



# TEXTO PARA DISCUSSÃO

ISSN 0103-9466

458

**Evolução de posições políticas e polarização:  
evidências de um modelo baseado em agentes**

**Gustavo de Oliveira Aggio**

Novembro 2023



UNICAMP

**ie** Instituto de  
economia

# Evolução de posições políticas e polarização: evidências de um modelo baseado em agentes\*

## Evolution of political positions and polarization: evidences from an agent based model

Gustavo de Oliveira Aggio<sup>†</sup>

### Resumo

O estado no qual as posições políticas se dividem em dois grupos opostos e distanciados de uma posição central, num espectro polarizado, tem sido observado no Brasil e em outras regiões do mundo com maior frequência. Um possível resultado negativo da polarização para o bem estar social seria uma escolha coletiva, normalmente por decisão majoritária, que não fosse aceitável para uma parcela considerável da população. De fato, a polarização parece desafiar a construção de consensos, soluções consiliadoras ou, ao menos, intermediárias, como esperado pelo *Teorema do Votante Mediano*. O objetivo deste breve trabalho é desenvolver um modelo baseado em agentes no qual a distribuição do espectro político parte de um estado em distribuição normal e pode resultar em polarização. As hipóteses principais são que os agentes buscam se aproximar de um comportamento moderado observado, mas também buscam se distanciar de um comportamento radical em posição contrária a sua. A modelagem baseada em agentes permite elevada heterogeneidade dos agentes (com relação às características intrínsecas e condições iniciais) e um estudo verdadeiramente dinâmico.

Palavras-chave: polarização, votação.  
Código JEL: D72.

The state in which the individual political positions are divided in two opposite groups that are far from central position, in a polarized spectrum, have been observed in Brazil and around the world more frequently. A possible negative effect of polarization in the social well-being could be one in which the collective decision, normally by majority elections, will not be acceptable to a large share of the population. Indeed, polarization seems to defy the consensus building, conciliatory solutions or, at least, intermediate solutions as that expected in the *Median Voter Theorem*. The objective in this short paper is develop an agent based model in which an initial normal sized distribution of political spectrum can evolve to a polarized one. The main presupposes in this model are that agents try to get closer to an observed moderate behavior, but also try to move away from a radical opposite position. The use of agent based models permits the work with a high heterogeneity of agents (both in relation to intrinsic individual characteristics and initial conditions), this methodology also allows a truly dynamic study.

Key words: polarization, voting.

---

\*O autor agradece o suporte financeiro da FAEPEX.

<sup>†</sup>Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Departamento de Teoria Econômica do Instituto de Economia. Contato pelo email [aggio@unicamp.br](mailto:aggio@unicamp.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4702-4061>

# 1 Introdução

Polarização política será entendido neste trabalho como a situação na qual uma parcela preponderante da população, ou virtualmente toda esta, está dividida em dois grupos antagonicos, polarizados, em relação à posição política. Um estado não polarizado pode ocorrer quando há mais de dois grupos relevantes ou quando uma parcela importante da população não adere ao antagonismo das posições. O problema central com a polarização é a possibilidade de um resultado - por exemplo, em uma eleição majoritária - que não seja aceitável por uma parcela considerável da população e que possa, assim, diminuir a legitimidade que a população atribui ao processo de escolha.

Parece evidente que muitos processos políticos de grande importância como as duas últimas eleições presidenciais no Brasil e nos EUA foram marcados por acirrada polarização. Estes são apenas exemplos mais recentes de manifestações deste tipo de evento. De fato, o estudo da polarização por economistas data de antes destes processos eleitorais, como no artigo de Dixit e Weibull (2007), por exemplo. Neste trabalho, os autores empregam um modelo com aprendizagem bayesiana e incerteza sobre um estado de mundo para demonstrar a possibilidade de uma evolução para um resultado bimodal (polarizado). Este ocorre quando o efeito da evidência reforça a separação inicial de posições dos agentes, ao invés de induzi-los para uma mesma direção de expectativa da variável não observada.

Como se sabe, noções de competição estratégica foram importadas da teoria econômica para a análise de eleições majoritárias através do chamado “Teorema do Eleitor Mediano”. Este se tornou de tal forma assimilado que já consta em livros texto como o de *Teoria dos Jogos* de Bierman de Fernandez (2011, p. 94-97). Segundo a apresentação destes autores, se cada votante tem *preferências de pico único*, ou seja, se votam em candidatos que estão mais perto de um único ponto em uma escala de posições políticas, e a eleição tem dois candidatos, então a melhor escolha de cada candidato é se posicionar na posição central da distribuição de posições políticas dos votantes. Jones *et al* (2022) argumentam que as recentes situações polarizadas contrariam a relevância da hipótese de preferências de pico único e, portanto, a validade do teorema em questão. Estes autores ofertam uma excelente revisão bibliográfica sobre o tema de distribuição de posições políticas e votação. Além disso, desenvolvem um modelo estocástico no qual uma população com distribuição bimodal de posições políticas pode gerar a resposta estratégica dos candidatos de polarizarem ao invés de rumarem para o centro.

