

Uriel Caiado A. Fernandes de Almeida

Reforma agrária, violência e ABMs

Brasil, Brasília, Distrito Federal

5 de julho de 2018

Uriel Caiado A. Fernandes de Almeida

Reforma agrária, violência e ABMs

Trabalho acadêmico, do tipo monografia para
conclusão do curso de Ciências Econômicas
do Departamento de Economia - UnB. .

Universidade de Brasília – UnB

Faculdade de Economia, Administração e Ciências Atuariais. - FACE

Graduação

Orientador: Bernardo Mueller

Brasil, Brasília, Distrito Federal

5 de julho de 2018

Uriel Caiado A. Fernandes de Almeida

Reforma agrária, violência e ABMs/ Uriel Caiado A. Fernandes de Almeida. –
Brasil, Brasília, Distrito Federal, 5 de julho de 2018-

59 p. : il. () ; 30 cm.

Orientador: Bernardo Mueller

Monografia – Universidade de Brasília – UnB

Faculdade de Economia, Administração e Ciências Atuariais. - FACE

Graduação, 5 de julho de 2018.

1. Reforma agrária. 2. ABM. 3. Python. I. Bernardo Mueller. II. Universidade UnB.
III. Faculdade de Economia. IV. Bacharel em Ciências Econômicas.

Uriel Caiado A. Fernandes de Almeida

Reforma agrária, violência e ABMs

Trabalho acadêmico, do tipo monografia para conclusão do curso de Ciências Econômicas do Departamento de Economia - UnB. .

Trabalho aprovado. Brasil, Brasília, Distrito Federal, 5 de julho de 2018:

Bernardo Mueller
Orientador

Daniel O. Cajueiro
Membro interno, Universidade de Brasília

Brasil, Brasília, Distrito Federal
5 de julho de 2018

*Esse trabalho é dedicado a todos que me acompanharam durante os meses difíceis que
precederam a conclusão dessa monografia.*

Obrigado, Uriel, 5 de julho de 2018

Agradecimentos

Gostaria de agradecer primeiramente a minha avó, que esteve comigo em todo esse percurso que foi o ano passado. Mais ainda, gostaria de agradecer a Bernardo Mueller pela chance de trabalhar com modelos baseados em agentes e complexidade. Quero agradecer também a minha família pelo apoio

Uriel Caiado A. Fernandes de Almeida

Mais pode ser diferente.
Anderson.

Resumo

O presente trabalho busca estender a literatura sobre o processo de reforma agrária utilizando *Agent-based models* – modelos baseados em agentes. O [Capítulo 1](#) está destinado à revisão de literatura tanto do assunto de ABMs quanto de reforma agrária. O desenvolvimento do modelo e seus resultados ficam aos [Capítulo 2](#) e [3](#).

Palavras-chave: Economia computacional baseada em agentes; Sistemas complexos adaptativos; Interação endógena; Rivalidade estratégica.

Abstract

The present work aims to extend the literature on land dispute and redistribution in Brazil. The chapter 1 is the literature review. There it is treated the concept of Agent-based models as well as the dynamics of land redistribution. The development of the simulation and the game theoretical model is left to chapter 2. The results of running the computational model is in 3.

Keywords: Agent-based computational economics; Behavioral uncertainty; Learning; Institutions; Agent-oriented programming.

Lista de ilustrações

Figura 1 – <i>Padrão de voo</i>	26
Figura 2 – <i>Tick 1</i>	30
Figura 3 – <i>Tick 2</i>	31
Figura 4 – <i>Tick 3</i>	31
Figura 5 – <i>Inclinação da curva de violência 1.</i>	44
Figura 6 – <i>Inclinação da curva de violência 2.</i>	45
Figura 7 – <i>Inclinação da curva de violência 3.</i>	46

Lista de tabelas

Tabela 1 – Os diferentes resultados e o valor da terra.	36
---	----

Lista de abreviaturas e siglas

ABM	Agent-Based Modelling
abnTeX	ABsurdas Normas para TeX
Incra	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária.
MST	Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem-Terra

Sumário

	Introdução	23
1	REVISÃO DE LITERATURA	25
1.1	Modelos baseados em agentes	25
1.2	Reforma Agrária no Brasil e violência	32
2	ANÁLISE DO CONFLITO	35
2.1	Introdução	35
2.2	Em teoria dos jogos	35
2.3	Aplicação computacional	38
3	CONCLUSÕES	43
3.1	Resultados e discussão	43
3.2	Considerações Finais	47
	REFERÊNCIAS	49
	APÊNDICES	51
	APÊNDICE A – CÓDIGO - MODELO DE PROXIMIDADE ESPACIAL DE SCHELLING	53
	APÊNDICE B – MODELO COMPLETO DE REFORMA AGRÁRIA	57

Introdução

Muitas vezes, no mundo real, o comportamento agregado é resultado inesperado da soma de partes, às vezes pouco levadas em conta. O voo dos pássaros, por exemplo, pode ter seus padrões de migração explicados a partir de comportamentos aparentemente reducionistas, imitar a movimentação dos seus vizinhos mais próximos.

A economia também pode ser tratada a semelhança do estudo de padrões de voos, como *sistemas complexos*. Em 1971 Schelling (1971) talvez tenha sido um dos primeiros artigos a tratar a economia como tal. O modelo de proximidade espacial de Schelling conclui que, a partir da hipótese de agentes que buscam vizinhanças com pelo menos 50% do seu tipo, ocorre segregação quase que naturalmente na sociedade. O modelo é melhor explicado no [Capítulo 1](#).

Obviamente, os avanços tecnológicos, tanto quanto linguagens de programação mais acessíveis como bibliotecas científicas mais avançadas, permitiram a modelagem computacional do modelo de Schelling entre outras situações em que possamos agregar o comportamento individual em busca de padrões emergentes. A análise do processo de reforma agrária via simulação é feita.

O processo de reforma agrária, de forma simplificada, no Brasil ocorre de início a partir do reconhecimento do Incra, ou seja, este recebe as solicitações e disputas territoriais. De posse da lista de conflitos e sob pressões políticas para dar resolução aos casos mais divulgados (em geral, mais violentos), o Incra assenta de acordo com seu orçamento e o parecer das cortes. O processo é mais esmiuçado dentro do [Capítulo 1](#), ao fim.

O mecanismo que liga o comportamento do órgão ao dos agentes é a estratégia, via mídia, do posseiro de atrair a atenção para seu conflito. Mais ainda, torna se preferencial no momento de escolha, pelo Incra, de quem assentar. Esta tem sido estratégia geral na busca de grupos de posseiros (sem-terras) por assentamento em território invadido ou ocupado.

[Alston et al. \(2000\)](#) apresenta algumas características necessárias para que um grupo opte por manipulação midiática ao contrário de votos ou contribuições financeiras

- a) Grupos pequenos;
- b) Alta produtividade influenciar eleitores por meios midiáticos;
- c) O problema do grupo em questão seja do interesse dos eleitores;
- d) Custo da política.

O tema é mais bem trabalhado ao fim do [Capítulo 1](#).

Posteriormente trabalho o tema de reforma agrária no Brasil, os conflitos entre as

duas partes envolvidas, proprietários e posseiros (*squatters*), os impasses legais e os resultados da atuação do Incra num ambiente institucional faltoso.

Utilizando do *framework* institucional brasileiro para a reforma agrária e o modelo em (ALSTON *et al.*, 2000), montei um modelo computacional de simulação da expropriação e os conflitos de terra decorrentes.

Existe naturalidade com a qual modelos baseados em agentes se encaixam dentro do escopo de programação orientada a objetos. As estruturas, classes, funções, subclasses, foram essenciais na modelagem de cada agente. Deixo o [Capítulo 2](#) para explicar primeiramente o modelo desenvolvido por Alston *et al.* em 2000, posteriormente apresento uma simulação de modelos baseados em agentes.

