

Segregação Sócio-espacial: um Estudo utilizando Sistemas Multiagentes

**Carlos Eduardo Pereira de Quadros, Josimara de Ávila Silveira,
Felipe Neves da Silva, Leonardo Martins Rodrigues, Liliane Silva Antiqueira,
Stephanie Loi Brião, Suvania Acosta Oliveira, Tauã Milech Cabreira**

¹Programa de Pós Graduação em Modelagem Computacional
Universidade Federal do Rio Grande (FURG)
Av. Itália, Km 8 – Campus Carreiros – 96.201-900 – Rio Grande – RS – Brazil

***Abstract.** This work is a study about the Social-Spatial Segregation that occurs, most often, unintentionally in some cities, especially in large population centers. To model this we used multi-agent simulation through the software NetLogo. With an existing example in its library of templates, we developed some examples with variations for the case of social classes segregation. Finally, we present the results of this study.*

***Resumo.** Neste trabalho é realizado um estudo sobre a Segregação Sócio-espacial que ocorre, na maior parte das vezes, de forma involuntária em algumas cidades, principalmente em grandes centros populacionais. Para isso, utiliza-se simulação multiagente através do software NetLogo. Através de um exemplo existente em sua biblioteca de modelos, foram desenvolvidos exemplos com variações para o caso da Segregação de classes sociais. Por fim, são mostrados os resultados obtidos nesse estudo.*

1. Introdução

A segregação consiste no ato de segregar, separar ou isolar um determinado grupo de indivíduos. A expressão espacial da segregação é a “área natural”, definida por Zorbaugh como sendo uma área geográfica caracterizada pela individualidade física e cultural, resultante do processo de competição impessoal que geraria espaços de dominação dos diferentes grupos sociais, replicando ao nível da cidade os processos que ocorrem no mundo vegetal [Corrêa 1993].

Entre os diversos tipos de segregação existentes, podem-se destacar a segregação urbana, também conhecida como a segregação de diferentes grupos étnico-culturais e/ou diferentes grupos econômicos (classe alta, média e baixa) e a segregação de nacionalidades, que muitas vezes está diretamente relacionada ao conceito de xenofobia, exercido por grupos que discriminam outras pessoas devido a sua nacionalidade.

Em relação à segregação de nacionalidades, pode-se exemplificar a separação de latinos (cubanos, porto-riquenhos, mexicanos, etc.) e americanos que ocorre em diversos bairros de cidades dos Estados Unidos. Certos bairros destas localidades são ocupados quase que única e exclusivamente por pessoas de determinada nacionalidade ou descendência, configurando um tipo de segregação presente em diversas regiões do mundo.

Outro tipo de segregação amplamente conhecida é a segregação racial adotada pelo regime do Apartheid, na África do Sul. O regime, que vigorou entre os anos de 1948

e 1994, classificava a população em quatro nações distintas: brancos, negros, mestiços e indianos. O governo, formado pela minoria branca, detinha o poder e elaborava leis que cada vez mais suprimiam o direito à liberdade das demais “nações”. Dentre as principais leis que vigoraram durante o regime, pode-se destacar a Lei de Reserva dos Benefícios Sociais, que especificava locais públicos a serem frequentados por determinadas raças, caracterizando assim uma segregação múltipla, não apenas étnica, mas também espacial.

E por fim temos a segregação das classes sociais. Nas metrópoles brasileiras, uma das características mais marcantes é a segregação espacial das classes sociais em áreas distintas da cidade [Villaça 2001]. Este tipo de segregação traz inúmeros problemas às cidades. O primeiro é, obviamente, a desigualdade em si. Camadas mais pobres da população, com menos recursos, são justamente as que gastam mais com o transporte diário, que têm mais problemas de saúde por conta da falta de infraestrutura, que são penalizadas por escolas de baixa qualidade, e assim por diante. A própria segregação é não apenas reflexo de uma condição social, mas um fator que contribui para tornar as diferenças ainda mais profundas. Este tipo específico de segregação urbana pode ser dividido em “segregação voluntária” e “segregação involuntária” [Saboya 2001]. A segregação voluntária refere-se àquela na qual o indivíduo ou uma classe de indivíduos busca, por iniciativa própria, localizar-se próximo a outras pessoas da mesma classe social. Por sua vez, a segregação involuntária corresponde àquela em que as pessoas são segregadas contra a sua vontade, por falta de opção.