Em um trabalho sobre determinantes das posições políticas em votações, Nelson (1994) propôs um modelo econômico para a distribuição política baseado na ideia de que as pessoas tem uma tendência à imitação de seus pares e que este processo de imitação ocorre de forma deliberada, com o intuito de se posicionar, de se aproximar por meio da declaração de voto de uma pessoa admirada ou de um grupo. Para além do artigo de Nelson (1994), o processo ou estratégia de imitação configura um comportamento largamente empregado em ciências sociais e economia e também será utilizado neste presente trabalho.

A ideia a ser apresentada a seguir é a de que cada agente busca uma conformidade com uma eventual

maioria de agentes moderados em sua rede com posições políticas mais à direita ou mais a esquerda do que a sua. Por outro lado, reconhecimento e emprego no modelo a ideia de que a exposição a ideias distintas das nossas próprias podem causar um efeito contrário, de repulsão. Embora seja um fenômeno contemporâneo, eu ainda não encontrei nenhum trabalho que tenha empregado explicitamente esta hipótese. O objetivo deste breve trabalho é desenvolver um modelo baseado em agentes no qual a distribuição do espectro político parte de um estado em distribuição normal e pode resultar em polarização. Ao empregar um modelo baseado em agentes eu intento trabalhar com um grau elevado de heterogeneidade e permitir uma dinâmica descentralizada de agentes com racionalidade limitada nos moldes propostos desde Arthur (1994), ainda que de forma mais simples, sem reavaliação de estratégias. Diferentemente de Dixit e Weibull (2007) e Jones *et al* (2022), eu parto de uma situação inicial unimodal. Os resultados são promissores apesar de preliminares. De fato, foi possível isolar uma configuração probabilística inicial que pode tanto gerar polarização como um resultado unimodal. Além desta introdução e das considerações finais, compõem este trabalho uma seção com a descrição do modelo e outra com a apreciação dos resultados.

## 2 O modelo

Nesta seção eu apresentarei o modelo através da definição de agentes, dos parâmetros populacionais e individuais, além das variáveis individuais iniciais e das regras que configuram os comportamentos individuais de imitação, repulsão e de reconfiguração das redes.

### 2.1 As configurações iniciais

Em uma população com  $n$  agentes,  $n \in \mathbb{N}$ , a  $i$ -ésima agente, com  $i = 1, \dots, n$ , é conceptualizada como uma integrante de uma rede. No início do processo de interação, quando  $t = 0$ , a  $i$ -ésima agente terá, com probabilidade  $p$ , a  $j$ -ésima em sua rede, com  $j = 1, \dots, i - 1, i + 1, \dots, n$ . Adicionalmente, se a  $j$ -ésima agente está na rede da  $i$ -ésima, então esta também estará na da primeira. Além da rede ou vizinhança inicial, a cada agente é atribuído aleatoriamente uma variável  $x_{i,t=0}$  que define a sua posição política inicial. O processo aleatório associado a esta variável é caracterizado pela distribuição normal com média 0 e desvio padrão de  $n/4$ . Por fim, o parâmetro individual  $\alpha_i$  é atribuído à  $i$ -ésima agente de forma aleatória, seguindo uma distribuição lognormal com parâmetros  $\mu$  e  $\sigma$ , respectivamente, a média e o desvio padrão da distribuição normal associada a esta lognormal. O parâmetro individual  $\alpha_i$  nos informa o grau de aversão da  $i$ -ésima agente a posições políticas mais extremas e com orientação contrária a sua própria. Outros parâmetros populacionais são determinados o início do processo. Estes serão apresentados no contexto das suas funcionalidades nas Subseções 2.2 e 2.3.

## 2.2 Como as agentes reavaliam suas posições políticas

Ao início de cada período de tempo  $t$ , com  $t = 1, \dots, t_{max}$ , cada agente avaliará as posições políticas de suas vizinhas, membros da sua rede, e reavaliará a sua posição política guiada por duas possíveis influências: (a) uma tendência de se aproximar de um eventual comportamento majoritário e moderado em sua rede, um processo de imitação ou conformidade, e (b) uma tendência a se afastar de comportamentos mais extremos do espectro oposto ao seu, um processo de aversão ao oposto. Formalmente, tomando a  $i$ -ésima agente para explicitar este conjunto de comportamentos, temos que esta irá computar a cada início de período três variáveis de estado em sua rede:

- (i) O número  $V_{i,t}$  de vizinhos;
- (ii) O número  $XL_{i,t}$  de vizinhos com posição política com valor menor do que  $-n/4$ ;
- (iii) O número  $XR_{i,t}$  de vizinhos com posição política com valor maior do que  $n/4$ .