Os resultados obtidos se assemelham aos de Alston *et al.* (2000), no que, a atuação do Incra via maior atenção às disputas de terra mais conflituosas resulta num aumento na violência dos conflitos.

Para o caso do modelo em Python 3.6, nota-se claramente o aumento da violência a cada momento do modelo, como é mostrado nas [Figura 5 a 7](#)

O código foi escrito em Python 3.6 utilizando as bibliotecas repositório Sci Py¹.

¹ A extensão do próprio repositório torna tarefa complicada especificar *exatamente* os pacotes utilizados mas os seguintes merecem destaque: Mesa, Pandas, Numpy e Random (para visualização).

1 Revisão de literatura

1.1 Modelos baseados em agentes

Complexidade, o vôo de pássaros

Parece surpreendente imaginar um sistema do qual conhecemos seus componentes em separado, de forma até reducionista, mas não temos capacidade de prever certas consequências dinâmicas dentro desse sistema. São padrões emergentes e isso de fato é uma constante no estudo de sistemas complexos.

Furtado *et al.* (2015) define e caracteriza um sistema complexo como um grande numero de "indivíduos" interagindo entre si, seguindo regras diferentes e contextos distintos.

Tal interação não, em geral, é linear; podem ser trabalhados múltiplos níveis de abstração (de indivíduos, a coletivos destes); podem emergir dessa interação padrões reconhecíveis e, por fim, esses sistemas estão livres de decisões centralizadas, *governança global*, (FURTADO *et al.*, 2015, p. 98).

Existe uma série de características utilizadas na definição de sistemas complexos, e de utilizar como em Furtado *et al.* (2015), separando duas características principais: *emergência* e *retroalimentação*.

Em *emergência* estamos falando do comportamento agregado difícil de ser deduzido observando os componentes em separado¹. Acontece nesse caso, após observação do sistema durante um período de tempo, a identificação de padrões *emergentes*, apesar de vaga, a conceituação tornar-se-a melhor definida ao longo do texto.

Além disso, há a retroalimentação do sistema. O que significa um sistema funcionando de certa forma independente. Uma vez iniciado, se mantém por si só, sem que necessite de mais *input*² além do auferido durante a sua elaboração.

Sistemas complexos, em suma, são sistemas com certo grau de autonomia. São ainda, sistemas que se adaptam e evoluem então.

O exemplo dos pássaros a seguir facilita o entendimento do conceito de complexidade e a emergência de padrões a partir de níveis extremos de reducionismo.

¹ Dado a inserção do tema de *agent-base modelling* dentro do estudo de sistemas complexos algumas das características abordadas acima não de se repetir no decorrer do texto.

² Seriam informações distribuídas entre os agentes sobre seu modo de agir, o dos outros, suas posições no sistema, etc.

O voo de pássaros

Furtado *et al.* apresenta como exemplo de sistema complexo o aparente *padrão* de voo que emerge da migração de pássaros. Imagine então um conjunto de pássaros voando sem qualquer tipo de controle central a dar ordens. Nossos pássaros têm visão limitada, o que é bastante plausível, com a qual observam seus vizinhos mais próximos, com os quais pareiam seu modo de voar. O que é (in)esperado acontece e emerge um tipo de voo coordenado, ver [Figura 1](#).

Figura 1 – *Padrão de voo*



Fonte: *Collective motion in biological systems*. <http://abag.wikidot.com/math-biology>.

Economia, complexidade e ABM

Complexidade é uma área relativamente *nova* em economia. Tesfatsion (2006) justifica o tratamento de economias como sistemas complexos descrevendo a sua decomposição em variados micro-agentes interagindo e gerando padrões reconhecíveis (*i.e* níveis de emprego, crescimento, dispersão espacial dos agentes...), *vis*.

Large numbers of micro agents engage repeatedly in local interactions, giving rise to global regularities such as employment and growth rates, income distributions, market institutions, and social conventions. These global regularities in turn feed back into the determination of local interactions (TESFATSION, 2006, p. 4)³.

De fato, em ciências sociais tenta-se entender o funcionamento da sociedade como um todo, além do comportamento individual dos agentes. Por vezes a interação destes

³ Economias são sistemas complexos e dinâmicos. Grandes números de micro-agentes interagem repetidamente, levando a regularidades de caráter global como nível de emprego e taxas de crescimento, distribuição de renda, instituições de mercado e convenções sociais. Essas regularidades globais em retorno realimentam a determinação das interações locais. Tradução livre.

últimos é contingente a experiências passadas. Mais ainda, quando o comportamento desses indivíduos se adapta de forma contínua e de acordo com sua história, temos que a análise matemática mostra-se limitada em derivar consequências dinâmicas (emergência).

Modelos baseados em agentes (*Agent-based modelling*) permitem essa análise global dos sistemas sociais e a identificação de padrões emergentes.

O primeiro passo para trabalhar com *ABMs* é definir suposições sobre os agentes e a sua interação. O *gist* está na modelagem computacional de cada tipo de agente individualmente, um encapsulamento em forma de software das informações. Mais específico, são dados que disponibilizamos ao agente, e ações, funções que definem as possibilidades de ação do agente.

Disponibiliza-se as "regras do jogo", de forma a gerar uma simulação simplificada de como ocorreria a interação dos integrantes do sistema dado o ambiente definido⁴.

Esse caráter de experimento controlado permite que possamos visualizar o comportamento do sistema que estamos analisando, gerar séries históricas para este e, mais ainda, por meio de, por exemplo, *batchruns*, a ser tratado posteriormente, gerar diversas instâncias do modelo e acumular dados para indução.

Além de proporcionar ao cientista social a capacidade de fazer experimentos controlados com relativa facilidade, podemos usar o sistema criado na nossa modelagem computacional para experimentarmos políticas tanto econômicas quanto sociais em um ambiente no qual tais políticas têm seus resultados obtidos rapidamente e com pouco ônus populacional. As possibilidades de modelos é grande, *e.g.* conflitos, modelos de oferta e procura, etc.

[Axelrod e Tesfatsion \(2006\)](#) expõe em quatro os objetivos da pesquisa em ABM:

- a) Entendimento empírico,
- b) Entendimento normativo,
- c) Heurística,
- d) Avanços metodológicos.

No [Item a\)](#) objetiva-se descobrir o porque do aparecimento de padrões em escala global. No [b\)](#) queremos descobrir como políticas públicas, instituições e outros processos se desenvolvem ao longo do tempo e assim avaliar se os resultados de tais processos são desejáveis.

[Axelrod e Tesfatsion](#) ilustram o *entendimento normativo* como o ato de *encher um*

⁴ Posteriormente no documento mostro como foi feito, para o caso desse trabalho, a modelagem das regras do jogo. O leitor familiar com programação orientada a objetos notará a oportunidade de utilizar esta na modelagem de sistemas complexos.

*balde de água para ver se vaza*⁵, i.e., capturar falhas no processo que impedem que o sistema ("balde") desenhado alcance resultados desejáveis.

O [Item c](#)) parece mais interessante, busca-se aqui encontrar algum tipo de intuição a respeito do funcionamento da sociedade. Mesmo para modelos simples, como o desenvolvido nesse trabalho, quando inserimos um grande número de agentes podemos obter resultados inesperados, como em [Schelling \(1971\)](#).

O [Item d](#)) representa os avanços em métodos e ferramentas para estudo de sistemas sociais com experimentos sociais.

Como deve-se ter percebido até agora, a aplicação de ABMs é uma forma gerativista de fazer ciência, diferente do método dedutivo, utilizado para derivação de teoremas e da indução, utilizada para encontrar "padrões" em dados empíricos.

Apesar da ligação natural com o processo dedutivo, uma vez tendo suas suposições bem especificadas, simulações (*e.g.* ABMs) têm mais em comum com o processo indutivo, utiliza-se dados de simulação para realizar induções.

