. Referencial teórico

No contexto dos sistemas multiagentes, um agente é uma unidade capaz de cumprir determinadas tarefas interagindo tanto com o meio quanto com as demais unidades inseridas no ambiente, sempre respeitando as regras propostas no cenário.

O comportamento emergente do modelo é a coleção de aparas de madeira em uma única pilha. O comportamento não é expressamente concebido em cada programação do cupim, mas sim o resultado de todo sistema [BJÖRN, 2003]. Exemplos de padrão biológico incluem um cardume de peixes, uma colônia de invasão de formigas, a intermitência síncrona de vaga-lumes, e a arquitetura complexa de um cupinzeiro [CAMAZINE *et al.*, 2001]. Formigas, abelhas, cupins - todos os insetos sociais mostram capacidades de resolução de problemas coletivos impressionantes. Propriedades associadas com o seu comportamento em grupo como organização, robustez e flexibilidade são vistas como características que, sistemas artificiais para otimização, controle ou execução de tarefa devem exibir [BONABEAU; DORIGO; THERAULAZ, 1999; BONABEAU, 2001]. Segundo Detanico, Teixeira e Silva (2010), o conceito de Biônica ou Biomimética consiste em analisar sistemas naturais e reproduzir seus princípios de solução. As soluções da natureza podem contribuir para o processo criativo de projeto, tanto na forma de analogia como através de seus padrões geométricos/matemáticos.

A partir do momento em que buscamos soluções de problemas na natureza, percebemos que inúmeras invenções ditas feitas pelo homem já existem. De acordo com Benyus (2007), nossas vigas e escoras já estão nas folhas do nenúfar e nas hastes do bambu, nossos sistemas de aquecimento central e ar-condicionado são superados pelos 30° centígrados do cupinzeiro, nosso radar mais sofisticado é surdo se comparado ao sistema de captação de frequências do morcego.

3. Materiais e métodos

O NetLogo [WILENSKY, 1999] é um ambiente de modelagem programável para simular fenômenos naturais e sociais. É adequado para modelar sistemas complexos e observar o seu desenvolvimento ao longo do tempo.

O modelo *Termites* apresentado na ferramenta de simulação NetLogo é simples. Este modelo apresenta apenas o controle sobre o número de agentes que irá efetuar a simulação no ambiente e a densidade de lascas de madeira que será distribuída de forma regular e randômica no espaço. Dentro da biblioteca do NetLogo, a simulação de cupins não mensura nada em relação ao comportamento dos agentes ou investiga respostas sobre o que resultou da movimentação das lascas.

Partindo desse princípio, existem algumas questões que não foram completamente esclarecidas no modelo principal. Utilizando o modelo original disposto na ferramenta e aplicando algumas implementações, foi possível responder alguns questionamentos que não haviam sido respondidos, como exemplo:

01 - Como fica a distribuição, ou como são aglomeradas as pilhas de lascas de madeira com apenas um cupim no ambiente? E com muitos cupins?

02 - Quando há duas pilhas iguais de lascas de madeira em lados opostos, como é formada a movimentação após um certo tempo de simulação? E quando há uma pilha maior que a outra?

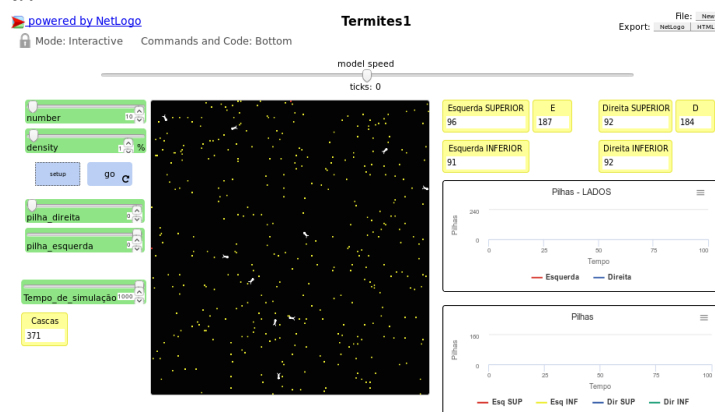


Figura 1. Modelo *Termites* implementado

Nesta pesquisa em específico será abordada a análise da variação do número de cupins no ambiente de simulação em relação à organização das lascas de madeira, questão 01 supracitada.