Este trabalho visa abordar o problema de segregação, voluntária e involuntária, aplicado às classes sociais nas zonas urbanas, através dos processos de simulação social. O objetivo do artigo é simular a população de uma metrópole e os processos de segregação de classes sociais através da modelagem baseada em sistemas multiagentes. No desenvolvimento desse projeto utilizou-se o software Netlogo [Wilensky 2011] para a simulação da sociedade. Os elementos desse software, aplicados ao problema, serão as *turtles* (agentes), simbolizando as pessoas, e os *patches* (ambiente), simbolizando a metrópole. Além disso, os agentes serão compostos de regras de comportamento individuais que definirão as suas ações no modelo.

2. Modelo Segregation na ferramenta NetLogo

Nos anos 70, Thomas Schelling desenvolveu um modelo de segregação racial baseado em suas observações de bairros norte-americanos, onde, em alguns casos, cerca 75% da população era de uma mesma raça. Poderia imaginar que isso se dava pelo racismo, e classes eram isoladas umas das outras. Mas Schelling tinha outra suspeita, de que essa segregação era formada a partir da interação entre os indivíduos, os quais decidiam viver próximos a seus semelhantes por opção própria e não por serem excluídos de outro lugar [Wilensky 1997]. Alguns resultados de segregação resultam de práticas de organizações, enquanto outros resultam a partir de escolhas individuais relacionadas à discriminação. Essa separação também pode ocorrer devido à sistemas de comunicação especializados, como as diferentes linguagens. Além disso, algumas segregações são o corolário de outros modelos de segregação: a residência está correlacionada com a localização do trabalho e o transporte [Schelling 1971].

O modelo de segregação presente na biblioteca de modelos da ferramenta NetLogo é baseado nas idéias de Schelling. Duas classes de indivíduos, uma de cor verde e outra

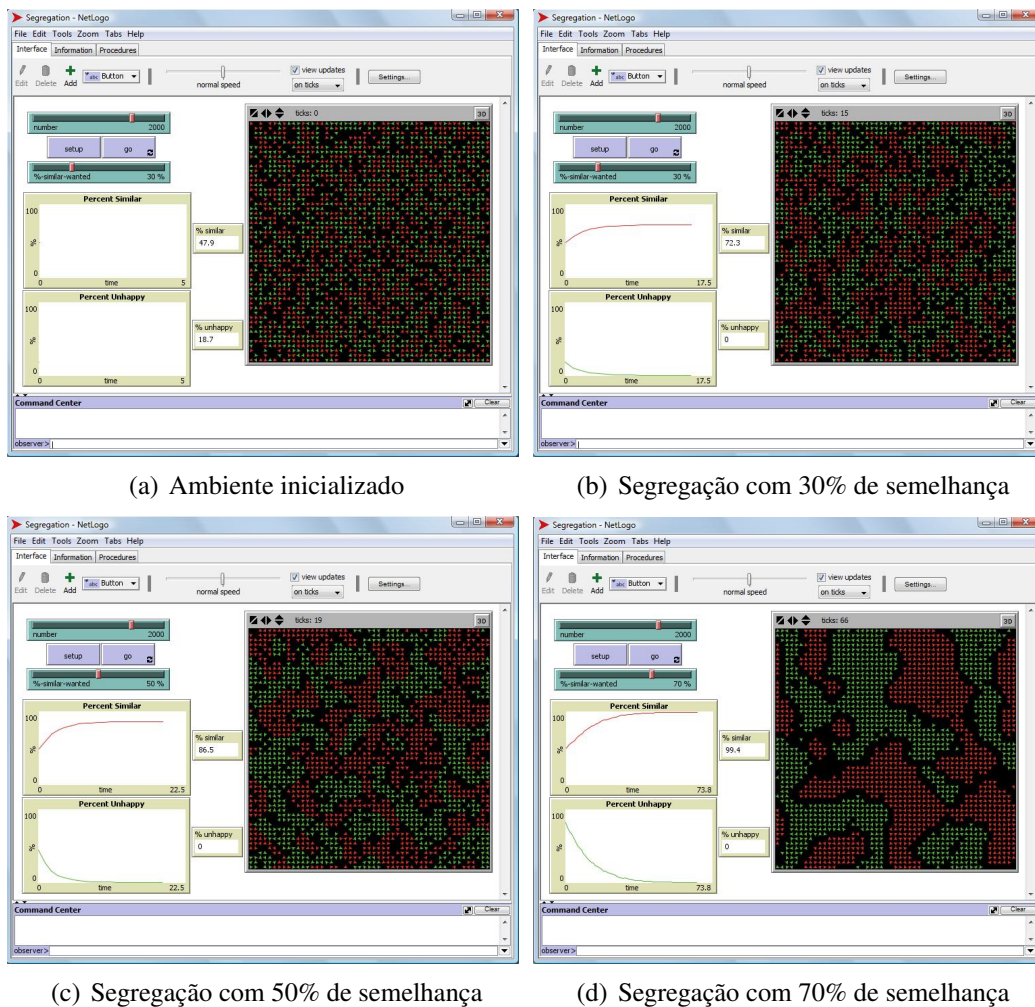


Figura 1. Modelo “Segregation” na ferramenta NetLogo

de cor vermelha, convive bem entre si, mas cada indivíduo quer ter certeza que vive perto de pelo menos alguns de seus semelhantes para estar feliz naquele lugar [Rauch 2002].