Segue abaixo um exemplo de implementação computacional do modelo desenvolvido por [Schelling](#) em 1971.

O modelo de proximidade espacial de Schelling

*...there is no simple correspondence between individual action and collective results (SCHELLING, 1971, p. 143).*⁶

Talvez o exemplo mais conhecido, e mais implementado, de modelos baseados em agentes é a simulação de segregação em [Schelling \(1971\)](#), cuja conclusão foi que os indivíduos se separam em grupos mesmo quando não possuem algum tipo de preconceito, basta que sua satisfação seja ligada a proximidade de pessoas semelhantes.

[Schelling](#) assume como premissas que

- a) Existem dois grupos permanentes de indivíduos.
- b) Os indivíduos dividem um *grid*.
- c) Cada agente do modelo tem um de dois tipos.
- d) Cada agente consegue discernir o tipo dos seus vizinhos mais próximos,
- e) ainda, eles se movem buscando certo percentual x de vizinhos do seu tipo, caso contrário, eles se deslocam buscando satisfazer essa condição.

⁵ *The general approach is akin to filling a bucket with water to determine if it leaks.*([AXELROD; TEFATSION, 2006](#))

⁶ ... não existe correspondência simples entre ações individuais e resultados coletivos (agregados). Tradução livre.

O **Item c)** significa que a cada agente, de forma aleatória, é atribuído um tipo antes do seu posicionamento no modelo. Tal tipo pode representar alguma característica que possa ser usada para distribuir a população trabalhada em dois grupos. Exemplos de características são cor (branco, negro), religião (protestantes, católicos), etc. A implementação computacional descrita a seguir foi feita em [Sargent e Stachurski \(2018, p. 790\)](#).

Primeiro a ser definido, como o parágrafo anterior sugere, na construção computacional, quanto ao agente (nesse modelo) é a definição do seu tipo. Este é atribuído de forma aleatória e varia entre os valores 1 e 0.

O leitor pode argumentar da necessidade de um identificador em cada indivíduo no modelo para análise mais profunda da simulação. De fato, é uma implementação essencial e que é levada em conta, e é indispensável, no modelo de reforma agrária a ser descrito mais a frente.

Conjunto ao tipo do agente, atribuímos também a capacidade de se localizar no espaço do modelo através de uma função. Seu resultado é armazenado em cada agente.

Essencial e finalmente, defini-se uma função *Happy* com a qual o agente analisa os seus vizinhos mais próximos e decide estar satisfeito com seu posicionamento, caso contrário ele se muda para outra "vizinhança" (*i.e.* posição) de forma aleatória.

[Sargent e Stachurski](#) distribuí os N agentes sobre um *grid*, espaço definido no modelo, contínuo.

Para organizar a movimentação dos agentes é necessário incluir alguma noção de tempo. Que será dado pela ativação dos agentes, cada ativação e consequente reposicionamento dos agentes vamos denominar de *tick*, uma unidade discreta de tempo.

Por baixo dos panos, a modelagem do tempo é uma função do modelo, um método, pelo qual em cada unidade de tempo os agentes são ativados. Note aqui o contexto da ativação, assim como em teoria dos jogos, importa, mas não nesse modelo. Uma vez que não deu-se *identificadores*, nomes, aos agentes.

A cada unidade de tempo então cada agente é ativado para tomar decisões baseadas no conhecimento do tipo dos seus dez vizinhos mais próximos dentro do *grid* e a noção de que é mais feliz quando metade destes é do seu tipo.

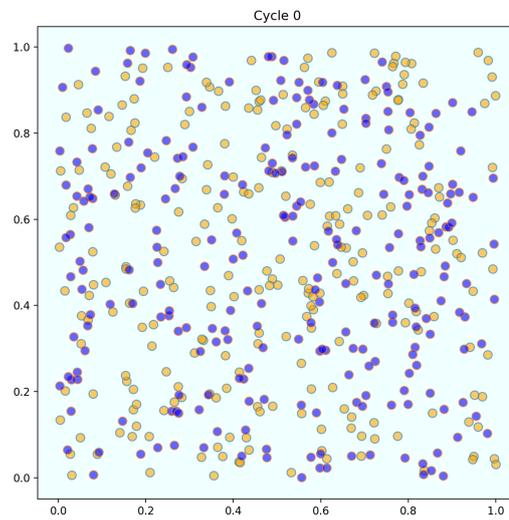
Repete-se até que no modelo todos os indivíduos estejam satisfeitos com seus vizinhos, *i.e.* parem de se mover.

As [Figura 2 a 3](#) ilustram três *ticks* do modelo com 250 agentes com preferência por ter pelo menos metade dos *dez* vizinhos mais próximos do mesmo tipo que o seu. Cada cor indica um tipo de agente.

Mesmo com tão poucos ticks, podemos notar a partir da [Figura 4](#) que nosso modelo caminha para uma segregação dos agentes de acordo com seus tipos. O código encontra-se

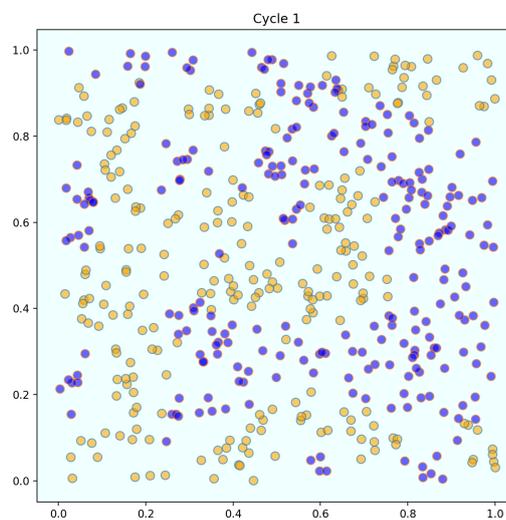
no Apêndice A.

Figura 2 – Tick 1



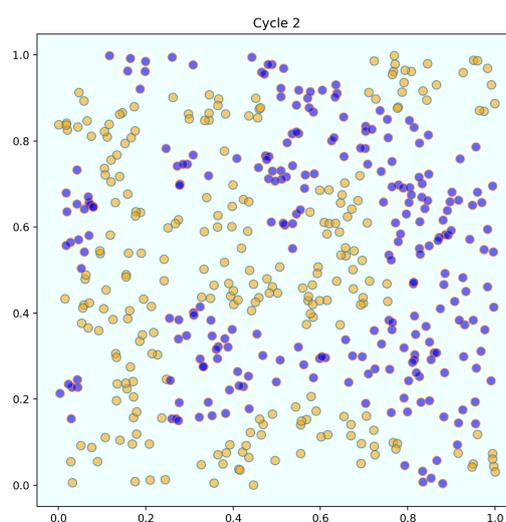
Fonte: Sargent e Stachurski (2018, p. 790)

Figura 3 – Tick 2



Fonte: [Sargent e Stachurski \(2018, p. 790\)](#)

Figura 4 – Tick 3



Fonte: [Sargent e Stachurski \(2018, p. 790\)](#)

1.2 Reforma Agrária no Brasil e violência

Amazônia e reforma agrária

Apesar das inegáveis riquezas da região, a Amazônia permaneceu parcamente explorada até os anos 1970, quando a construção de rodovias como a Transamazônica ligaram a área ao resto do país, reduzindo custos de transporte e formando naturalmente um fluxo migratório apontado para a região atraído pelo investimento governamental.

À época, e ainda hoje, toda terra governamental estava aberta a reivindicação colocando desse período em diante a região no mapa político brasileiro de reforma agrária.

O Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra) foi instituído em 1974 pelo decreto nº1.110 oficializando a política federal de fazer reforma agrária no país e ocupar territórios parcamente povoados, *e.g.* região amazônica.