Adicionalmente, a  $i$ -ésima agente vai computar mais um ou dois valores, dependendo do valor de sua variável  $x_{i,t-1}$ :

- (iv) Caso  $x_{i,t-1} > -n/4$ , irá computar o número  $ML_{i,t}$  de agentes com posição política com valor no intervalo  $(-n/4, x_{i,t-1})$ ,
- (v) Caso  $x_{i,t-1} < n/4$ , irá computar o número  $MR_{i,t}$  de agente com a posição política no intervalo  $(x_{i,t-1}, n/4)$ .

A explicação destas divisões é que as agentes com valores de posição política dentro do intervalo  $(-n/4, n/4)$ , de menos um desvio até mais um, são automaticamente consideradas moderadas, enquanto as demais podem ser consideradas de extremos, dependendo da posição política da agente que está classificando.

A reavaliação de posição política ocorre com dois processos nos quais, dependendo dos valores observados nos itens de (i) a (v), a agente poderá se aproximar de um comportamento moderado observado e, depois, se afastar de um extremo de sentido oposto. O primeiro movimento ocorre da maneira descrita a seguir. Para um parâmetro populacional  $\beta > 0,5$  e utilizando uma variável individual  $xp_{i,t}$  para computar as duas mudanças dentro de um período:

$$xp_{i,t} = \begin{cases} x_{i,t-1} - \frac{ML_{i,t}}{V_{i,t}}, & \text{se } ML_{i,t} > \beta V_{i,t} \\ x_{i,t-1} + \frac{MR_{i,t}}{V_{i,t}}, & \text{se } MR_{i,t} > \beta V_{i,t} \\ x_{i,t-1}, & \text{se não for observado nem } ML_{i,t} > \beta V_{i,t} \text{ ou } MR_{i,t} > \beta V_{i,t}. \end{cases} \quad (1)$$

A interpretação da Equação (1) é a seguinte: caso haja uma *maioria suficiente*, dado o parâmetro  $\beta$ , de agentes moderados em sua vizinhança que estejam mais à esquerda ou mais à direita do que ela, esta se deslocará, respectivamente, para a esquerda ou para a direita na proporção desta maioria; caso não haja, a agente permanece como está, por ora ao menos.

Em seguida, cada agente vai avaliar os possíveis extremos em sua vizinhança. Para um segundo parâmetro populacional  $\gamma > 0$ , a  $i$ -ésima agente vai se comportar da seguinte maneira:

$$x_{i,t} = \begin{cases} xp_{i,t} - \alpha_i \frac{XR_{i,t}}{V_{i,t}}, & \text{se } xp_{i,t} < 0 \text{ e } XR_{i,t} > \gamma V_{i,t} \\ xp_{i,t} + \alpha_i \frac{XL_{i,t}}{V_{i,t}}, & \text{se } xp_{i,t} > 0 \text{ e } XL_{i,t} > \gamma V_{i,t} \\ xp_{i,t} & \text{se } xp_{i,t} < 0 \text{ e } XR_{i,t} < \gamma V_{i,t} \text{ ou } xp_{i,t} > 0 \text{ e } XL_{i,t} < \gamma V_{i,t}. \end{cases} \quad (2)$$

Neste caso, a interpretação da Equação (2) é que: se a  $i$ -ésima agente é de esquerda (considerando para isto o valor de  $xp_{i,t}$ , com  $xp_{i,t} < 0$ ) e houver uma quantidade suficiente (dado o parâmetro  $\gamma$ ) de vizinhos de direita fora do conjunto considerado moderado, então a agente se deslocará para a esquerda, acentuando a sua posição inicial em proporção a este número  $XR_{i,t}$ , ponderado por seu parâmetro individual  $\alpha_i$ . O mesmo ocorre, mas com as direções trocadas, para a agente de direita (com  $xp_{i,t} > 0$ ) que observar uma quantidade suficiente de vizinhos de esquerda fora do conjunto moderado. Se nenhum caso se verificar, então a agente não reagirá. Uma característica importante do modelo é que, apesar do parâmetro que avalia se um número de extremos opostos é suficiente ou não para uma reação contrária (o parâmetro  $\gamma$ ) ser populacional, cada agente irá reagir em uma proporção individualizada (dada pelo parâmetro de ponderação  $\alpha_i$ , com  $i = 1, \dots, n$ ). Observe que na Equação (2) é a variável posição política ( $x_{i,t}$ ) que é reavaliada utilizando, também, o que já havia sido computado na Equação (1) com a variável  $xp_{i,t}$ .

