UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM DE SISTEMAS
COMPLEXOS

RAFAEL FRANCO MARTINS

**Uma Proposta de Modelagem por Agentes para o Problema da Herança e
Desigualdade Econômica**

São Paulo

2017

RAFAEL FRANCO MARTINS

Uma Proposta de Modelagem por Agentes para o Problema da Herança e Desigualdade Econômica

Versão Corrigida

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Modelagem de Sistemas Complexos.

Versão corrigida contendo as alterações solicitadas pela comissão julgadora em 15 de fevereiro de 2017. A versão original encontra-se em acervo reservado na Biblioteca da EACH/USP e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD), de acordo com a Resolução CoPGr 6018, de 13 de outubro de 2011

Área de Concentração: Metodologia e Técnicas de Modelagem de Sistemas Complexos

Orientador: Prof. Dr. Fernando Fagundes
Ferreira

São Paulo
2017

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Universidade de São Paulo. Escola de Artes, Ciências e Humanidades. Biblioteca)

Martins, Rafael Franco

Uma proposta de modelagem por agentes para o problema da Herança e desigualdade econômica / Rafael Franco Martins ; orientador, Fernando Fagundes Ferreira. – São Paulo, 2017.
89 f. : il

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Modelagem de Sistemas Complexos, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo em 2016.

Versão corrigida.

1. Riqueza - Distribuição - Simulação computacional . 2. Herança. 3. Desigualdades sociais. 4. Redes complexas. I.. Ferreira, Fernando Fagundes, orient. II. Título

CDD 22.ed.— 330.011

Dissertação de autoria de Rafael Franco Martins, sob o título "**Uma Proposta de Modelagem Por Agentes para o Problema da Herança e Desigualdade Econômica**", apresentado à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Modelagem de Sistemas Complexos, na área de concentração Fundamentos de Sistemas Complexos, aprovado em 15 de fevereiro de 2017 pela comissão examinadora constituída pelos doutores:

Prof. Dr. Fernando Fagundes Ferreira

Presidente

Instituição: Universidade de São Paulo

Prof. Dr. André Fontan Köhler

Instituição: Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Antonio Fernando Crepaldi

Instituição: Universidade Estadual Paulista

Prof. Dr. Camilo Rodrigues Neto

Instituição: Universidade de São Paulo

Dedico este trabalho a minha esposa Ylana, por me apoiar e me incentivar.

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela graça imerecida, aos professores do programa de pós graduação em Modelagem de Sistemas Complexos, por me ensinarem e amarem o que fazem.

Agradeço especialmente ao Prof. Dr. Camilo pela paciência, excepcionou dedicação e entusiasmo em tudo o que faz.

“O conservadorismo advém de um sentimento que toda pessoa madura compartilha com facilidade: a consciência de que as coisas admiráveis são facilmente destruídas, mas não são facilmente criadas. Em relação a tais coisas, o trabalho de destruição é rápido, fácil e recreativo; o labor da criação é lento, árduo e maçante.”
(Roger Scruton)

Resumo

MARTINS, Rafael Franco. **Uma Proposta de Modelagem por Agentes para o Problema da Herança e Desigualdade Econômica**. 2017. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

Nos últimos anos a preocupação com uma possível elevação da desigualdade social aumentou consideravelmente, principalmente por conta da obra de Piketty intitulada “O Capital no século XXI”. Para Piketty a diminuição da natalidade entre os ricos será um dos pontos cruciais para este aumento. As previsões contidas no livro são avassaladoras, se nada for feito a desigualdade aumentará a ponto de ameaçar a democracia e os sistemas políticos e sociais vigentes. Porém, alguns economistas, como por exemplo: Matthew Rognlie, não concordam com esta tese e apontam supostos erros e falhas cometidos pelo economista francês. O intuito deste trabalho é tentar um caminho diferente do trilhado por Piketty, utilizando outros meios e técnicas, este trabalho se propõe a analisar a questão da desigualdade causada pela herança dos bens. Para tanto, foi implementado e adaptado o algoritmo descrito no artigo “A family-network model for wealth distribution in societies” para analisar esta questão à luz de técnicas e métodos como: monte carlo, grafos e simulações computacionais. O resultado obtido vai ao encontro dos resultados obtidos por Piketty.

Palavras-chave: Desigualdade Social. Sistemas Complexos. Heranças. Redes Complexas. *Distribuição de Riqueza.*

Abstract

MARTINS, Rafael Franco. **A Proposal of Modeling by Agents for the Problem of Inheritance and Economic Inequality**. 2017. 89f. Dissertation (Master of Science) – School of Arts, Sciences and Humanities, University of São Paulo, São Paulo, 2016.

In recent years a concern for a possible rise in social inequality has increased considerably, especially on account of Piketty's work entitled "Capital in the 21st Century." For a small reduction in the birth rate among the rich, it will be one of the crucial points for this increase. As predictions contained in the book are overwhelming, there is nothing for an inequality will increase a threatening point to democracy and existing political and social systems. However, some economists, such as Matthew Rognlie, do not agree with this article and point out supposed errors and failures committed by the French economist. The purpose of this paper is to try a different path from Piketty, using other means and techniques, this work is useful for an analysis of the issue of inequality caused by the inheritance of goods. A model of family network for the distribution of wealth in societies "to a model of family network for the distribution of wealth in societies. The result obtained is in line with the results obtained by Piketty.