Em termos absolutos, ocorreu, segundo [Alston et al. \(2000\)](#), aumento do crescimento da população da região, com estados como o Pará tendo aumento de 2.2 para 4.3 milhões entre 1970 e 1985. Além, ocorreu também a duplicação de terras cultivadas, nota-se então relativo avanço no problema de povoamento e ocupação.

Obviamente ocorreu aumento consequente do poder político da região (*e.g. votos*), responsável em parte por atentar o governo central às necessidades *locais* de reforma agrária.

Apesar do esforço de "colonização" da região amazônica, muitos dos grandes latifúndios que se formaram pela época continuaram improdutivos até meados de 1975, período de finalização da construção do principal das rodovias que ligam hoje a região ao resto do país. Pequenas propriedades se formaram fora das áreas de colonização e ao longo das áreas de foco de investimento governamental, *e.g.* rodovias em construção, etc.

A formação de pequenas propriedades ao redor da construção das rodovias, como de outras áreas de "convulsão" econômica⁷ não foi uma surpresa dado que em geral a mão-de-obra pouco especializada utilizada também tinha incentivos para se estabelecer nos locais dada a melhora da perspectiva em se estabelecer ali, *i.e.* proximidade de vias importantes, do governo central e da fonte de renda do investimento governamental.

Foram assentamentos espontâneos e ocupando *terra pública* ou mesmo de áreas privadas mas subutilizadas. Essa última modalidade de ocupação leva a disputa por propriedade da terra ocupada e legitimidade ou não da invasão, reforma agrária ou não.

⁷ Aqui digo *convulso* em analogia com a injeção de investimentos em áreas de *colonização* que as deixou economicamente mais ativas e atraentes. Tanto regiões *fim* quanto regiões no percurso receberam tais fluxos de renda, ao menos durante a construção das rodovias.

Reforma Agrária no Brasil, mídia e MST

O tema de redistribuição de terras no Brasil tem forte caráter histórico quanto a formação do país. Foi durante o descobrimento das Américas em que, sob pressão dos outros países europeus para efetivamente ocupar terras que Portugal passa a estimular a produção de açúcar no Brasil. Era de fato uma solução factível e ímpar pois, além de gerar lucro com o produto, era um modelo de produção latifundiário e permitia a *ocupação efetiva* de largas faixas territoriais. De fato, [Furtado](#) sumariza a situação:

O início da ocupação econômica do território brasileiro é em boa medida uma consequência da pressão política exercida sobre Portugal e Espanha pelas demais nações europeias. Nestas últimas prevalecia o princípio de que espanhóis e portugueses não tinham direito *senão àquelas terras que houvessem efetivamente ocupado* ([FURTADO, 2006](#), p. 16)⁸.

Infelizmente essa distribuição de espaços de terra era feita de forma arbitrária via Capitânicas Hereditárias e dentro dessas capitânicas, os nobres aos quais a terra fora concedida podiam então redividi-la entre os seus. Tal modelo de repartição de natureza *concentradora* seria perpetuado por distribuições cada vez mais injustas de terras. Temos então um fator histórico de desigualdade justificando parte do sentimento pró-reforma agrária que permeia a população brasileira votante.

De fato, [Alston et al. \(2010\)](#) relata que 45% da terra brasileira é detida por 1% dos produtores rurais, com um total de 4.000.000 de *trabalhadores rurais sem-terra*.

Esse sentimento de injustiça é em grande parte responsável, via mídia, segundo [Alston et al.](#), pelo sucesso das estratégias políticas de grupos pró-reforma agrária.

Já existiam movimentos antes do Incra em favor da reforma agrária mas o mais proeminente dos movimentos só seria fundado em 1985, o Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem-Terra (MST).

O movimento adota desde cedo estratégia voltada a chamar atenção do público, via mídia, para suas lutas por reforma agrária. O meio, em geral utilizado para chamar atenção é via processos de invasão por vezes violentos, o que ampliaria, em tese, a resposta midiática e o desconforto do eleitor com a situação, portanto atenção maior do governo. O público então exerce pressão política e o governo faz reforma agrária no local.

Essa imagem pública divulgada do MST contribuiu bastante para o seu sucesso como movimento popular e, segundo [Alston et al. \(2010\)](#), justificativa importante para o bom desempenho do movimento apesar da restrição de recursos em contrapartida aos grandes proprietários de terra organizados e com orçamentos muito acima dos do movimento.

⁸ Em *efetivamente* notamos a noção geral de reforma agrária de que ocupação significa uso e que Portugal resolveria via empresa açucareira.

Ainda, [Alston et al.](#) apresenta características importantes na determinação se um grupo irá utilizar de manipulação midiática ao invés de contribuições financeiras para campanhas políticas ou voto:

- a) Grupos pequenos;
- b) Alta produtividade vinda do esforço em influenciar eleitores por meios midiáticos;
- c) Necessário que o problema do grupo em questão seja do interesse dos eleitores;
- d) Custo da política que o grupo busca que o governo implemente deve ser suficientemente pequeno.

De fato, o MST possui todas as características acima, o que justifica então a sua busca por visibilidade midiática. [Alston et al. \(2000\)](#) argumenta que a escolha pela violência seria fruto de um ambiente constitucional conflituoso onde em parte temos o direito a propriedade privada dos donos de terra e o direito dos sem-terra sobre uma terra que não está em "uso".

In Brasil, there is inconsistency between civil law that supports the title held by land owners and constitutional law that supports the right of squatters to claim land that is not in "beneficial use" ([ALSTON et al., 2000](#), p. 163).

Esse critério "vago", segundo [Alston et al.](#), seria parcialmente responsável pela violência potencial e exercida pelas partes da disputa. Mais ainda, segundo os autores, o critério de "utilização da terra" seria motivo de aumento de desflorestamento em regiões de conflito. Observe que ao empregar multas por desmatamento temos dois incentivos contrários. Por um lado o Incra estimula a utilização produtiva da terra e por consequência, por vezes, desmatamento, por outro o IBAMA ⁹ reprime por meio de multas.

Note então que além de um conflito de interesses entre os agentes, temos também duas autoridades centrais agindo de forma antagônica. Por um lado o INCRA e os critérios para desapropriação e assentamento estimula o desmatamento e o IBAMA desestimula via sanções e multas quando os agentes desmatam.

O problema do desmatamento se torna ainda mais sério quando as disputas territoriais estão em regiões de alta sensibilidade ambiental, como no caso de regiões de proteção ambiental, como aquelas contendo floresta amazônica.

⁹ Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis, fundado de 22 de fevereiro de 1989 a partir da promulgação da Lei nº 7.735., responsável por políticas de proteção ambiental.

2 Análise do conflito

2.1 Introdução

Como base para a simulação em *agent-based modelling* utilizei o modelo desenvolvido por [Alston et al. \(2000\)](#). Apresento-o agora no seu desenvolvimento e seus resultados. Posteriormente examinarei em outro capítulo o mesmo problema utilizando um modelo baseado em agentes escrito em Python 3.6.

2.2 Em teoria dos jogos

[Alston et al.](#) utiliza um *framework* de teoria dos jogos. Define dois agentes, *land owner* (proprietários de terra) e *squatters* (posseiros), cujo o objetivo em comum é conseguir, ou manter, posse da terra disputada. Solucionando o modelo encontramos a escolha ótima dos agentes.

Inicialmente, é necessário definir quando um conflito é violento. De acordo com os autores, um conflito é violento se durante a interação entre os agentes há danos físicos e/ou danos a propriedade. Esses confrontamentos acontecem dado o conflito de interesse, com os proprietários de terra tentando expulsar os posseiros após esses invadirem a propriedade.

É importante deixar descrito o mecanismo utilizado pelos *squatters* (ou posseiros) para cumprir sua agenda política.