A simulação mostra que se formam grupos de indivíduos de uma mesma cor, o tamanho dos grupos formados varia de acordo com a porcentagem de vizinhos que um indivíduo necessita para ser feliz. A Figura 1 mostra telas do ambiente de simulação. Na primeira imagem, aparece o modelo inicializado com os agentes dispostos aleatoriamente pelo ambiente. Na segunda tela, aparece uma simulação finalizada com porcentagem de vizinhos necessários (30%) para que o agente seja feliz. Já na terceira e na quarta tela, as porcentagem são de 50% e 70%, respectivamente.

Na próxima Seção serão apresentadas alterações nesse modelo, onde é analisada a região do ambiente que pode ser habitada por agentes com determinadas faixas de renda fora de sua vizinhança.

3. Segregação de Classes Sociais

O trabalho demonstra a aplicação de um modelo comportamental por distribuição de agentes em um determinado espaço, como representação de um modelo habitacional, assumindo determinadas regras através de uma simulação sócio-econômica.

Em todas as metrópoles, observa-se a tendência de organização social do território expressar diferenças étnicas, raciais e sócio-econômicas, formando unidades de vizinhança que agrupam domicílios com características particulares [Katzman and Ribeiro 2008].

A seguir, serão mostrados os exemplos implementados com relação à modelagem da segregação de classes sociais, todos contando com a existência de três classes sociais.

3.1. Exemplo 1

O comportamento de cada indivíduo desta população será controlado por duas regras básicas: semelhança dos vizinhos e restrição econômica da região. Ao satisfazer as duas regras, o comportamento do indivíduo será o de permanecer no local onde se encontra. Caso contrário, o indivíduo irá deslocar-se em busca de um novo lugar. A partir desse comportamento local de cada indivíduo, o problema consiste em verificar e analisar a emergência ou não de um fenômeno global.

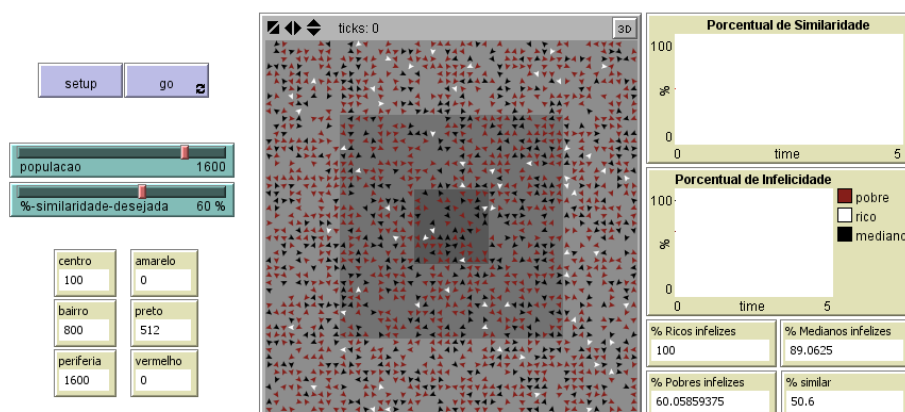


Figura 2. Interface do Modelo de Segregação das Classes Sociais

O Modelo de Segregação de Classes Sociais, apresentado na Figura 2, consiste na modelagem do espaço urbano e dos indivíduos que compõem este ambiente visando simular os processos de segregação social ocorridos nas metrópoles. O modelo estuda o comportamento de indivíduos de três classes sociais distintas, representados por agentes (*turtles*), em um ambiente dividido em três regiões com restrições econômicas. Nos agentes, cada cor representa um tipo específico de classe social: os agentes brancos pertencem à classe rica, os agentes pretos pertencem à classe média e os agentes vermelhos pertencem à classe baixa. Além disso, cada tartaruga detém um salário no intervalo correspondente a sua classe social.

O ambiente é dividido em faixas de escala de cinza, conforme ilustra a Figura 3. A região central é demarcada por um cinza mais escuro, já a região dos bairros é identificada por uma escala de cinza intermediária e, por fim, a região da periferia é representada pelo cinza mais claro. Em cada faixa da cidade, existe um requisito mínimo para que a tartaruga possa se estabelecer: o salário. No centro, apenas agentes com salário igual ou superior a cinco mil reais podem se instalar. Nos bairros, apenas agentes com salário igual ou superior a mil reais podem permanecer. Já na periferia, independentemente do salário, qualquer tartaruga pode permanecer nessa região.