Keywords: Social inequality. Complex Systems. Inheritances. Complex Networks. *Distribution of Wealth*.

Lista de figuras

Figura 1 – Ilustração da tese de Kuznets	21
Figura 2 – Taxa anual de crescimento do PIB vs. Taxa de retorno	22
Figura 3 – Salário médio dos americanos por idade e gênero em 2014	24
Figura 4 – Evolução da herança	25
Figura 5 – Patrimônios herdados	26
Figura 6 – Máquina de Carnot – Expansão isotérmica reversível	36
Figura 7 – Máquina de Carnot – Processo de compressão adiabática reversível	36
Figura 8 – Máquina de Carnot – Gás esfria	37
Figura 9 – Máquina de Carnot – Gás comprimido	37
Figura 10 – Ciclo completo	38
Figura 11 – Distribuição de Pareto gerada pelo modelo de gás ideal	40
Figura 12 – Agentes e número de conexões	41
Figura 13 – Agentes e riqueza	42
Figura 14 – Riqueza e aversão ao risco	42
Figura 15 – Distribuição de Pareto do artigo “Ricos são diferentes”	43
Figura 16 – Diagrama do funcionamento do simulador	47
Figura 17 – Grafo gerado pelo simulador – passo 1	48
Figura 18 – Grafo gerado pelo simulador – passo 2	49
Figura 19 – Grafo gerado pelo simulador – passo 3	50
Figura 20 – Resultados	53
Figura 21 – Realimentação	57
Figura 22 – Revoada de pássaros	58
Figura 23 – Interação direta	60
Figura 24 – Interação indireta	61
Figura 25 – Pele da Zebra	62
Figura 26 – Simulação com aplicação de impostos	67
Figura 27 – Simulação com impostos e comportamento egoísta	70
Figura 28 – Alíquota de impostos	73
Figura 29 – Número de vizinhos, cenário com impostos	74
Figura 30 – Família egoísta	76
Figura 31 – Número de vizinhos, considerando o cenário de famílias egoístas	77
Figura 32 – Síntese	78

Figura 33 – Desigualdade projetada	80
Figura 34 – Dados projetados – Média de conexões	81
Figura 35 – Dados projetados – Grau de conexões	82
Figura 36 – Dados projetados – Grau em profundidade de conexões	83

Lista de tabelas

Tabela 1 – Diferentes Tipos de Emergências	59
Tabela 2 – Parâmetro T	72
Tabela 3 – Parâmetro E	75

Sumário

1	Introdução	15
1.1	Objetivo	16
1.2	Definição de desigualdade	16
1.3	Importância do tema.....	17
1.4	Origem da desigualdade	18
2	O capital no século XXI.....	20
2.1	Piketty	20
2.2	Kuznets	20
2.3	Crítica de Piketty.....	21
2.4	Inequação $R > G$	22
2.5	Metodologia usada por Piketty	23
2.5.1	Patrimônio	23
2.5.2	Desigualdade	24
2.5.3	Herança	25
2.5.4	Depreciação	27
2.6	A necessidade da acumulação de capital.....	28
2.7	Progresso tecnológico e a acumulação de capital.....	28
2.8	Ciclo de riqueza	29
2.9	Gastos do governo	31
2.10	Forma de taxação	32
2.11	Estado hipertrofiado	33
3	Modelos	34
3.1	Teoria do Excedente	34
3.1.1	Processo de Angle	34
3.2	Ciclo de Carnot.....	35
3.3	Gás ideal como um mercado.....	39
3.4	Distribuição de riqueza em uma rede com correlações	40
3.5	Os ricos são diferentes	43
3.6	Modelagem de uma rede familiar.....	44
3.6.1	Objetivo	44
3.6.2	Considerações iniciais.....	44
3.6.3	Explicações sobre o modelo.....	45
3.6.4	Simulação.....	46
3.6.5	Fenômeno econômico	50
3.6.6	Resultados	52
3.7	Limitações dos modelos	53
3.7.1	Situação de guerra.....	53

3.7.2	Mudanças na natalidade	54
3.7.3	Classe média.....	54
4	Sistemas Complexos	56
4.1	Não linearidade.....	56
4.2	Realimentação.....	57
4.3	Ordem Espontânea.....	58
4.4	Robustez e ausência de controle central	58
4.5	Emergência	59
4.5.1	Emergência nominal	60
4.5.2	Emergência fraca	60
4.5.3	Emergência múltipla	61
4.5.4	Emergência forte	62
4.6	Organização hierárquica	62
4.7	Numerosidade	62
4.8	Relação entre o modelo e sistemas complexos	63
4.8.1	Não linearidade.....	63
4.8.2	Realimentação.....	63
4.8.3	Ordem Espontânea.....	64
4.8.4	Robustez e ausência de controle central.....	64
4.8.5	Emergência.....	64
4.8.6	Organização hierárquica	65
4.8.7	Numerosidade	65
5	Proposta	66
5.1	Problema	66
5.2	Alterações no modelo original.....	66
5.2.1	Alíquota de imposto	66
5.2.2	Dois modos	67
5.2.3	Famílias ricas	68
5.2.4	Famílias egoísta	69
6	Resultados.....	71
6.1	Considerações	71
6.1.1	Parâmetro	71
6.2	Impostos	72
6.3	Família rica	74
6.4	Família egoísta	75
6.5	Síntese.....	77
6.6	Dados reais considerando a herança	78
6.7	Dados projetados	79
6.8	Consolidação	79