A Figura 1 apresenta o modelo estendido implementado, além dos controles básicos de densidade de lascas e número da cupins, foram criadas as implementações do tempo de simulação e a contagem do número de pilhas que eram formadas no final da simulação. O comportamento emergente da simulação de movimento de lascas de madeira, sem tempo definido, é a formação de apenas uma pilha. Para isso foi colocado

um tempo limite de cem mil *ticks* (unidade de medida do NetLogo) e avaliado quantas pilhas eram formadas ao final da simulação. Também foram investigadas, através da divisão do ambiente em quatro espaços de igual proporção, o número de lascas que permaneciam nos mesmos.

Através dessa divisão do ambiente foi possível identificar quantos e quais espaços ficavam sem lascas no final da simulação. Para identificar estes espaços, imaginemos um plano cartesiano em que a divisão é apresentada em quatro quadrantes. No caso da simulação, estes foram nomeados da seguinte forma: Canto Superior Esquerdo, Canto Inferior Esquerdo, Canto Superior Direito e Canto Inferior Direito. Ainda neste ponto, foram analisados em que momento um determinado “Canto” do espaço era zerado, ou seja, não possuía mais nenhuma lasca de madeira. Esta medida é anotada na unidade de *tick em* que o cupim carrega a última lasca existente no espaço.

A primeira simulação contou apenas com 1 cupim, e para cada simulação foram executadas 5 rodadas para coletar seus resultados. Posteriormente foi acrescentado mais 1 cupim no cenário de simulação até um total de 10 cupins existentes na simulação (todas simulações contaram com o mesmo número de rodadas). Após serem efetuadas todas as simulações foi realizada a coleta dos seus resultados para a análise da organização das lascas de madeira no ambiente de simulação. O número de lascas de madeira existente no ambiente era de 4 mil lascas aproximadamente, pois varia por conta da densidade escolhida para as simulações que era de 10%. A densidade de 10% permanece para todas as simulações propostas neste trabalho.

No primeiro experimento, conjunto de 10 simulações com tempo limitado, a medida em que aumentamos o número de cupins no ambiente a média do número de pilhas de lascas de madeira ao final das simulações diminuiu. Conforme o Figura 2, o conjunto de 5 simulações com apenas 1 cupim teve uma média final de número de pilhas de 6,4 e o conjunto de 5 simulações com 10 cupins teve uma média de 1,4 pilhas ao final. De acordo com o gráfico, podemos notar que o número de pilhas diminuiu efetivamente à medida que aumentamos a força de trabalho, ou seja, número de cupins no ambiente.

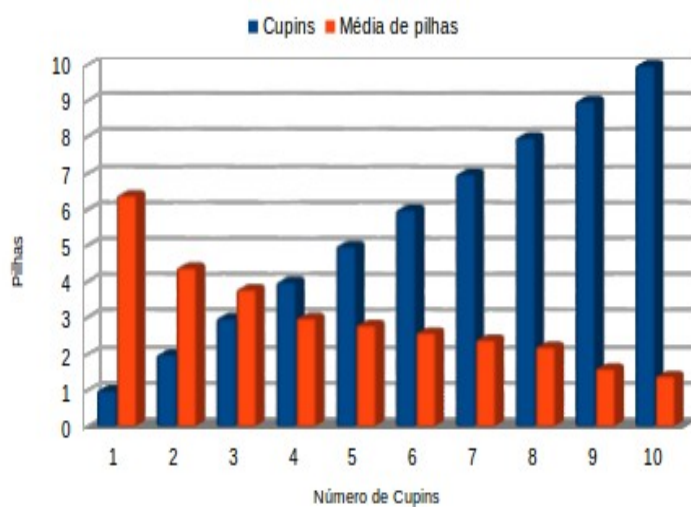


Figura 2. Simulações de 1 até 10 cupins

Considerando a primeira hipótese, o número médio de pilhas diminui à medida que aumentamos o número de cupins no ambiente de simulação. Feita a simulação e análise da primeira hipótese, passamos para a identificação do ponto de saturação, ou seja, segunda hipótese.