### 2.3 Como as agentes reavaliam as suas relações - o processo de “cancelamento”

Outra característica do modelo é a incorporação de uma atitude de “cancelamento”. Eu estou escrevendo “cancelamento” entre aspas porque considero que este termo, apesar de ser utilizado com frequência contemporaneamente no contexto de relações sociais, ainda não é uma categoria de ação social bem estabelecida. O que eu entendo aqui por “cancelamento” é o ato de um indivíduo, uma pessoa, afastar ou desligar um outro de suas relações, de sua rede. Isso pode simplesmente significar deixar de ter contato por plataformas eletrônicas ou evitar a pessoa; não precisa haver um rompimento formal de relações.<sup>1</sup> Creio que a ideia é bastante inteligível para as pessoas na atualidade.

<sup>1</sup>Uma outra interpretação de “cancelamento” poderia ser aquela na qual uma pessoa pública sofre um boicote coletivo por algum ato ou fala. Não é esta categoria que está sendo considerada aqui.

Após a  $i$ -ésima agente mudar, no período  $t$ , a sua posição política de  $x_{i,t-1}$  para  $x_{i,t}$ , como explicado na Subseção 2.2, pode ocorrer desta agente decidir desligar de sua rede qualquer agente com posição política oposta e suficientemente distante da sua própria. Para este processo vamos considerar mais dois parâmetros populacional:  $\theta > n/4$ , que informa um limiar para posições políticas “mais extremadas”, e  $\rho \in [0, 1]$ , uma probabilidade que atribui certa aleatoriedade para o processo de “cancelamento”. A ideia é que  $\rho$  capte variações na relação de uma agente com aquelas em sua rede e que são mais extremadas, uma vez que as relações sociais podem variar sob o efeito de um grande número de variáveis não observadas. Formalmente, para a  $i$ -ésima e a  $j$ -ésima agentes que estão simultaneamente uma na rede da outra: Se  $x_{i,t} > \theta$  (respectivamente,  $x_{i,t} < -\theta$ ) e  $x_{j,t} < -\theta$  (respectivamente,  $x_{j,t} > \theta$ ), então, a  $i$ -ésima irá “cancelar”, excluir de sua rede, qualquer  $j$ -ésima agente com probabilidade  $\rho$ . Ou seja, a cada período de tempo, uma agente do grupo mais extremado à direita (à esquerda) está apta a excluir todas as outras mais extremadas de esquerda (de direita) de sua rede. Uma vez que a  $j$ -ésima não está mais na rede da  $i$ -ésima, o mesmo acontece para esta na rede da segunda. Observe que a  $j$ -ésima agente também poderá vir a fazer esta mesma escolha dentro de seu processo. A princípio, portanto, uma aproximação para a probabilidade de uma ligação entre duas mais extremadas em polos diferentes ser desfeita é de  $1 - (1 - \rho)(1 - \rho) = 2\rho - \rho^2$ . O fato de ser uma aproximação é porque o processo de “cancelamento” ocorre apenas ao final de cada período; da perspectiva da  $i$ -ésima agente, esta já mudou a sua posição de  $x_{i,t-1}$  para  $x_{i,t}$ , mas ainda considera a posição política  $x_{j,t-1}$  da  $j$ -ésima agente. O mesmo ocorre para a  $j$ -ésima.

### 3 Valores dos parâmetros e resultados

Nesta seção eu listarei os valores de parâmetros para as simulações, apresentarei resultados de dois casos típicos observados - um sem polarização e outro com - e, por fim, resultados agregados de 200 simulações.

#### 3.1 Valores escolhidos e justificativa

O modelo descrito na Seção 2 permite que sejam gerados os efeitos sucessivos do meio para as agentes e, da reação destas, as mudanças no meio. Entendendo por “meio” a distribuição de posições políticas e a configuração das redes. Estes efeitos de retroalimentação entre as partes e o todo caracterizarão uma dinâmica sistêmica e não linear. Como há duas tendências principais sobre cada indivíduo, uma convergência para um grupo dentro dos limites de menos um desvio e mais um desvio padrão e uma repulsão para fora deste grupo, a variação adequada de parâmetros pode garantir a dominância de um ou outro efeito. Uma possibilidade presente em estudos envolvendo sistemas complexos consiste em observar situações, configuração ou estados de mundo que, a princípio, podem gerar diferentes tipos de resultados finais. De fato, parece haver pouca justificativa para se apelar para métodos como o de modelos computacionais baseados em agentes para problemas intrinsecamente deterministas. Neste último caso, os métodos analíticos mais tradicionais são mais adequados, uma vez que mais precisos e com resultados de verificação simultânea à leitura do tabalho. Desta forma, busquei isolar uma configuração, exposta

na Tabela 1, na qual ora ocorre uma convergência ao centro, ora uma polarização. Possivelmente existam outras configurações distintas que levem a resultados com as mesmas qualidades.