7	Conclusão.....	84
	Referências.....	86

1 Introdução

Edmund Burke¹, em uma de suas cartas sobre a revolução francesa², escreveu: "Os que têm muito a esperar e nada a perder serão sempre perigosos". Este alerta sublinha um dos motivos que levaram o povo a revolução: pobreza ("nada a perder"); igualdade e liberdade ("muito a esperar"). Não foram poucos os autores que escreveram sobre a revolução francesa e tiraram conclusões sobre ela. A seu modo, Piketty é um deles, pois seu livro tenta entender quais condições geram desigualdades, e toma como exemplo, em vários momentos, esta revolução. Ele ilustra com dados às causas da revolução, por exemplo: 1% da sociedade francesa pré-revolucionária detinha 50% do patrimônio do país (PIKETTY, 2013). Não é de se espantar que a França tenha mergulhado no caos revolucionário.

Para nós que vivemos no século XXI, Piketty deixa o alerta de que as mesmas condições vigentes no antigo regime³ começam a tomar forma neste início de século. Claro que para a nossa época há características peculiares para o fomento da desigualdade, como por exemplo, a diminuição da taxa de natalidade (PIKETTY, 2013). Para ele, se nada for feito, em poucas décadas conflitos sociais graves ocorrerão, podendo até mesmo minar democracias (PIKETTY, 2013). Se esta previsão se confirmar, não será primeira vez que o Mundo vivencia uma instabilidade social capaz de tragar regimes e abalar a política.

Evidentemente, isto não é destino, existem propostas para superar isso. Piketty, por exemplo, sugere taxar pesadamente a herança. Para o autor a herança nunca é adquirida por mérito próprio e é uma das principais formas de propagação da desigualdade (PIKETTY, 2013). Por causa disto, a proposta deste trabalho é verificar como funciona este mecanismo e se de fato ele é capaz de propagar a desigualdade, também analisar a defesa que Piketty faz de impor uma taxa de imposto que pode chegar a 80% da herança, ele escreveu:

Quando taxamos uma fatia de rendas ou heranças a um valor da ordem de 70-80%, fica bem evidente que o objetivo principal não é elevar as receitas fiscais (e, na realidade, essas fatias nunca geram muita coisa). No fim das contas, trata-se de acabar com esse tipo de renda ou de patrimônio... Ao mesmo tempo, não se trata de

¹ Edmund Burke nasceu em 1729, faleceu em 1797. Em 1765 ele ingressou na Câmara dos Comuns, foi um dos maiores políticos ingleses de seu tempo. Foi um crítico da Revolução Francesa.

² A revolução francesa ocorreu no reinado de Luís XVI, entre os anos de 1789 e 1799. Foi um período de intensa agitação política que desencadeou uma série de reformas econômicas, políticas e sociais. O lema dos revolucionários era liberdade, igualdade e fraternidade.

³ Nome dado ao sistema político e social estabelecido no final da idade média que perdurou até a revolução francesa

uma interdição absoluta ou de uma expropriação... O imposto progressivo exprime de certa forma um compromisso ideal entre justiça social e liberdade individual (PIKETTY, 2013, p. 627).

O trabalho também lança mão do artigo “A family-network model for wealth distribution in societies” que simula o mecanismo da desigualdade gerada pela herança.

1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho é verificar se a queda no número de filhos dos casais ricos será um fator determinante para o aumento da desigualdade e se o aumento de impostos sobre a herança que pode chegar a 80%, conforme defende Piketty (PIKETTY, 2013), será capaz de contrabalancear este fator. Este trabalho visa abordar esta questão com a perspectiva de sistemas complexos e de ferramentas como a simulação computacional.

1.2 Definição de desigualdade

A sociologia menciona diferentes tipos de desigualdade. Para ficar em quatro exemplos: desigualdade de oportunidades, desigualdade legal, desigualdade de autoridade e desigualdade econômica (LEFRANC; PISTOLESI; TRANNOY, 2008).

A desigualdade legal ocorre quando os membros de uma sociedade não possuem os mesmos direitos perante a lei (FIRPO, 2000). Por exemplo, escravos não possuem os mesmos direitos legais que seus senhores. A desigualdade de autoridade existe quando ocorre qualquer tipo de subordinação ou sujeição de um indivíduo ao outro. Ela é muito combatida por grupos anarquistas. A desigualdade de oportunidades é dividida em duas. A primeira é a igualdade meritocrática, nela duas pessoas com níveis iguais de esforço obtêm resultados diferentes. A segunda é a igualitária, na qual a distribuição dos resultados é dependente das circunstâncias (FILGUEIRAS, 2015).

Neste trabalho trataremos da desigualdade de riqueza, especificamente dos mecanismos ligados à propagação da desigualdade por meio da herança. A desigualdade de riqueza é a diferença na forma como os ativos, riqueza ou rendimentos são distribuídos entre indivíduos ou populações. É um conceito um tanto mais amplo que a desigualdade de renda. Porque renda é um fluxo de capital num dado período de tempo, enquanto riqueza é o estoque de bens e direitos do indivíduo. Imagine dois indivíduos, um com uma renda de 100 dólares ao mês e o segundo com uma renda de 200 dólares ao mês. É possível que o primeiro

indivíduo seja mais rico que o segundo, pois a renda acumulada dele no passado pode ter sido maior ou no passado ele pode ter ganhado uma herança, por exemplo.