Os posseiros buscam chamar atenção da mídia, que induz o descontentamento para com a desigualdade na distribuição de terras e de renda no eleitor. A população então pressiona o governo central para que este faça mais políticas de reforma agrária que por consequência mexe nos incentivos da agência responsável (Incra). Para o modelo consideramos apenas que o objetivo do invasor é convencer e chamar atenção do Incra para que esse faça reforma agrária.

No framework trabalhado por [Alston et al.](#) cada agente decide por um nível de esforço - v para donos de terra e s para posseiros - de forma a maximizar o *valor esperado* do território a ser ganho, ou mantido. O valor da terra é L .

O desenrolar dos acontecimentos, *outcomes*, após invasão pode se dar das seguintes formas.

- a) Evicção.
- b) Expropriação.

c) Nada acontece.

No [Item a\)](#), o sem terra é expulso e a posse completa da terra fica com o fazendeiro. A probabilidade do sem terra ser expulso é dada por $\beta(v, K)$ tal que

$$\beta(v, K), \text{ com } \beta_v \geq 0 \text{ e } \beta_K \geq 0, \quad (2.1)$$

onde v e K representam o esforço do dono de terra e o quanto o ambiente institucional favorece os proprietários de terras, respectivamente.

Quando o invasor é expulso recebe 0 como *payoff* enquanto o fazendeiro mantém o valor total da terra, L .

No resultado seguinte, [Item b\)](#), o fazendeiro tem sua terra expropriada. Temos que o Incra decide expropriar ou não com probabilidade $\theta(s, P, G)$ tal que

$$\theta(s, P, G), \text{ onde } \theta_s \geq 0, \theta_P \leq 0 \text{ e } \theta_G \geq 0, \quad (2.2)$$

com s representando o esforço do *squatter* em atrair atenção, se manter na terra e lutar por expropriação, P representa os direitos de propriedade do dono da terra e G uma variável externa que representa a disposição do governo em fazer reforma agrária.

Caso o fazendeiro tenha sua terra expropriada, este recebe indenização γL , $0 < \gamma < 1$, e o sem terra recebe a terra, L .

No último caso, em que nada acontece, sem terra e fazendeiro (proprietário) recebem respectivamente, δL e πL , com $\pi + \delta = 1$.

A [Tabela 1](#) resume os *payoffs* dos agentes dados os possíveis *resultados* do jogo:

Tabela 1 – Os diferentes resultados e o valor da terra.

Valor da terra		
Proprietário	Posseiro	Resultado (\$)
L	0	Evicção
$L\gamma$	L	Expropriação
δL	πL	Nada

Fonte: Produzido pelo autor à semelhança da em [Alston et al. \(2000, p. 172\)](#).

A [Equação 2.3](#) apresenta a função objetivo do *posseiro* de acordo com seus *payoffs* esperados dado cada um dos possíveis *outcomes*, resultados, mostrados na [Tabela 1](#),

$$\max_s (1 - \beta(v, K))[(1 - \theta(s, P, G))\pi L + \theta(s, P, G)L] - C^s(s), \quad (2.3)$$

cujo a condição de primeira ordem fica

$$[1 - \beta(v, K)]\theta_s L(1 - \pi) = C_s^S. \quad (2.4)$$

Na C.P.O. temos o benefício marginal obtido pelo *squatter* ao maximizar sua função objetivo [Equação 2.3](#). O lado direito representa o benefício marginal de uma unidade de esforço s . Note que $L(1 - \pi)$ representa o lucro do posseiro quando acontece uma expropriação. Obviamente precisamos ponderar o benefício do *squatter* pela probabilidade de não evicção *conjunta* a probabilidade de expropriação.

C_s^S representa o custo de expropriação enfrentado pelo posseiro.

A função objetivo, o *payoff* esperado, do fazendeiro (dono de terras) fica

$$\max_v \beta(v, K)L + [1 - \beta(v, K)]\{[1 - \theta(s, P, G)]\delta L + \theta(s, P, G)\gamma L\} - C^F(v), \quad (2.5)$$

com condição de primeira ordem

$$\beta_v[\theta(s, P, G)\gamma L(\delta - \gamma) + L(1 - \delta)] = C_v^F \quad (2.6)$$

A [Equação 2.6](#) tem interpretação semelhante a [2.4](#), a de *trade-off* entre o benefício marginal, à esquerda, de uma unidade adicional de esforço, v , e o seu custo marginal, C_v^F , à direita, representa o custo marginal de evicção para o fazendeiro, ([ALSTON et al., 2000](#), p. 174).

[Alston et al. \(2000\)](#) assume informação perfeita dos agentes quanto as funções utilizadas por estes, como dos seus payoffs e possibilidades de ação e os resultados na [Tabela 1](#). Para encontrar o equilíbrio de Nash desse jogo solucionamos os dois problemas de maximização simultaneamente, igualando [Equação 2.4](#) e [2.6](#).

Conclusão

Uma vez em equilíbrio, as variáveis essenciais para análise são as probabilidades de evicção $\theta(s, \bar{P}, \bar{G})$ e $\beta(v, \bar{K})$, nas [Equação 2.1](#) e [2.2](#), onde o superscrito barra representa variáveis exógenas. [Alston et al.](#) usa esse *framework* para examinar os conflitos de terra.

A partir de estática comparativa, [Alston et al.](#) conclui os efeitos das variáveis principais sobre o nível de esforço, tanto do posseiro quanto do dono de terra. Três são as variáveis avaliadas: L, C, P , valor da terra, custo de esforço e direitos de propriedade.

Observa-se que aumentos em P geram reduções diretas no esforço do dono de terra e do posseiro. O valor da terra, \mathbb{L} , impacta, como é de se esperar, diretamente no esforço dos indivíduos.

Estrategicamente, temos os direitos de propriedade influenciando positivamente no esforço estratégico do posseiro, uma vez que esse tem que se esforçar mais para causar desapropriação. Quanto ao dono de terra, esse efeito é negativo sobre o seu esforço, note aqui que ele tem menos necessidade de se esforçar para expulsar os posseiros.

Aumentos de L impactam positivamente no esforço estratégico do dono da terra, mas negativamente no esforço do *squatter*, sob a vigilância mais intensa do dono da terra. [Alston et al. \(2000\)](#) argumenta que o efeito de menor esforço por parte do posseiro torna-se pequeno com aumentos de P .

Os efeitos de quedas e aumentos no custo de esforço de ambas as partes é intuitivo, no sentido que, quando tal custo aumenta, a parte afetada se esforça menos, o mesmo pensamento se aplica de forma inversa para o caso de queda no custo de esforço. Observe que aumentos no esforço do *squatter* e no número de invasões, necessariamente haverá contrapartida de esforço do proprietário da terra invadida.

Conclui-se, segundo [Alston et al. \(2000\)](#), que regiões onde custos de invasão e resistência são menores, haverá maior número de conflitos. Mais ainda, que o INCRA influencia, dado o seu orçamento e disponibilidade aos *squatters*, aumento de conflitos violentos.

Observe que o órgão de reforma agrária influencia a ocorrência de conflitos. Quando mais fácil é para o posseiro conseguir expropriação maior o número de expropriações e maior a resistência do dono da terra. Note então que aumentos na atividade de reforma agrária do Incra, por pressão política, aumento de orçamento, etc, há de levar a um aumento no nível de violência.

2.3 Aplicação computacional

Introdução

Montei um *modelo baseado em agentes* representando o processo de *reforma agrária* no Brasil tendo como atuadores proprietários de terras e *sem-terras*, ou *squatters* e o governo. Mais especificamente, na região amazônica. A análise foi estimulada pelo modelo [Alston et al. \(2000\)](#), com objetivo de tentar algum outro resultado por outro instrumental, o de ABMs.

O agente

Antes da montagem efetiva de um modelo baseado em agentes, é necessário definir as premissas principais. Nesse, cada agente tem a si atribuído um tipo 0 ou 1, e é distribuído pelo *grid*, com *variável própria (proper)* de 1 a 10 aleatória e *variável violence* da mesma maneira, variando de 1 a 10.