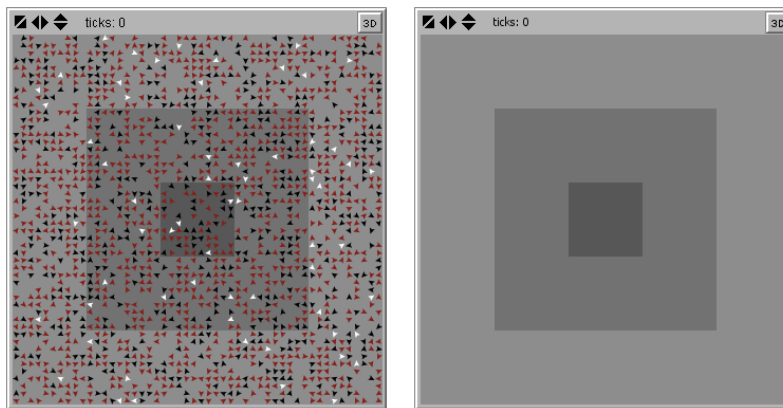


Figura 3. Representação das classes sociais (cores dos agentes) e do espaço urbano (escalas de cinza)

Os agentes possuem uma restrição própria em permanecer próximas a um número mínimo de seus semelhantes, ou seja, os agentes amarelos desejam conviver uma porcentagem “x” de agentes amarelos ao seu redor, e assim por diante. A simulação mostra como estas preferências individuais e as restrições de ambiente podem levar à emergência de um fenômeno global em um sistema social.

Inicialmente, os agentes brancos, pretos e vermelhos são aleatoriamente distribuídos no ambiente, onde a maioria dos agentes está infeliz, pois não possui vizinhos semelhantes (mesma classe social) suficientes e/ou não possuem renda suficiente para manter-se em seu lugar atual. Diante disso, os agentes infelizes pulam para novas regiões da vizinhança, podendo alterar o equilíbrio do local, fazendo com que outros agentes abandonem a região também.

Neste exemplo, o comportamento dos agentes é regido por duas regras principais. A primeira regra estabelece que cada região do ambiente só pode ser ocupada por agentes que possuem renda suficiente para manter-se no local. Por sua vez, a segunda regra especifica que os agentes devem conviver apenas com seus semelhantes, de acordo com uma porcentagem de aceitação mínima determinada na interface do modelo.

Estágio 1		Estágio 2		Estágio 3	
% Ricos infelizes	100	% Ricos infelizes	90.6	% Ricos infelizes	0
% Medianos infelizes	89.84375	% Medianos infelizes	23.046875	% Medianos infelizes	0
% Pobres infelizes	60.83984375	% Pobres infelizes	12.3046875	% Pobres infelizes	0
% similar	50.5	% similar	84.3	% similar	99.1

Figura 4. Evolução na felicidade e similaridade da população em três estágios da simulação

Ao longo do processo de simulação, o número de agentes infelizes diminui, mas o ambiente torna-se mais segregado, conforme apresenta a Figura 5. Ao final do processo, todas os agentes vermelhos encontram-se na periferia, pois não possuem renda suficiente para manter-se em outras regiões. Os agentes pretos, por sua vez, aglomeram-se em um grande grupo na região dos bairros e em suas “fronteiras” com a periferia, podendo até mesmo formar pequenos grupos na região da periferia. E por fim, os agentes ricos são

divididos em pequenos grupos entre as três regiões e, em alguns casos, acabam ficando isolados. Assim, ao término da simulação, pode-se analisar que o percentual de infelicidade dos agentes em todas as classes sociais se tornou nulo, ou seja, todos os agentes ficaram felizes.

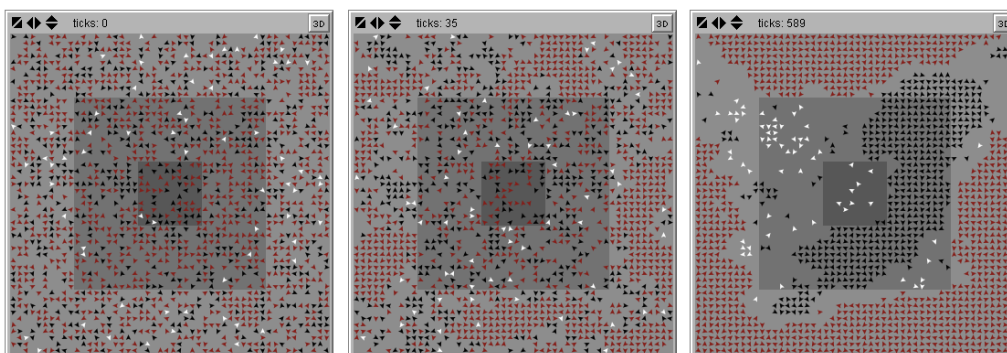


Figura 5. Emergência do fenômeno global da segregação social ao longo da simulação

3.2. Exemplo 2

Na simulação apresentada neste exemplo, são adotados apenas dois itens que caracterizam os indivíduos: a renda de cada agente que é definida por sua classe social (A, B ou C), e o custo de vida em três áreas do espaço de simulação para permanência dos agentes nas mesmas.