1.3 Importância do tema

Este tema está intimamente ligado à sociologia, economia e a política, nesta seção serão mostradas de modo muito sucinto o quê as principais correntes da política que aderiram ou ao menos toleram o capitalismo, pensam a respeito da importância do tema desigualdade, lembrando que o pensamento político apresenta um amplo espectro que vai de uma presença total do estado na economia a ausência total.

Políticos ligados à centro-esquerda acreditam que a desigualdade é muitas vezes injusta ou socialmente destrutiva e se ela atingir níveis críticos pode ocorrer disfunções no sistema que em último caso colocariam as democracias modernas em perigo. É comum a citação da revolução francesa que para eles teve como origem a fome dos “Sans-culottes” e a abundância em que viviam a nobreza e monarquia na França. Para este grupo este tema é crucial.

De outro lado, conservadores acreditam que parte dos ricos merecem o que têm, por terem contribuído com a sociedade de alguma forma. Os exemplos vão de Steve Jobs até os ganhadores de Nobel, cujo prêmio é milionário. Para os conservadores a questão mais importante é a pobreza absoluta e não a desigualdade, eles argumentam que se em algum momento todo indivíduo venha a ter condições dignas de sobreviver então o tema desigualdade perderá boa parte da relevância. Margaret Thatcher certa vez discursou: “O governo também tem o claro dever de ajudar a cuidar dos doentes e dos velhos e de providenciar uma rede de proteção para todos aqueles que, sem culpa alguma, caem no desemprego, na pobreza e na privação” (THATCHER, 1986, p. 12).

Este discurso está registrado no livro “In defense of freedom: Speeches on Britain's relations with the World” (Em defesa da liberdade: Discursos sobre as relações da Grã-Bretanha com o Mundo). O livro “As ideias conservadoras” coloca Thatcher no rol de políticos conservadores.

Políticos liberais, no sentido brasileiro do termo, defendem que uma distribuição de renda por parte do estado acarreta necessariamente em maior poder para os governantes que em último caso determinarão quem pode ou não receber os recursos. Posto de outra forma, um pequeno grupo dentro da sociedade passa deter um poder muito grande sobre uma parcela enorme da sociedade. No extremo das políticas de redistribuição, para eles, ocorreria a

destruição das classes que não dependem do estado, na centralização dos recursos nas mãos dos burocratas tendo o efeito de que todos passem a depender do estado, ou seja, dos administradores do estado. Bertrand de Jouvenel escreveu (JOUVENEL, 2010, p. 52):

Quanto mais consideramos o assunto, mais evidente se torna que, na prática, a redistribuição está muito mais longe de ser uma redistribuição da renda disponível do mais rico para o mais pobre, como imaginávamos, do que de uma redistribuição de poder do indivíduo para o estado.

Este grupo admite que a desigualdade de riqueza existe, porém vê com receio políticas de redistribuição. Deste modo, o tema desigualdade de riqueza é também importante para eles, tanto para se defenderem dos argumentos dos grupos mais ligados a esquerda, bem como para argumentarem em desfavor da intervenção estatal, mostrando os efeitos colaterais que ela pode causar.

Este debate envolve questões morais e filosóficas, por isso há tantas opiniões divergentes na política. Porém, conforme demonstramos para todos os grupos o tema desigualdade é relevante e possui um papel no debate. Respeitando a pluralidade, ficam indicados os artigos e livros sobre a visão da desigualdade de cada um dos grupos mencionados: “Does inequality matter?” (A desigualdade importa?) do autor Christopher Jencks, “O capital no século XXI” do autor Thomas Piketty e a “Ética da redistribuição” do autor Bertrand de Jouvenel.

1.4 Origem da desigualdade

Este tema sozinho deu origem a uma série de boas dissertações e artigos e como não é este o foco deste trabalho este tópico será abordado de modo muito sucinto, mas para o leitor que deseja se aprofundar um bom caminho é o artigo de Angle cujo título é “The surplus theory of social stratification and the size distribution of personal wealth” (A teoria do excedente da estratificação social e o tamanho da distribuição da riqueza pessoal) e a dissertação do Mikael de Freitas cujo título é “Origem e evolução da desigualdade material hereditária: uma abordagem dos Sistemas Adaptativos Complexos”. Ambos abordam esta questão por meio de simulações computacionais e o último autor aborda a questão inclusive sobre o ponto de vista de sistemas complexos.

Não há consenso quando o tema é a origem da desigualdade, alguns apontam para causas biológicas, outros apontam para fatores culturais, porém o mais provável que isto se deu com o surgimento da agricultura (ANGLE, 1986) (FREITAS, 2016). A agricultura trouxe

um novo fator, o excedente de produção, para os grupos humanos que até então eram razoavelmente igualitárias (ANGLE, 1986) (FREITAS, 2016). Para Angle este excedente começou a ser apropriado por alguns enquanto outros continuaram a viver no limite de suas necessidades, a partir deste ponto a igualdade já não existia mais para esses grupos. Uma série de mudanças passaram a ocorrer, como a desigualdade econômica e desigualdade de autoridade, sendo que as duas estão muito ligadas (FREITAS, 2016).