Uma vez distribuídos, agentes definidos como 0 ficam imóveis e agentes tipo 1 se movem pelo espaço pré-definido.

Uma vez que um agente tipo 1 entra no grid do agente tipo 0, estes têm um conflito se e somente se, a variável *proper* do invasor é maior do que a do agente tipo 0 ali estabelecido. Conflitos acontecem o tempo todo no modelo, mas nem todos são resolvidos.

Uma entidade, função, do modelo, o (*Incra*) seleciona os 10 conflitos mais violentos – cuja a variável violência do conflito é a soma das variáveis *violence* dos agentes envolvidos – e assenta o agente tipo 1 do conflito, que torna-se tipo 2, que para de se mover. O agente tipo 0 é realocado de forma aleatória no *grid*.

Repete-se as interações e movimentações. Abaixo segue o que realmente acontece por *baixo dos panos*.

O modelo

De fora pra dentro começo descrevendo os agentes no modelo. Todos têm três atributos, blocos de informação com respeito a si mesmo: *violência* (`self.violence`), um índice relativo às capacidades decisivas para se um agente vence o outro, *proper* (`self.proper`) e por fim o seu tipo (`self.type`). Além, um identificador geral (`self.unique_id`) de cada um agente no meio de todos os outros ¹.

```

1     def __init__(self, unique_id, model):
2         super().__init__(unique_id, model)
3         self.violence = random.randint(1, 10)
4         self.proper = random.randint(1, 10)
5         self.type = random.randint(0, 1)

```

O identificador (`self.unique_id`) se mostrará essencial posteriormente na definição da matriz de conflitos resultante a cada *tick* do modelo.

Cada agente então representa um grupo de pessoas. O tipo do grupo é de importância ímpar uma vez que define como será sua interação com outro. Existem três tipos, *i.e.*

- a) [Zero] São os proprietários de terra, tal tipo não pode mover-se a menos que sua propriedade seja palco de reforma agrária, daí se realoca para local aleatório.
- b) [Um] São os *squatters* (ou posseiros), que podem se deslocar pelo território e decidem iniciar conflito se seu atributo *proper* supera o do proprietário de terras local.

¹ Como foi dito anteriormente na [seção 1.1](#), a importância do identificador aqui fica clara no momento de seleção dos conflitos pelo `self.Incra`. Outras análises também ficam permissíveis, como por exemplo a produção de uma *rede* marcando onde existem conflitos violentos.

Abaixo segue o código em python na definição dos

- c) [Dois] Assentamentos são representados pelo tipo 2. São *squatters* assentados pelo método que representa o Incra.

Note que o **Item c)** mostra um tipo, quando olhamos o código mais de perto, que fica fora do processo de geração do agente, é um tipo que somente o método Incra do modelo gera.

Conjunto aos atributos, a cada agente é dada a possibilidade de locomoção de acordo com a sua vizinhança *i.e.* apenas os oito quadrados que o circulam:

```

1 def move(self):
2     if self.pos is not None:
3         possible_steps = self.model.grid.get_neighborhood(
4             self.pos,
5             moore=True,
6             include_center=False)
7         new_position = random.choice(possible_steps)
8         self.model.grid.move_agent(self, new_position)

```

Definimos também uma noção de tempo, com a função `step()`, abaixo.

```

1 def step(self):
2     if self.type == 1:
3         self.move()

```

Cada agente possui essa função `step`, que vai definir o que faz cada agente durante o *tick* do modelo. Posterior, defino o *tick*, tempo, no *framework* trabalhado.

O leitor familiar com a linguagem utilizada, *Python 3.6*, há de notar que todo um agente está descrito como um objeto da classe `agent`, que herda muito dos atributos da classe `Agent`.

Tais atributos foram obtidos importando a biblioteca de python científico, *Mesa*.

O Conflito

Posterior a criação e descrição dos agentes dentro do modelo, desenvolvo outra classe de objetos dentro do código, a classe `Conflito`. Como a classe `agent` herda da `Agent`, ela vai herdar da classe `Model`.

```

1 class Conflito(Model):

```

Existe uma série de variáveis iniciadas conjunto ao modelo, são elas o `self.running`, cujo objetivo é "ligar" o modelo. `self.num_agents` tem significado intuitivo e é a variável passada para definir a quantidade de agentes.

`self.grid` vai gerar o atributo *grid*, nosso espaço de deslocamento dos agentes. Ele contém uma série de informações relevantes mas um tanto técnicas. São importantes os dados de quantos e quais agentes estão em quais unidade do *grid*.

Vamos agora poder acessar cada agente utilizando como critério organizador a unidade do *grid* que pretendemos utilizar.

```

1 def __init__(self, N, width, height):
2     self.running = True
3     self.num_agents = N
4     self.grid = MultiGrid(width, height, True)
5     self.schedule = RandomActivation(self)

```

`MultiGrid()`, na linha 5, é um método da classe `Model` da qual nossa classe `Conflito` herda.

Uma vez definidos `height` e `width` do modelo e o seu número de agentes, a classe `Conflito` posiciona cada agente no momento da sua criação, além de gerar uma lista destes. O código a seguir mostra como foi feito.

```

1 lista_de_agentes = []
2
3 for i in range(self.num_agents):
4     a = agent(i, self)
5     self.schedule.add(a)
6     lista_de_agentes.append(a.unique_id)
7     x = random.randrange(self.grid.width)
8     y = random.randrange(self.grid.height)
9     self.grid.place_agent(a, (x, y))

```

Em resumo, faço um *loop* do tamanho do número dos agentes, linha 3 a 8. À lista de agentes são adicionados os agentes um a um, suas posições, cada par (x, y) , linhas 7 e 8 e seu `self.unique_id` na linha 6.

Adicionamos a lista de ativação dos agentes `self.schedule.add(a)`.

Assim como no agente, agora podemos agregar todas as ativações utilizando a função `self.schedule` que lista todos os agentes e seus atributos, ativando-os de forma randômica, *i.e.* `RandomActivation`.

Eu pulo a forma como foi feita a separação e interação dos agentes, tratando apenas do que fazem as funções `self.dinamic()` e `self.incr()`. Como o nome indica, a primeira produz a interação de cada agente e seus resultados, `self._lista_de_conflitos`, uma "matriz de violência" gerada no início do modelo.

De posse dessa `self.lista_de_conflitos` gerada a partir do método `dinamico()`. A função `Incra` recebe tal matriz e toma os dez conflitos mais violentos e os assenta. Segue o código do modelo todo no [Apêndice B](#).

3 Conclusões

3.1 Resultados e discussão

Rodei o modelo com uma série de hipóteses sobre o comportamento do Incra quanto as regras de escolha para assentamento. Também fiz algumas alterações na forma de avaliação dos agentes, mostrando que o mesmo resultado, a frente, foi obtido com pequenas diferenças.

Variando as regras internas do Incra

Quando me refiro a *regras internas* estou denominando aquilo que guia primariamente o agente desenvolvido. No caso do Incra, seu papel, e seu comportamento –dado que este não é objeto diretamente, mas um método do modelo – é de escolher quem é assentado com base num critério escolhido.

Utilizei primeiro um critério de em que o incra escolhe indivíduos variando entre 1 e 10 o número de assentados.

Observa-se que o percentual de violência por agente a cada *tick* aumenta a partir da seguinte curva do *percentual* de violência média por agente – somatório do nível de violência, dado pela soma da violência de todos os conflitos, dividido pelo número de agentes no modelo. Ver [Figura 5](#)

Comparo agora com o caso, na [Figura 6](#), em que o Incra varia a quantidade de assentamentos de acordo com uma distribuição normal de $\mu = 10$ e $\sigma^2 = 5$ cujos valores são tirados aleatoriamente a cada *tick* do modelo.