Para ter um ciclo de simulação terminado todos os agentes devem estar na condição de “feliz” e para que isso ocorra são trabalhados os seguintes critérios: a classe social do agente e se ele possui alguma similaridade com outro agente vizinho.

A segregação ocorre por similaridade, porém um agente da Classe_C (agente azul) não teria condições econômicas de manter-se por muito tempo na área central do cenário devido ao alto custo de vida. A Classe_A (agente vermelho) mesmo tendo condições econômicas de se manter em qualquer área do cenário não viveria em um determinado lugar que por ter o menor custo de vida consequentemente possui os piores serviços à disposição. Os agentes da Classe_B (agente amarelo) possuem a melhor condição dentro do cenário de simulação, pois possuem poder econômico suficiente para se manter em qualquer um dos três lugares simulados.

Na Rodada 1 Máxima (todos os tipos de agentes com o número máximo no ambiente) foi verificado que em todos os tamanhos de caminhada houve no mínimo um caso em que o número de *ticks* ultrapassou 5000, pois o que emergiu da simulação é a resultante da falta de espaço para o agente da classe que não habitaria uma área muito distante do centro da cidade e por não encontrar neste local nenhum vizinho similar a ele. A Figura 6 mostra essa situação.

No caso supracitado, a finalização da simulação ocorre da seguinte forma a Área central fica ocupada pelas classes A e B, a Área intermediária fica ocupada pelas classes A, B e C, e a Área mais afastada fica ocupada pelas classes B e C sendo que agentes da Classe_A percorrem todo o cenário e não encontram local que torne a sua condição para

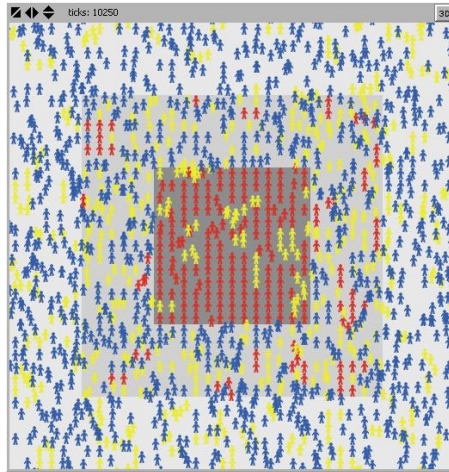


Figura 6. Simulação com o número máximo de agentes

“feliz”, pois o centro já está todo ocupado e para habitar a área intermediária ele deve encontrar algum agente similar.

Na Rodada 2 Média (todos os tipos de agentes com o número médio no ambiente) o fenômeno da falta de espaço não ocorreu, pois há espaço para todos os agentes das classes sociais mudarem para a condição de “feliz” com taxas muito baixas se comparado a Rodada 1 Máxima. Utilizando a idéia da situação que emergiu em simulações que ultrapassaram 5000 *ticks*, percebe-se um efeito não diferente do que acontece na vida real onde a Classe_A trabalha em uma cidade e mora em outra por diversos fatores, entre eles a falta de estrutura para acomodar e satisfazer a todos, falta de entretenimento, possuir ensino local de qualidade entre outros fatores. A Figura 7 ilustra o caso descrito.

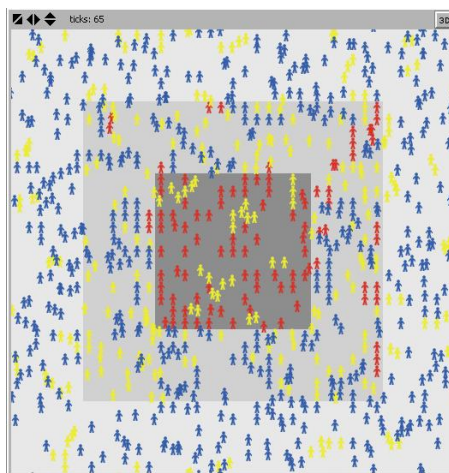


Figura 7. Simulação com o número médio de agentes

3.3. Exemplo 3

Neste exemplo, os indivíduos de cor verde representam a população de classe econômica alta, os de cor amarela simulam a classe média, enquanto o grupo de cor vermelha representa a classe com menor poder aquisitivo da população.