2 O capital no século XXI

2.1 Piketty

Nascido em 7 de maio de 1971, na França, é um economista. Lecionou no Instituto de Tecnologia de Massachusetts entre os anos de 1993 e 1995. Foi assessor econômico de Ségolène Royal⁴, do Partido Socialista (França), na campanha presidencial de 2007. Atualmente é professor na Universidade de Paris (PIKETTY, 2013).

Embora o título do livro faça uma alusão ao livro "O Capital", fica claro durante a leitura que Piketty não é marxista, tão pouco acredita que o socialismo seja o remédio para os males da humanidade (RODRIGUES, 2015). O porquê do título do livro fica claro nas conclusões de Picketty, como veremos adiante.

2.2 Kuznets⁵

Já nas primeiras páginas do livro é explicado a curva de Kuznets (PIKETTY, 2013). Essencialmente a curva de Kuznets mostra que o capitalismo nos seus primórdios proporciona uma situação de grande desigualdade. Devido à escassez de mão de obra qualificada, a indústria pagava altos salários para profissionais bem qualificados, enquanto os desqualificados não conseguiam bons empregos.

Em um segundo momento, com as novas divisas oriundas do sistema, era possível bancar a educação de um número maior de indivíduos. Com isto, a desigualdade tendia a decair ao longo do tempo. A Figura 1 ilustra a tese de Kuznets:

⁴ Marie Ségolène Royal, filiada ao partido socialista francês, concorreu à presidência no ano de 2007. Perdeu para Nicolas Sarkozy. No ano de 2012, o candidato François Hollande, que possui uma união civil com Ségolène Royal e três filhos com ela, venceu as eleições para a presidência da França

⁵ Simon Smith Kuznets, nasceu em 1901, faleceu em 1985. Foi um economista russo, naturalizado americano. Recebeu o Nobel de economia em 1971, pelo seu trabalho sobre a “curva de Kuznets”

Figura 1 – Ilustração da tese de Kuznets

Fonte – Extraído do livro *O Capital no Século XXI*

2.3 Crítica de Piketty

Piketty concorda em parte com Kuznets. Para ele, de fato, a educação é uma força convergente no sistema⁶ capitalista, ou seja, a educação é capaz de diminuir a desigualdade social (PIKETTY, 2013). Porém, ele mostra que a forte diminuição da desigualdade social observada por Kuznets nos anos 50 era produto da II Guerra Mundial (PIKETTY, 2013). Devido aos esforços de guerra ocorreu uma forte intervenção do estado na economia, além do mais houve grande destruição dos bens de capital neste período (PIKETTY, 2013).

Piketty argumenta também que a partir dos anos 70 a desigualdade voltou a aumentar nos Estados Unidos e na Europa. Cabe a questão: Por que isto ocorreu se a educação se massificou neste período? Piketty, responde com sua análise " $r > g$ ".

⁶ Para Kuznets e Piketty, os sistemas econômicos possuem em relação a desigualdade forças convergentes e divergentes. Forças convergentes são aquelas capazes de proporcionar maior igualdade econômica, enquanto forças divergentes são aquelas que proporcionam maior desigualdade.

2.4 Inequação $R > G$

Para Piketty, os trabalhadores são remunerados de acordo com o crescimento do PNB (r), por outro lado, os capitalistas são remunerados de acordo a taxa de retorno sobre o capital (g) (PIKETTY, 2013). O autor faz uma análise histórica, mostrando que o " r " (retorno sobre o capital) é mais ou menos constante ao longo da história, com rendimento de 4% ao ano. O " g " (PNB), possui uma variação maior e devido à baixa natalidade nos últimos anos, sua taxa de aumento tenderá a ser cada vez menor. Conforme a Figura 2:

Figura 2 – Taxa anual de crescimento do PIB vs. Taxa de retorno

Fonte: PIKETTY, 2013.

Deste modo, a tendência é que os capitalistas tomem uma parte cada vez maior da renda nacional. Soma-se a isso o fator herança: com poucos filhos, os capitalistas tendem a não dispersar sua herança (PIKETTY, 2013). Piketty acredita que haverá uma concentração de renda tão alta que será comparável ao final do século XIX e início do século XX⁷.

⁷ O final do século XIX e início do século XX ganhou o nome na Europa de Belle Époque. Foi um período marcado por fortes mudanças culturais na Europa.

2.5 Metodologia usada por Piketty

Os economistas de uma maneira geral preferem analisar a desigualdade do ponto de vista da renda. Um dos motivos: renda é valor monetário, portanto facilmente mensurável (PIKETTY, 2013). Piketty não foge à regra e adota esta metodologia, mas ele vai além, pois também busca mensurar o patrimônio da iniciativa privada, das famílias e do governo.

Se a metodologia contemplasse somente a renda e levando em consideração o processo de globalização, possivelmente uma melhor medida seria analisar a desigualdade do ponto de vista do consumo. Pois, o deslocamento de parte da indústria para outros países, combinado com a concorrência entre as empresas, tende a ocasionar um menor preço ao consumidor e concorrência entre os trabalhadores de diferentes localidades. Por exemplo, diversos bens ficaram mais acessíveis para a população, por meio do aumento da produtividade, busca de menores custos e da tecnologia. Tomemos um exemplo do próprio Piketty: em 1880, uma bicicleta custava seis meses de salário médio, em 1960, elas saíam por menos de uma semana de trabalho (FIRPO, 2000) e eram bem melhores. Dito de outro modo: talvez a redução relativa dos preços tenha sido capaz de ampliar o acesso aos bens de consumo. De qualquer forma, como Piketty não se ateve somente a renda, a metodologia dele aparentemente é apropriada.