Novamente temos uma curva positivamente inclinada com aumento do percentual violência quanto mais avançamos no modelo e mais o governo faz reforma agrária.

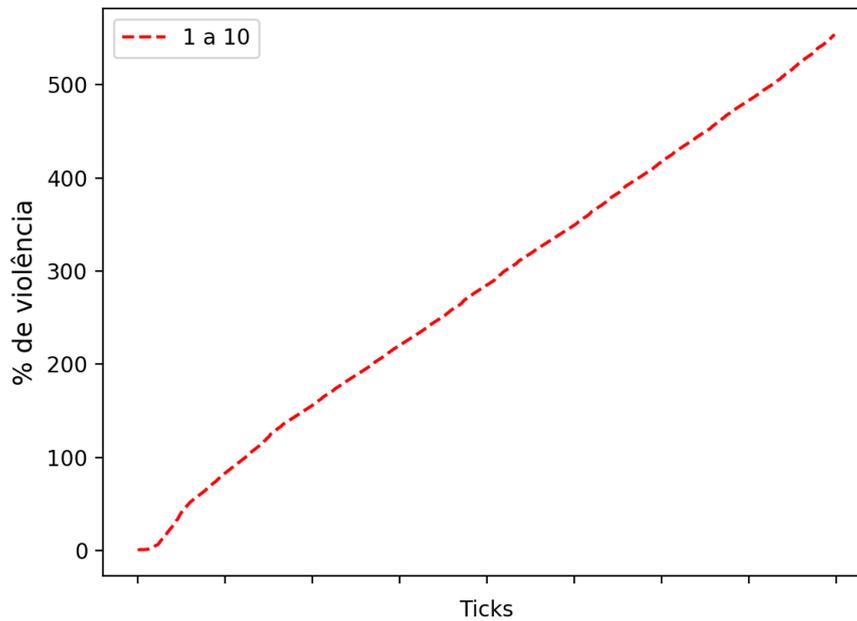
Variando as regras internas dos agentes

Mas e se os agentes fossem mais agressivos e, ao invés de apenas invadir áreas além das cujo atributo `self.proper` do proprietário (`self.type==0`) é maior ou igual ao seu próprio?

Implementando isso no código via mudança da função `self.dinamic()` do modelo, mantendo o critério de seleção do Incra uma constante de valor 10. Ou seja, o Incra sempre assenta os 10 mais violentos.

Fez-se então a modificação na seleção dos conflitos pelos agentes, de forma que

Figura 5 – Inclinação da curva de violência 1.

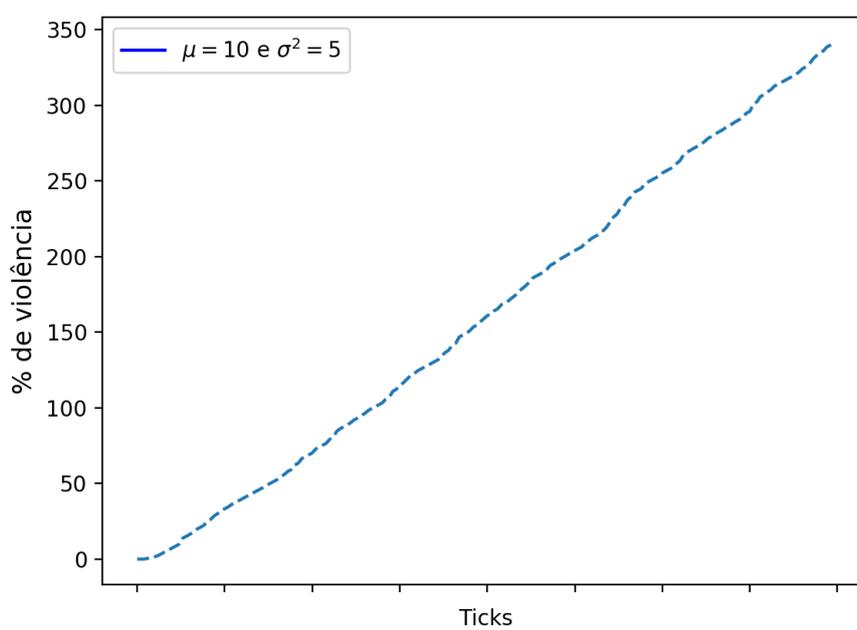


Fonte: Elaboração do autor. Modelo rodado com 20 agentes durante 400 *ticks*.

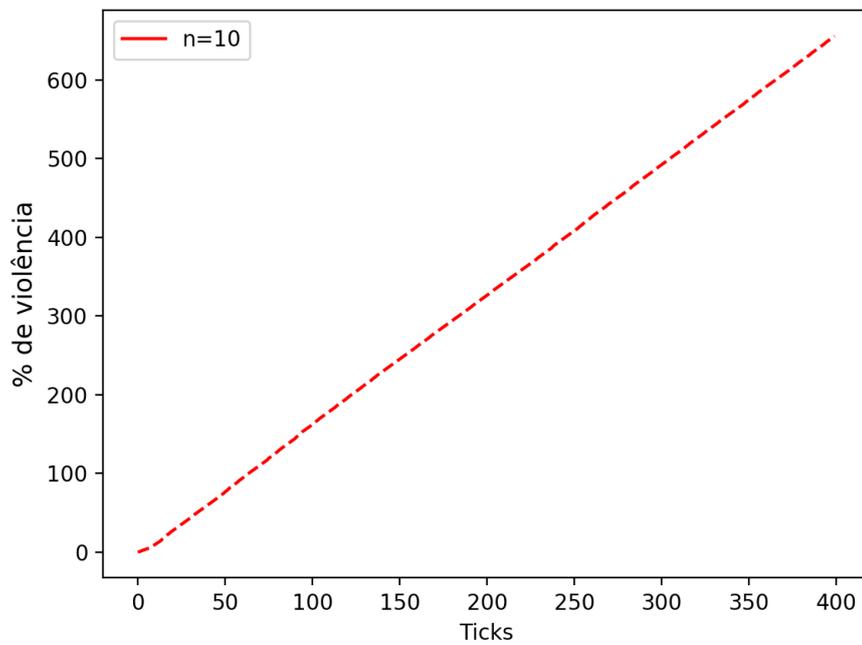
pouco importe ao *squatter*, sem-terra, o atributo `self.proper`, utilizado anteriormente como critério para escolha de confrontos.

Novamente, na [Figura 7](#), temos o resultado de que quanto mais o governo faz reforma agrária, temos que a cada *tick*, aumenta o percentual de violência.

Esse é o caso em que os posseiros, *squatters*, simplesmente invadem toda propriedade em que entram.

Figura 6 – *Inclinação da curva de violência 2.*

Fonte: Elaboração do autor. Modelo rodado com 20 agentes durante 200 *ticks*.

Figura 7 – *Inclinação da curva de violência 3.*

Fonte: Elaboração do autor. Modelo rodado com 20 agentes durante 400 *ticks*.

3.2 Considerações Finais

Por fim, apesar de *contraintuitivo*, percebe-se que aumentos da atuação do Incra no processo de assentamento, gera aumento de violência, visto que o posseiro, *squatter*, percebe a “regra interna” de assentamento do Incra, baseado no nível de violência do confronto.

Note aqui que, assim como em [Alston et al. \(2000\)](#), existe um canal de transmissão dessa *notícia* de violência ao Incra via mídia. Modelei esta forma de transmissão de informação via mudança nas regras de escolha do Incra e nas do agente, mostrando um aumento de violência dada execução de reforma agrária.

Mesmo quando o Incra simplesmente escolhe um valor dentro de uma distribuição normal, $X \sim N(10, 5)$, a cada *tick*, encontramos crescimento da violência por agente no modelo.