A área central representa uma região nobre do mapa, com custo mais elevado, permitindo que apenas os indivíduos do grupo verde se estabeleçam nessa região. A região periférica do ambiente representa exatamente o oposto, uma área de baixo custo de habitação, permitindo que indivíduos de qualquer um dos grupos propostos assumam uma das posições que compõe a região. Por fim, entre as duas áreas citadas existe uma região com custo intermediário, possibilitando que tanto indivíduos do grupo verde como do grupo amarelo habitem esse espaço.

Para representar a segregação social, utilizou-se o conceito de felicidade, a qual os indivíduos só atingem quando certa porcentagem de seus vizinhos pertence a seu grupo social. Como cada grupo se adapta melhor a uma área diferente do mapa, outra variável do ambiente foi definida, sendo que essa aumenta a porcentagem de vizinhos necessária para que os indivíduos atinjam a felicidade à medida que se afastam de sua região de conforto (grupo verde na área central e amarelo na intermediária). A interface do modelo utilizado no exemplo pode ser visualizada na Figura 8.

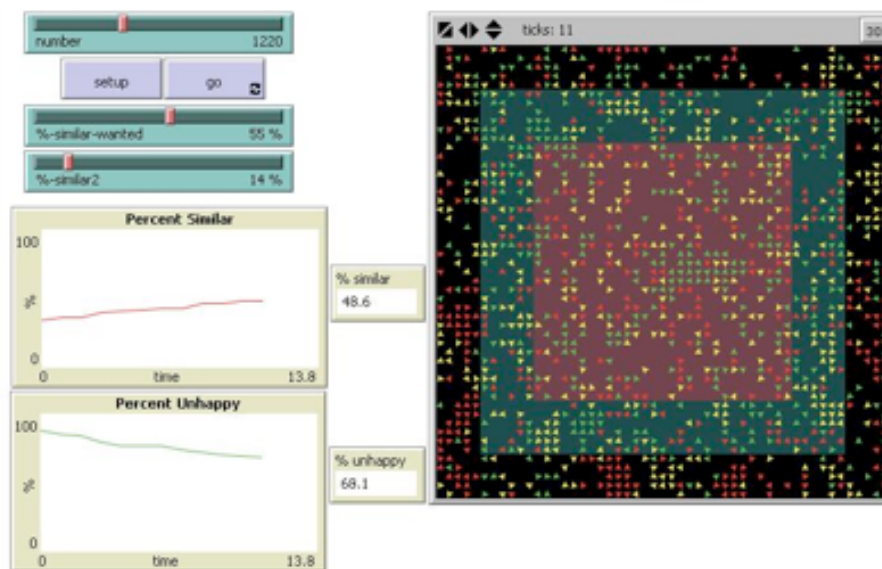


Figura 8. Interface do modelo com a simulação em andamento.

O ambiente onde os agentes interagem possui 2601 (51x51) *patches*, tendo a região rosa 841 *patches*, a verde 840 *patches* e a preta com 920 *patches*. Como a área periférica pode ser ocupada por qualquer um dos grupos de agentes definidos, ela foi definida um pouco maior do que as outras.

O usuário do modelo pode interagir com a simulação alterando o valor de três variáveis. A primeira é “*number*” que determina o número de agentes que compõem a simulação, podendo ser atribuído um valor de até 2500 indivíduos divididos igualmente entre os grupos. A segunda variável que pode ser alterada, “*%-similar-wanted*”, é porcentagem de vizinhos da mesma classe que um indivíduo deseja para que ele permaneça em um *patch*, ou seja, atinja a felicidade. Relacionada a ela, a terceira variável controlada pelo usuário, “*%-similar2*”, é um aumento na porcentagem de vizinhos semelhantes que um agente necessita para permanecer em um *patch* que não seja a condizente com sua classe, mas que seja possível para ele, como por exemplo, os agentes amarelos na

periferia, ou os verdes na área central e na periferia.

A influência dos valores atribuídos para as variáveis no resultado final da simulação pode ser visualizada nos exemplos apresentados na Figura 9 a seguir, onde ambas as simulações foram realizadas utilizando-se os mesmos valores para “*number*” e “*%-similar-wanted*”, diferenciando-se apenas o valor determinado para “*%-similar2*”, a qual possui valor 15 para o exemplo à esquerda e 75 para o exemplo à direita.