Parâmetro	Valor
$n$	300
$t_{max}$	150
$p$	$0.05 \Rightarrow E(V_{i,t=0}) = 15, i = 1, \dots, n$
$\mu$	1
$\sigma$	0.5
$\beta$	0.6
$\gamma$	0.1
$\theta$	$1.75 \times \frac{n}{4} = 131.25$
$\rho$	0.1

Tabela 1: Valores dos parâmetros do modelo

Por fim, cabe registrar que a implementação do modelo e as simulações foram realizadas com o *software* GNU Octave.

## 3.2 Resultados

Foram observados dois tipos de resultados finais, um primeiro no qual não ocorre polarização e a distribuição final se mantém centralizada e uma outra na qual a distribuição se transforma em uma bimodal, com um grupo à esquerda e outro à direita do espectro central, que está esvasiado. Neste último caso temos uma polarização.

Na Figura 1 temos dois histogramas sobrepostos. O com barras em vermelho representa a distribuição inicial das posições políticas dos agentes e o segundo, com barras em azul, a distribuição final. De fato, há diferenças entre as distribuições, a segunda apresenta uma leve concentração na centro-direita, mas não se trata de uma polarização. Nas subfiguras à esquerda e à direita na Figura 2 observamos, respectivamente, a evolução no tempo da população de agentes moderados e do número médio de vizinhos por agente. Enquanto a primeira variável tende a aumentar, a segunda tende a cair, mas dentro de um intervalo bastante limitado, aproximadamente entre 14.7 e 14.4 vizinhos por agente.



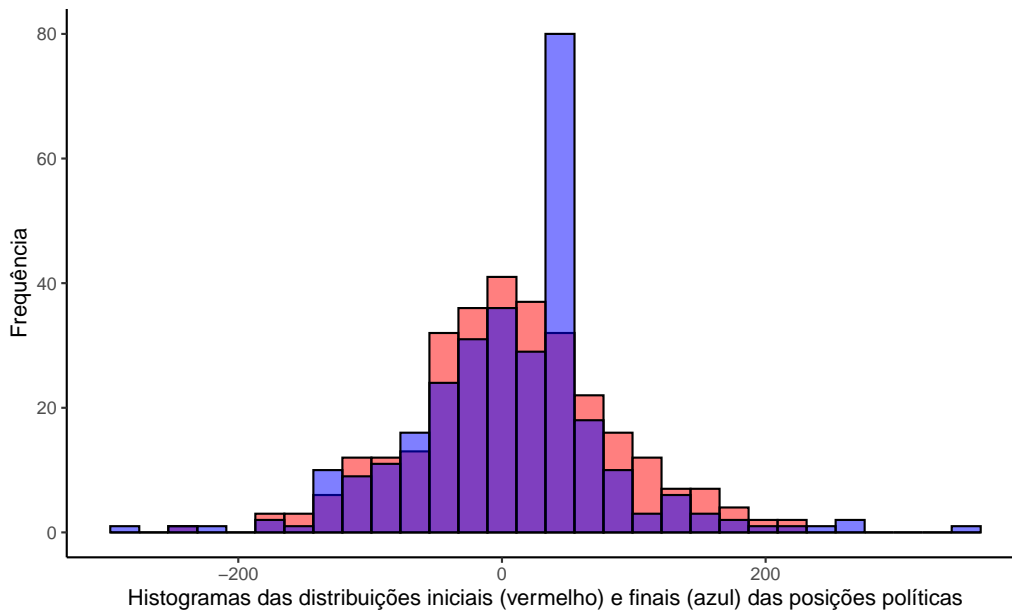


Figura 1: Histogramas das distribuições iniciais e finais em um processo sem polarização

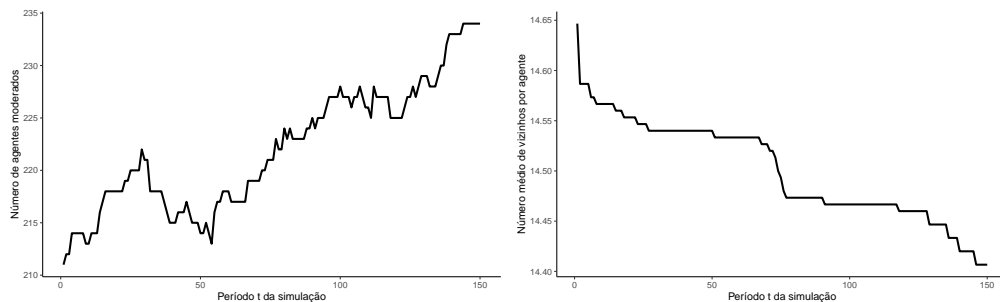


Figura 2: Evolução no tempo do número de moderados e da média de vizinhos na simulação sem polarização