2.5.1 Patrimônio

Se a análise de Piketty tivesse somente considerado a renda, ela apresentaria outro problema. Renda varia conforme o tempo, porque é somente o fluxo de capital num dado período. Isso é um problema no momento de aferir a desigualdade. Por exemplo: aposentados tendem a possuir um salário menor do que pessoas na ativa (FIRPO, 2000). Todavia, existe uma parcela significativa maior de aposentados com suas residências quitadas e patrimônio construído durante uma vida de trabalho. Deste modo, é possível que o consumo de muitos destes aposentados seja maior do que de pessoas na ativa, já que, por exemplo, talvez tenham reservas financeiras e não necessitem poupar dinheiro (PIKETTY, 2013). Conforme podemos observar no gráfico:

Figura 3 – Salário médio dos americanos por idade e gênero em 2014

Fonte: Census Bureau – extraído do site do site: <http://www.census.gov/hhes/www/poverty/>

2.5.2 Desigualdade

Suponha que um país tenha somente dois indivíduos. Imagine ainda que a moeda adotada é o dólar americano e o preço relativo dos bens seja igual ao americano. O primeiro indivíduo detém uma renda de dez milhões de dólares ao ano, o segundo indivíduo detém uma renda de um bilhão de dólares ao ano. Numa análise rápida, verificaríamos que há uma grande desigualdade neste país. A parcela mais pobre possui um patrimônio cem vezes menor que a parcela mais rica. No entanto, ambos os indivíduos conseguiriam desfrutar de uma boa qualidade de vida.

Nesta situação hipotética, provavelmente não valeria a pena impor políticas para diminuir a desigualdade. É claro que a realidade é bem diferente da situação descrita acima, mas ela mostra que além da desigualdade devemos levar em consideração o tipo de qualidade de vida que as pessoas estão usufruindo. Se a qualidade de vida dos grupos menos favorecidos está caindo então a questão da desigualdade é ainda mais urgente, caso contrário, as políticas de transferência de renda podem ser mais amenas.

É essa análise que faltou no livro de Piketty. Teria sido interessante se ele tivesse focado um pouco menos na desigualdade e tivesse utilizado sua imensa base de dados para dar mais detalhes das condições de vida dos grupos mais pobres. Por exemplo, informar se os grupos menos favorecidos conseguiram melhorar de vida ao longo do tempo.

2.5.3 Herança

Para Piketty provavelmente a herança desempenhará no século XXI o mesmo papel que ela teve no século XIX, ou seja, a forma mais fácil de enriquecer e possivelmente a única que uma pessoa comum desfrutará (PIKETTY, 2013). Ele mostra que devido a diminuição da taxa de natalidade e devido ao baixo crescimento econômico, inevitavelmente a desigualdade aumentará. Ele mostra que este fenômeno já começou a ocorrer na Europa e tende a se espalhar para os Estados Unidos. Nos Estados Unidos o fenômeno ainda não mostra toda a sua força devido a uma taxa de natalidade maior principalmente entre os imigrantes (PIKETTY, 2013). Na figura 4 é possível observar como o valor da herança cresce em importância quando comparado com o valor da renda disponível. No eixo X é exibido o tempo em anos, no eixo Y é exibida uma porcentagem entre o valor anual das heranças e a renda disponível.

Figura 4 – Evolução da herança

Fonte: PIKETTY, 2013.

No caso da França a renda disponível representa entre 70% e 75% da renda nacional, daí podemos perceber como a herança se tornou rapidamente importante na sociedade francesa atual (PIKETTY, 2013).

Na figura 5 é exibida a porcentagem de patrimônios herdados contra a soma total de patrimônios total que inclui o patrimônio criado pelos vivos. Note que boa parte deste gráfico é uma projeção que vai até o ano de 2090, porém mesmo se nos concentrarmos até o ano de 2010 podemos verificar que o percentual cresceu nas últimas décadas. Certamente parte da depressão deste gráfico, a partir do ano de 1914, é devido à destruição gerada pelas Guerras Mundiais (PIKETTY, 2013). Após isto, começa um movimento de retomada da importância dos patrimônios herdados. De qualquer forma, este é um ponto favorável à tese de Piketty que diz que as Guerras Mundiais conseguiram diminuir a desigualdade e que nas últimas décadas houve um incremento na desigualdade (PIKETTY, 2013).

Figura 5 – Patrimônios herdados

Fonte: PIKETTY, 2013.

Piketty ilustra sua tese por meio dos livros de Jane Austen, embora seus livros sejam de ficção, o contexto e as questões que ela coloca eram bastante reais para sua época. Por

exemplo, no livro “Orgulho e Preconceito” é nítido a preocupação da maior parte dos personagens em se casar com pessoas que tenham uma boa chance de herdar uma herança volumosa. Outro livro de Jane Austen que ilustra isto e este é citado por Piketty é “Razão e Sensibilidade”, neste livro o personagem John Willoughby abandona a pobre Marianne para se casar com a senhorita Grey e desfrutar de seu imenso dote.