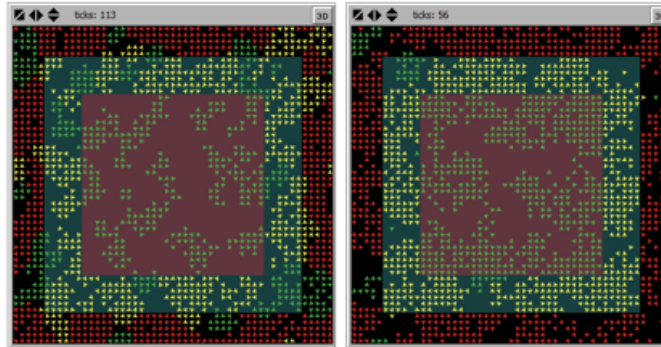


Figura 9. À esquerda, resultado da simulação utilizando o valor 15 para “*%-similar2*”. À direita, resultado com valor 75 para a mesma variável.

Quando se escolhe um valor baixo para “*%-similar2*”, ou seja, determina-se uma baixa influência da região na felicidade do agente, eles tendem a se espalhar pelas diferentes regiões do ambiente, já quando se utiliza um valor alto, os indivíduos tendem a se concentrar em suas regiões preferenciais.

O gráfico “Percent Similar” mostra ao usuário a porcentagem de agentes que está localizado próximo a seus similares, esse valor pode não chegar a 100% no final da simulação, pois alguns agentes podem terminar sem nenhum vizinho. O gráfico “Percent Unhappy” mostra a porcentagem de agentes que ainda não satisfizeram sua condição para que estejam felizes (*happy*), a simulação acaba quando 0% dos agentes estiverem infelizes (Figura 9).

A Figura 10 mostra o cenário ao fim da simulação, onde 100% dos agentes estão felizes com sua localização no espaço. Pode-se observar que 99,5% dos agentes possuem similares na sua vizinhança, os 0,5% de agentes que não possuem estão isolados no espaço.

Outro ponto a ser ressaltado é o de que para cada simulação realizada, independente dos valores definidos para as variáveis, sempre se obtém um resultado diferente, que é gerado a partir da autonomia e da aleatoriedade com que os agentes procuram uma posição em que fiquem felizes no ambiente.

3.4. Exemplo 4

A ideia nesta implementação seria a de simular uma situação na qual a maior parte dos agentes que representam as classes A (renda alta), B (renda média) e C (renda baixa) concentre-se respectivamente nas regiões centrais, intermediárias (entre centro e periferia) e periférica de uma cidade, respectivamente.

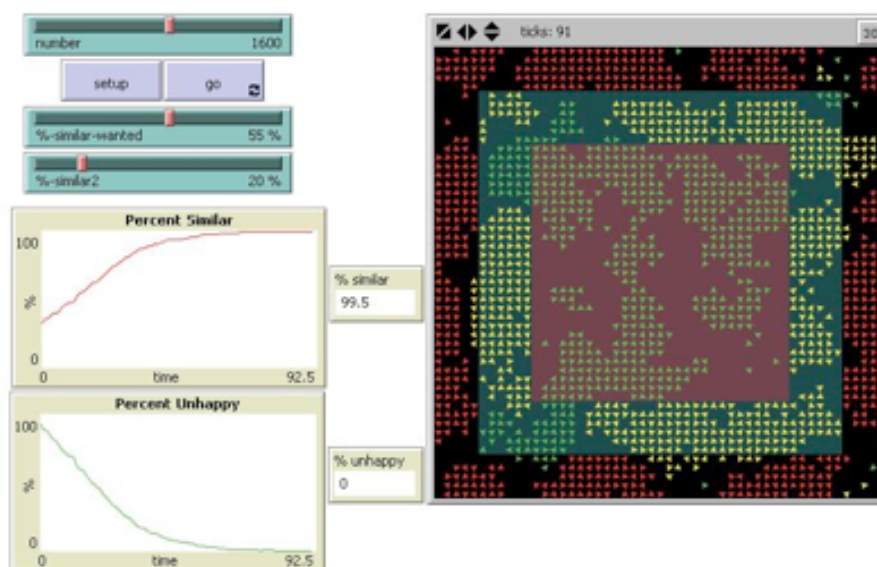


Figura 10. Fim da simulação.

Inicialmente, determinou-se o seguinte: a cor *Green* representa uma zona “nobre”, a cor *Green + 1* representa a zona “intermediária” e a cor *Green + 1.5* representa uma zona “periférica”. Em seguida, estipulou-se um critério no qual os agentes de cores azul, amarelo e vermelho deveriam permanecer, no final da simulação no ambiente estabelecido, representando as três classes, respectivamente.