Possíveis extensões seriam implementar processos de otimização na escolha do Incra. Também seria interessante acrescentar junto a cada unidade do *grid* uma característica “desmatado ou não” que também influenciasse a escolha do Orgão.

Referências

- ALSTON, L. J.; LIBECAP, G. D.; MUELLER, B. Land reform policies, the sources of violent conflict, and implications for deforestation in the brazilian amazon. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 39, n. 2, p. 162 – 188, 2000. ISSN 0095-0696. Citado 9 vezes nas páginas [23](#), [24](#), [32](#), [34](#), [35](#), [36](#), [37](#), [38](#) e [47](#).
- ALSTON, L. J.; LIBECAP, G. D.; MUELLER, B. **Interest Groups, Information Manipulation in the Media, and Public Policy: The Case of the Landless Peasants Movement in Brazil**. [S.l.], 2010. (Working Paper Series, 15865). Citado 2 vezes nas páginas [33](#) e [34](#).
- AXELROD, R.; TEFATSION, L. Appendix aa guide for newcomers to agent-based modeling in the social sciences. **Handbook of computational economics**, Elsevier, v. 2, p. 1647–1659, 2006. Citado 2 vezes nas páginas [27](#) e [28](#).
- FURTADO, B. A.; SAKOWSKI, P. A.; TÓVOLI, M. H. **Modelagem de sistemas complexos para políticas públicas**. Brasília, Brasil: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, 2015. Citado 2 vezes nas páginas [25](#) e [26](#).
- FURTADO, C. **Formação econômica do Brasil**. [S.l.]: Companhia das Letras, 2006. ISBN 9788535909524. Citado na página [33](#).
- SARGENT, T.; STACHURSKI, J. **Quantitative economics with python**. [S.l.], 2018. Citado 4 vezes nas páginas [29](#), [30](#), [31](#) e [53](#).
- SCHELLING, T. C. Dynamic models of segregation. **The Journal of Mathematical Sociology**, Routledge, v. 1, n. 2, p. 143–186, 1971. Citado 2 vezes nas páginas [23](#) e [28](#).
- TEFATSION, L. Agent-based computational economics: A constructive approach to economic theory. **Handbook of computational economics**, Elsevier, v. 2, p. 831–880, 2006. Citado na página [26](#).

Apêndices

APÊNDICE A – Código - Modelo de proximidade espacial de Schelling

Segue o código em [Sargent e Stachurski \(2018\)](#).

```

1 from random import uniform, seed
2 from math import sqrt
3 import matplotlib.pyplot as plt
4
5 seed(10)
6
7 class Agent:
8
9     def __init__(self, type):
10         self.type = type
11         self.draw_location()
12
13     def draw_location(self):
14         self.location = uniform(0, 1), uniform(0, 1)
15
16     def get_distance(self, other):
17         "Produto interno entre os vetores."
18         a = (self.location[0] - other.location[0])**2
19         b = (self.location[1] - other.location[1])**2
20         return sqrt(a + b)
21
22     def happy(self, agents):
23         distances = []
24         for agent in agents:
25             if self != agent:
26                 distance = self.get_distance(agent)
27                 distances.append((distance, agent))
28         distances.sort()
29         neighbors = [agent for d, agent in distances[:num_neighbors]]
30         num_same_type = sum(self.type == agent.type for agent in neighbors)
31         return num_same_type >= require_same_type
32

```

```
33     def update(self, agents):
34         "Update da localizacao do agente"
35         while not self.happy(agents):
36             self.draw_location()
37
38
39 def plot_distribution(agents, cycle_num):
40     'Redistribuicao dos agentes'
41     x_values_0, y_values_0 = [], []
42     x_values_1, y_values_1 = [], []
43     for agent in agents:
44         x, y = agent.location
45         if agent.type == 0:
46             x_values_0.append(x)
47             y_values_0.append(y)
48         else:
49             x_values_1.append(x)
50             y_values_1.append(y)
51     fig, ax = plt.subplots(figsize=(8, 8))
52     plot_args = {'markersize' : 8, 'alpha' : 0.6}
53     ax.set_facecolor('azure')
54     ax.plot(x_values_0, y_values_0, 'o', markerfacecolor='orange',
55 **plot_args)
56     ax.plot(x_values_1, y_values_1, 'o', markerfacecolor='blue', **plot_arg
57     ax.set_title('Cycle {}'.format(cycle_num - 1))
58     plt.show()
59
60 num_of_type_0 = 250
61 num_of_type_1 = 250
62 num_neighbors = 10
63 require_same_type = 5
64
65 agents = [Agent(0) for i in range(num_of_type_0)]
66 agents.extend(Agent(1) for i in range(num_of_type_1))
67
68 count = 1
69 while 1:
70     print('Loop... ', count)
```

```
71     plot_distribution(agents, count)
72     count += 1
73     no_one_moved = True
74     for agent in agents:
75         old_location = agent.location
76         agent.update(agents)
77         if agent.location != old_location:
78             no_one_moved = False
79     if no_one_moved:
80         break
```

APÊNDICE B – Modelo Completo de Reforma Agrária

```
1 # model.def
2 from mesa import Agent, Model
3 from mesa.time import RandomActivation, BaseScheduler
4 import random
5 from mesa.space import MultiGrid, Grid
6 from mesa.datacollection import DataCollector
7 import pandas as pd
8
9
10 class agent(Agent):
11     def __init__(self, unique_id, model):
12         super().__init__(unique_id, model)
13         self.violence = random.randint(1, 10)
14         self.proper = random.randint(1, 10)
15         self.type = random.randint(0, 1)
16
17     def move(self):
18         if self.pos is not None:
19             possible_steps = self.model.grid.get_neighborhood(
20                 self.pos,
21                 moore=True,
22                 include_center=False)
23             new_position = random.choice(possible_steps)
24             self.model.grid.move_agent(self, new_position)
25
26     def step(self):
27         if self.type == 1:
28             self.move()
29
30 class Conflito(Model):
31     def __init__(self, N, width, height):
32         self.running = True
33         self.num_agents = N
```

```

34     self.grid = MultiGrid(width, height, True)
35     self.schedule = RandomActivation(self)
36     # Cria agentes.
37
38     lista_de_agentes = []
39     for i in range(self.num_agents):
40         a = agent(i, self)
41         self.schedule.add(a)
42         lista_de_agentes.append(a.unique_id)
43         # Add the agent to a random grid cell
44         x = random.randrange(self.grid.width)
45         y = random.randrange(self.grid.height)
46         self.grid.place_agent(a, (x, y))
47
48     self.lista_de_conflitos = pd.DataFrame(index=lista_de_agentes, colu
49     self.lista_de_agentes = lista_de_agentes
50     self.totaldeviolencia = 0
51     self.datacollector = DataCollector(model_reporters= {"Violencia_por
52
53     def dinamic(self):
54
55         for cell in self.grid.coord_iter():
56             cell_content, x, y = cell
57             for agent in cell_content:
58                 cellmates = (agent.model.grid.get_cell_list_contents([agent
59                 for cellmate in cellmates:
60                     if agent.type != cellmate.type and agent.proper >= cell
61                     self.lista_de_conflitos.iloc[agent.unique_id, cellm
62                     self.totaldeviolencia += (agent.violence+cellmate.v
63
64     def incre(self):
65         a = self.lista_de_conflitos.max().dropna().head(random.randint(1, 1
66         b = a.index.values.tolist()
67         for cell in self.grid.coord_iter():
68             cell_content, x, y = cell
69             remove = []
70             for agent in cell_content:
71                 if agent.type == 0 and agent.unique_id in b:
72                     remove.append(agent)

```

```
73         if agent.type == 1 and agent.unique_id in b:
74             agent.type = 2
75         for agent in remove:
76             self.grid.move_to_empty(agent)
77
78     def step(self):
79         self.datacollector.collect(self)
80         self.dinamic()
81         self.incra()
82         self.schedule.step()
```