Um dado curioso a respeito das leis da Inglaterra é que o primogênito do sexo masculino tinha acesso integral à herança enquanto seus irmãos não. Deste modo, a lei fazia com que houvesse uma concentração muito grande de riqueza nas mãos de poucos, pois a herança era dividida por um número muito pequeno. Esta lei mudou somente no começo do século XX (GOLDTHORPE, 1982).

Outra curiosidade é que a forma da riqueza do século XVIII é parecida com a forma atual, antigamente a riqueza se traduzia na posse de latifúndios e títulos da dívida do governo, hoje a riqueza se traduz em imóveis, muitas vezes nas grandes cidades, e aplicações financeiras (PIKETTY, 2013).

2.5.4 Depreciação

Uma crítica recorrente a Piketty é: a depreciação dos ativos não foi considerada na sua análise. A depreciação se traduz em custos para os capitalistas, pois eles precisam repor as máquinas quebradas, atualizar os sistemas de software, comprar novos veículos (FIRPO, 2000). Os economistas estimam que a depreciação tende a se situar em torno de 5% ao ano do PNB (ROGNLIE, 2014). Na revista Revista Brasileira de Economia, há um artigo que diz: “Quanto à depreciação do capital fixo, investigações feitas em alguns anos indicaram que a sua percentagem média relativamente ao produto bruto é de aproximadamente 5 por cento (FISCAIS, 1961, p. 23).” Deste modo, Piketty deveria ter feito este desconto quando calculou a taxa de retorno do capital, o famoso “R”.

O economista Matt Rognlie, professor do MIT, refez os cálculos de Piketty e descobriu que excetuando os valores dos imóveis, na verdade a taxa de retorno sobre o capital estava diminuindo (FISCAIS, 1961) Sendo assim, o problema da desigualdade se reduzia aos rentistas que aplicavam sua fortuna no aluguel e venda destes bens. Para Rognlie, o capitalista que aplica sua riqueza na produção não é um problema (ROGNLIE, 2014).

2.6 A necessidade da acumulação de capital

Segundo George Reisman autor do livro "Piketty's Capital: Wrong Theory/Destructive Program", Piketty não considera em sua teoria a necessidade da acumulação de capital como necessária para um aumento na produção e aumento da qualidade de vida (REISMAN, 2014). Por exemplo, para a mecanização das lavouras no século XX, tais como a compra de tratores, colheitadeiras e etc, foram necessários investimentos (REISMAN, 2014). Por meio desses investimentos foi possível alcançar uma maior produtividade no campo. Essa maior produtividade atrelada à concorrência fez com que os preços ao consumidor final caíssem (MINAYO-GOMEZ et al., 1997)

A acumulação de capital é necessária para que seja possível realizar investimentos e para promover a ciência, sem os quais não seria possível melhorar a produtividade e a qualidade dos produtos oferecidos (REISMAN, 2014). Sem investimentos não é possível um aumento no nível da qualidade de vida da população (REISMAN, 2014). Se considerarmos ainda o exemplo dos avanços no campo, podemos notar que parte do aumento da produtividade no campo foi devida também aos avanços obtidos na produção de fertilizantes e pesticidas (MINAYO-GOMEZ et al., 1997).

Evidentemente foram necessários gastos com pesquisas e investimentos em fábricas para que esses produtos fossem produzidos. Logo, foi necessária a acumulação de capital para promover as pesquisas necessárias para a produção desses itens e também foi necessária acumulação de capital para que fosse possível erguer as fábricas (REISMAN, 2014). Para Reisman, Piketty dissociou o progresso econômico da acumulação de capital.

2.7 Progresso tecnológico e a acumulação de capital

A relação entre progresso tecnológico e acumulação de capital é recíproca (REISMAN, 2014). Para financiar o progresso tecnológico é necessário acumular capital seja para investir em ciência ou para erguer fábricas. Em troca, o progresso tecnológico fornece uma maior produtividade e bem estar (REISMAN, 2014). A consequência é um maior quantidade de capital acumulada.

Essa relação gera um ciclo que se retroalimenta e que contribui de modo positivo para a sociedade. O economista Mises observou que quase todos os avanços tecnológicos dos últimos séculos estão disponíveis e podem ser plenamente compreendidos pelos engenheiros,

mesmo nos cantos mais pobres e remotos do mundo (REISMAN, 2014). O que impede a implementação desses avanços não é a falta de conhecimento tecnológico, mas a falta de capital (REISMAN, 2014). Por exemplo, um agricultor na Índia que viu um trator pela televisão pode facilmente entender o valor de usar um. O que o impede de usar um não é certamente nenhuma falta de conhecimento tecnológico. Certamente não é que ele não sabe como operar um trator ou não poderia ser ensinado facilmente como fazê-lo. O que o impede é que ele não pode pagar por um trator. Ele não possui o capital necessário para comprar um trator e não pode encontrar um credor para fornecê-lo (REISMAN, 2014).