Para a simulação com polarização temos a Figura 3 com os dois histogramas, como anteriormente. A diferença é que agora é possível observar com facilidade a polarização entre espectros mais à esquerda e mais à direita com o esvaziamento do grupo central. Outra diferença em as Figuras 1 e 3 é a presença, na última de valores mais extremados nos dois lados do espectro político. Por sua vez, as subfiguras à esquerda e à direita na Figura 4 demonstram, respectivamente, a redução do número de moderados e uma tendência mais acentuada do que anteriormente no número médio de vizinhos, saindo de um valor próximo de 15 para menos de 11 ao final do processo.

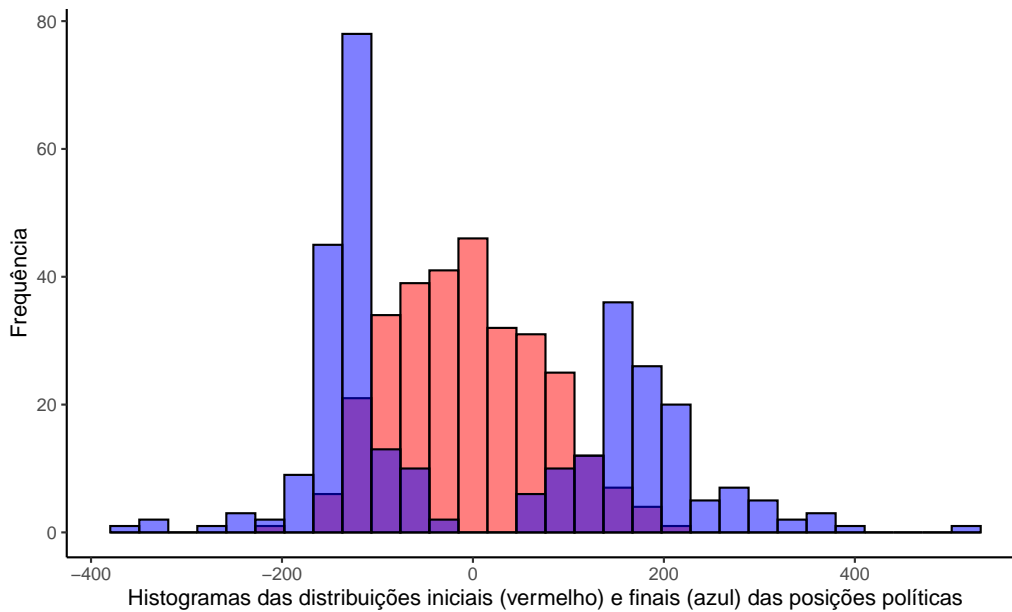


Figura 3: Histogramas das distribuições iniciais e finais em um processo sem polarização

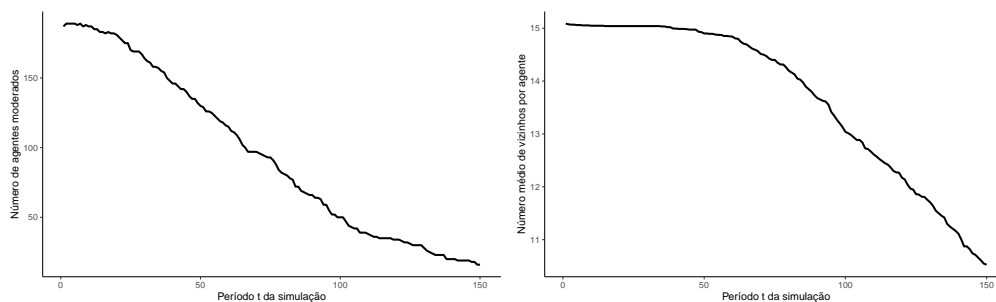


Figura 4: Evolução no tempo do número de moderados e da média de vizinhos na simulação com polarização