Como a primeira fase de simulações consistiu em simulações de 1 até 10 cupins e este número quase alcançou o número desejado de apenas uma pilha no final das simulações. Então, optou-se por seguir pelo incremento de 1 cupim em cada simulação subsequente.

Conforme Figura 3, logo após a simulação contendo 10 cupins, podemos perceber que o ponto de saturação foi encontrado na simulação com 11 cupins, pois tanto esta quanto a simulação com 12 cupins alcançaram a média de uma pilha ao final da simulação. Portanto, para que tenhamos o trabalho feito por completo, ou seja, para que tenhamos apenas uma pilha de lascas de madeira ao final de uma simulação com o tempo de cem mil *ticks* previamente configurado, precisamos de 11 cupins no ambiente.

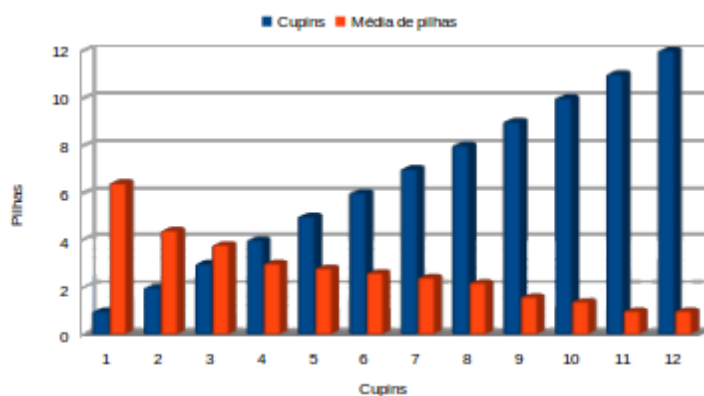


Figura 3. Simulações para comprovar saturação

4. Considerações Finais

Este trabalho apresentou a análise da organização de lascas de madeira no modelo de simulação NetLogo. Neste foram propostas duas hipóteses: 1) A primeira hipótese consistia em investigar se a média das lascas de madeira formadas ao final da simulação diminuíam ou não com o aumento do número de cupins no ambiente e esta se confirmou, pois houve a diminuição da média ao passo que era aumentado o número de cupins no ambiente; 2) A segunda hipótese a ser provada dependia diretamente da primeira e também foi comprovada, pois há um ponto de saturação no número de cupins empregados na simulação para a execução da tarefa por completo, ou seja, formar apenas uma pilha ao final da simulação.

A forma que os cupins trabalham é descentralizada, ou seja, não possuem uma ordenação direta ou regra para carregar as lascas de madeira. Portanto, comparar o trabalho apresentado com outro centralizado, seria uma possibilidade para trabalhos futuros. Uma hipótese interessante, tratando-se de regramento no ambiente, seria categorizar determinados tipos de cupins e dividi-los em grupos com funções diferentes, formando um sistema hierárquico, o que é comumente visto na natureza.

Referências

- BENYUS, J. M. (2007) *Biomimética: inovação inspirada pela natureza*. São Paulo: Cultrix.
- BJÖRN, A. (2003) *Design of simulated human behaviour*. Umeå: Umeå University, 2003.
- BONABEAU, E.; DORIGO, M.; THERAULAZ, G. (1999) *Swarm intelligence: from natural to artificial systems*. Oxford: Oxford University Press.
- BONABEAU, E. (2001) *Self-organization in biological systems*. Princeton University Press.
- CAMAZINE, S. et al. (2003) *Self-organization in biological systems*. Princeton University Press.
- DETANICO, F. B.; TEIXEIRA, F. G.; SILVA, T. K. (2010) A Biomimética como método criativo para o projeto de produto. *Design & Tecnologia*, n. 2. Disponível em: <http://migre.me/uCYTH>. Acesso em: 01 ago. 2016.
- RESNICK, M. (1997) *Turtles, termites and traffic jams: explorations in massively parallel microworlds*. Cambridge: MIT Press.
- WILENSKY, U. (1997) *NetLogo termites model*. Evanston: Northwestern University.
- WILENSKY, U. (1999) *NetLogo*. Evanston: Northwestern University.