Com a finalidade de tornar a simulação mais próxima da realidade, atribuiu-se probabilidades para permanência de cada agente nas três divisões do ambiente, sendo elas: centro, intermediária e periferia. Logo, foram estabelecidos os seguintes critérios:

- Os agentes de cor azul teriam 96% de chance de parar no centro, ou seja, estar feliz na cor *Green*, 2% de parar na zona intermediária correspondente a cor *Green + 1* e 2% de parar na periferia, cor *Green + 1.5*.
- Os agentes de cor amarela teriam 5% de chance de parar no centro, 90% na região intermediária e 5% na periferia.
- Os agentes de cor vermelha teriam 1% de chance de parar no centro, 3% na região intermediária e 96% na periferia.

A Figura 11 mostra uma tabela que resume os critérios estabelecidos.

Agentes	Critério de parada		
	Centro	Intermediário	Periferia
Azul	96%	2%	2%
Amarelo	5%	90%	5%
Vermelho	1%	3%	96%

Figura 11. Tabela resumindo as definições impostas.

A Figura 12 mostra mais detalhes com relação à simulação realizada no *software* NetLogo.

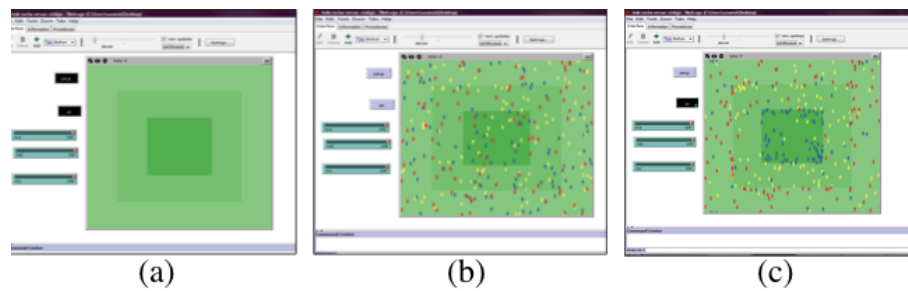


Figura 12. (a) Região correspondente para cada classe: A, B e C. (b) Ambiente com 100 agentes. (c) Final da simulação.

De acordo com as simulações realizadas, variando a quantidade de agentes, conseguiu-se chegar ao objetivo inicial que era o de simular uma situação real envolvendo as classes A, B e C dentro de uma cidade. Foi possível programar de maneira que a maior parte da classe A ficasse concentrada no centro, a maioria dos agentes da classe B, na zona intermediária e a maioria da classe C na periferia. Isso só foi possível por que foi determinado para cada agente da classe A, B e C, respectivamente, probabilidades de parada na região central, intermediária e periférica.

4. Conclusão

Após o desenvolvimento do modelo proposto e da análise dos resultados obtidos, concluiu-se que a utilização do software Netlogo na simulação de sistemas multiagentes baseados no problema da segregação das classes sociais obteve êxito na modelagem de uma sociedade real. A partir de comportamentos individuais baseados em algumas regras, atingiu-se a emergência de um fenômeno global denominado de segregação de classes sociais.

Os resultados obtidos com o modelo ilustram alguns aspectos da realidade de algumas metrópoles, no entanto, este é um tema complexo, composto de diferentes variáveis e elementos que dependem da localidade em que se aplica. As cidades possuem realidades distintas, apresentando comportamentos de segregação dos mais variados possíveis. Além disso, diversas variáveis podem ser levadas em consideração no que diz respeito aos diferentes tipos de segregação que podem ocorrer, tais como sexo, idade, idioma, religião, gostos e hábitos.

Desta forma, necessita-se expandir o trabalho através da adição de novos componentes, visando constituir um modelo mais genérico ou pelo menos, mais abrangente, e que possibilite modelar as diversas realidades presentes em nossas metrópoles, como as inúmeras classes sociais e as áreas impróprias para moradia.

Referências

- Corrêa, R. L. (1993). *O espaço urbano*. Ática, São Paulo, 2th edition.
- Katzman, R. and Ribeiro, L. C. Q. (2008). Metrôpoles e sociabilidade: os impactos das transformações socioterritoriais das grandes cidades na coesão social dos países da América Latina. In *Cadernos Metrôpole*. São Paulo, n. 20, p. 241-261, 2. sem. 2008.
- Rauch, J. (2002). Seeing around corners. *The Atlantic Monthly*, 289(4):35–48.

Saboya, R. (2001). Urbanidades - segregação espacial urbana. <http://urbanidades.arq.br/2009/05/segregacao-espacial-urbana/>.

Schelling, T. (1971). Dynamic models of segregation. In *Journal of Mathematical Sociology*. 1:143-186.

Villaça, F. (2001). *Espaço intra-urbano no Brasil*. Studio Nobel: FAPESP: Lincoln Institute, São Paulo.

Wilensky, U. (1997). *NetLogo Segregation model*. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.

Wilensky, U. (2011). Guia do usuário: Netlogo. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/docs>.