Adicionalmente, realizei 200 simulações e computei o número de agentes moderados, aqueles com posição política no intervalo  $(-75, 75)$ , ao final e o número médio de vizinhos ao final de cada simulação. O número de simulações com menos de 150, 100 e 50 agentes moderados ao final do processo foi, respectivamente, de 106, 87 e 63. O valor médio desta variável foi de 140.9. Entretanto, como pode ser verificado na Figura 5, na qual temos o histograma dos números de moderados nas 200 simulações, a distribuição é de difícil classificação. A média do número médio de vizinhos por agente ao final do processo foi 13.4. A Figura 6 com o histograma deste valor também apresenta uma distribuição de difícil classificação. Na verdade, os dois histogramas parecem espelhados. A correlação positiva e não

linear destas duas variáveis pode ser verificada com facilidade pelo gráfico de dispersão na Figura 7, corroborando a hipótese de que o número médio de vizinhos por agente cai mais quando há polarização do que quando não há. Esta correlação também indica que a queda de moderados ocorre com polarização e não com uma concentração única à direita ou à esquerda, uma vez que neste caso o mecanismo de cancelamento não seria aplicado; cada agente cancela apenas outros no extremo político oposto.

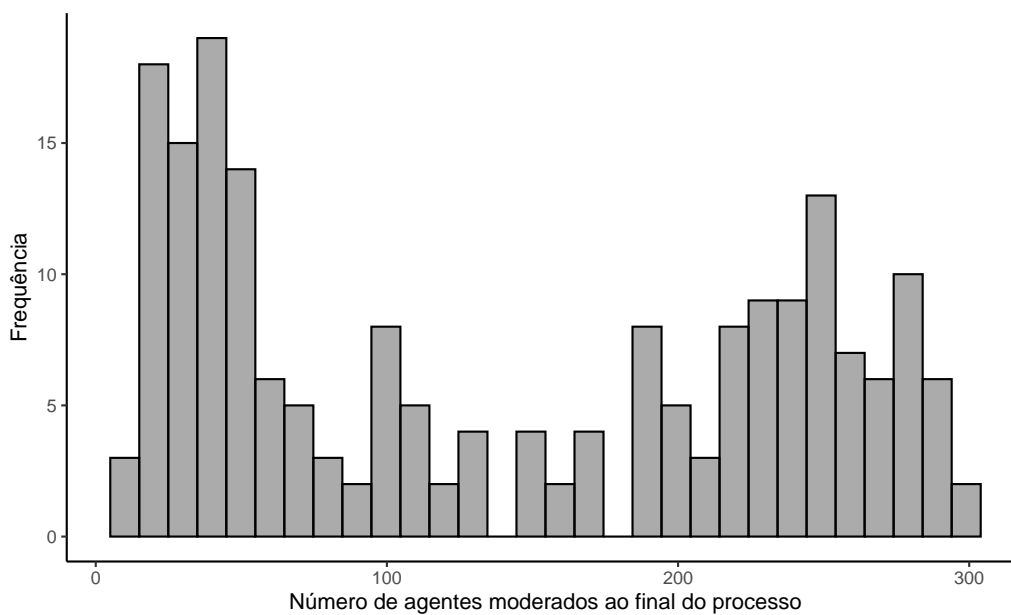


Figura 5: Histograma do número de agentes moderados em 200 simulações

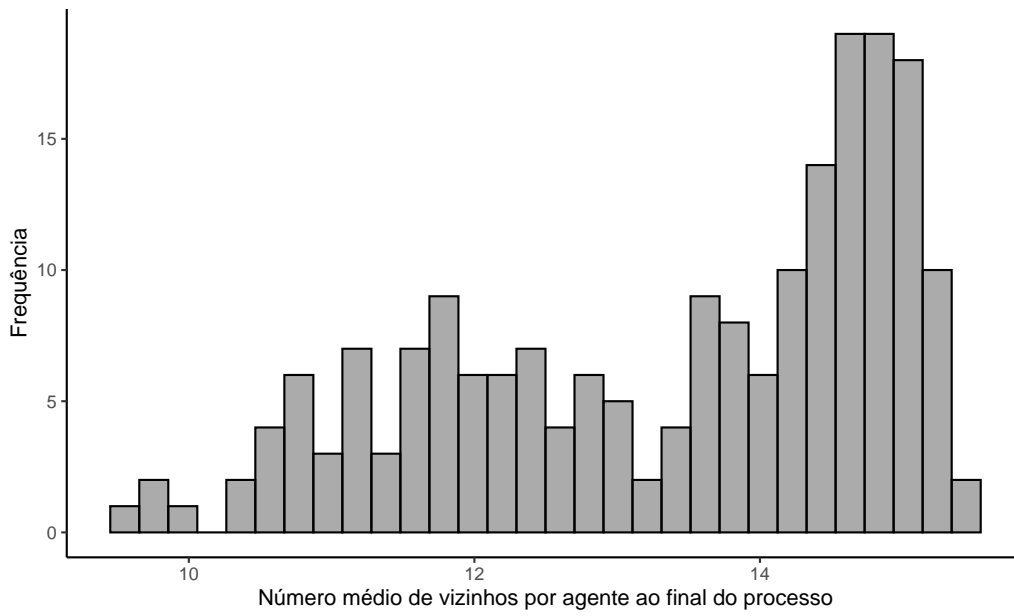


Figura 6: Histograma da média de vizinhos em 200 simulações

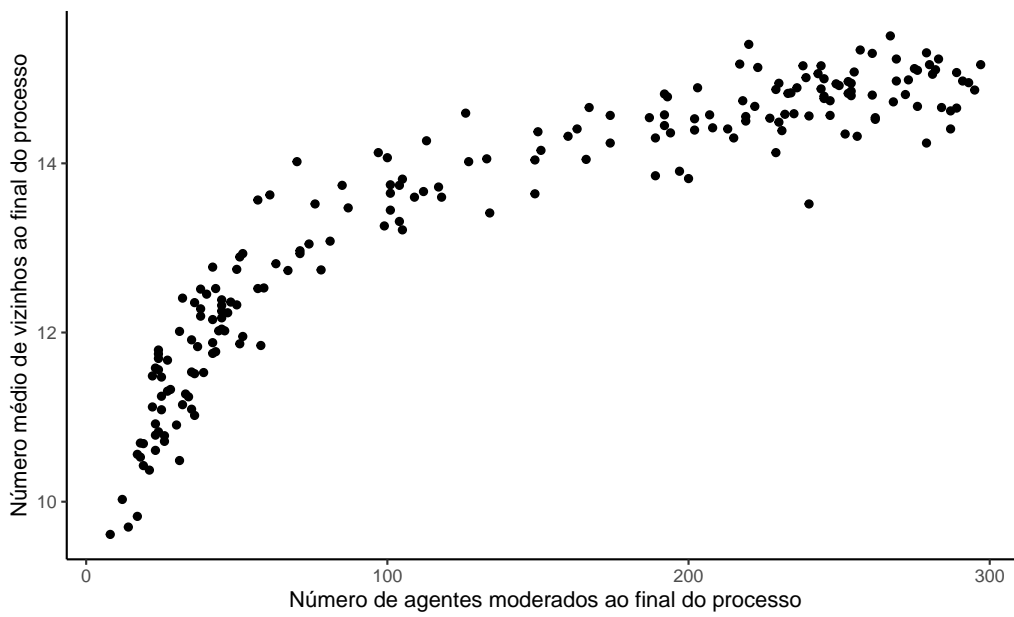


Figura 7: Gráfico de dispersão entre o número de agentes moderados e o número médio de vizinhos

## 4 Considerações finais

O processo político e de distribuição de posições políticas é sujeito a muitas outras variáveis e nuances do que o que foi explorado neste trabalho ou, mesmo, do que pode vir a ser uma versão aprimorada. Entretanto, o exercício de modelagem é fundamental para isolar e testar as possibilidades de conjecturas. Neste sentido, o objetivo central de testar a possibilidade de um resultado polarizado em agentes inicialmente em uma distribuição normal, mas sob a influência de tendências à imitação ou conformidade e de aversão, foi bem sucedido. Esta comunicação, pretensamente simples, poderá vir a ser mais bem elaborada com o estudo aprimorado dos valores dos parâmetros e da consideração de polarizações multidimensionais, ou seja, daquelas onde os polos são caracterizados por temas compostos. Esta última possibilidade se configura como um dos caminhos mais interessantes para a realidade brasileira, uma vez que se manifestou nesta o espectro duplo de “liberal-conservador”, claramente indicando a existência de mais de uma dimensão nas decisões de posicionamento político. Neste caso, o “liberal” é com relação à institucionalidade da economia, enquanto que o “conservador” se refere aos costumes da vida privada.

## 5 Referências

- Arthur, W. B. Inductive Reasoning and Bounded Rationality. *American Economic Review*, vol. 84, n. 2, p. 406-411, 1994.
- Bierman, H. S. & Fernandez, L. *Teoria dos Jogos*, 2<sup>a</sup> edição, São Paulo: Pearson, 2011.
- Dixit, Avinash K. & Weibull, Jörgen W. Political Polarization. *PNAS*, vol. 104, n. 18, p. 7351-7356, 2007.
- Jones, M. I., Sirianni, A. D. & Fu, Feng. Polarization, Abstention, and the Median Voter Theorem. *Humanities & Social Sciences Communications*, vol. 9, n. 43, p. 1-12, 2022.
- Nelson, Philip. Voting and Imitative Behavior, *Economic Inquiry*, vol. XXXII, n. 1, p. 92-102, 1994.