2.8 Ciclo de riqueza

As fortunas são construídas por meio de um ciclo, no qual o capitalista acumula lucros e reinveste seus lucros no seu próprio negócio (REISMAN, 2014). Possivelmente o investimento do capitalista gerará um retorno positivo e ele terá condições de investir novamente em seu negócio ou abrir um novo. Isto é o que torna possível as altas taxas de crescimento dos lucros ao longo de muitos anos que fazem com que investimentos iniciais relativamente modestos gerem grandes fortunas mais tarde (REISMAN, 2014).

Evidentemente o investimento do capitalista terá que ser capaz de introduzir novos produtos ou proporcionar métodos mais eficientes e de baixo custo (REISMAN, 2014). Investimentos que não atendam algum dos requisitos anteriores gerarão perdas. Isto é verdade em situações em que não há monopólio. Quando há monopólio a tendência é que não ocorra investimento algum. Na situação em que há concorrência, deve-se ponderar também que uma alta taxa de lucro atrai concorrentes, cuja competição reduz a taxa de lucro para um nível médio (REISMAN, 2014). Por isso, quase sempre é necessário para os construtores de fortuna introduzir novas inovações, a fim de manter suas altas taxas de lucro. De um modo geral, é necessário introduzir toda uma série de inovações no período em que estão construindo suas fortunas (REISMAN, 2014).

E à medida que os lucros são poupados e reinvestidos, o efeito é que as fortunas servem para oferecer o benefício das inovações aos consumidores. Dito de outro modo, as fortunas dos capitalistas quando investidas, também são úteis aos consumidores (REISMAN, 2014). Por exemplo, a fortuna de Rockefeller foi construída por meio da redução constante do custo de produção dos produtos petrolíferos e lançamento de novos produtos. Conforme sua

fortuna crescia, ela era investida na construção de refinarias de petróleo e oleodutos e outros meios de produção que trouxeram melhores e mais eficientes produtos para o consumidor (REISMAN, 2014).

Outro exemplo, Henry Ford, começou com um capital de US \$25.000 em 1903 e morreu com um capital de US \$ 1 bilhão em 1946 (REISMAN, 2014). Ele ameliou essa fortuna por causa das inovações que suas indústrias trouxeram. As linhas de montagem em movimento e peças intercambiáveis produzidas em massa foram inovações trazidas pela Ford. Ele foi capaz de reduzir o custo de produção de automóveis e melhorar a sua qualidade a tal ponto que na década de 1920 era possível obter um automóvel muito melhor por US \$ 300 do que se poderia obter por US \$ 10.000 no início do século. Os lucros que Ford gerou a partir de suas inovações foram majoritariamente voltados para a Ford Motor Company, onde apareceram como fábricas, linhas de montagem, equipamentos e suprimentos (REISMAN, 2014).

O consumidor que compra gasolina ou óleo de aquecimento, por exemplo, obtém o benefício dos investimentos que foram feitos em refinarias de petróleo e oleodutos (REISMAN, 2014). O consumidor que compra ou aluga um automóvel recebe o benefício de fábricas de automóveis e siderúrgicas. Sob o capitalismo e sua produção para o mercado, todos recebem o benefício dos capitais de propriedade de outros. No mais, esse capital privado é fonte da demanda pelo trabalho. É a fonte tanto da oferta dos bens que ele compra como da demanda pelo trabalho que ele vende. Mesmo que uma pessoa não seja dona de nenhum meio de produção, ela ainda receberia a maioria dos benefícios da existência dos meios de produção. Ela recebe na forma de consumidor de produtos e vendedor de mão-de-obra (REISMAN, 2014).

A diferença real entre um capitalista e um trabalhador comum é muito menor do que se supõe (REISMAN, 2014). Não pode ser medida pelo tamanho do capital do capitalista, nem pelo tamanho de seu lucro. É comum que boa parte do capital não possa ser gasta consigo mesmo, mas investida em seu negócio. Seu lucro também não é a medida de sua vantagem. Isto porque, na medida em que ele poupa e reinveste seu lucro, seu lucro, como o capital ao qual está agora unido, serve os compradores dos produtos que ele vende e os assalariados cujo trabalho ele compra. A vantagem real, realizada de ser um rico capitalista é a medida em que lhe permite consumir mais do que uma pessoa comum (REISMAN, 2014).

Uma grande parte do consumo de um rico capitalista provavelmente será de um tipo que também opera em benefício de um número mais ou menos substancial de outras pessoas, muitas vezes incluindo toda a sociedade. Esse é o caso na medida em que seu consumo

assume formas como o financiamento de pesquisas científicas, universidades, bibliotecas, orquestras, companhias de ópera, hospitais e similares, coisas que podem ser do maior valor pessoal para um indivíduo quando ele está em um do que financiá-los (REISMAN, 2014).

A diferença entre ricos e pobres em um país capitalista, como os Estados Unidos, não é tão grande (REISMAN, 2014). Ambos têm comida, vestuário, abrigo, encanamento interior, eletricidade, telefones, aparelhos de televisão, automóveis, geladeiras e similares (REISMAN, 2014). Os ricos têm mais e melhor dessas coisas, mas os "pobres" têm bastante deles para serem considerados ricos em comparação com a maioria das pessoas na maioria dos outros países e comparados com todos, até mesmo com as pessoas mais ricas do mundo há algumas gerações (REISMAN, 2014).

Graças ao capitalismo, uma pessoa "pobre" nos Estados Unidos hoje é mais rica em termos dos bens disponíveis para ele do que a rainha Victoria estava na virada do século XX (REISMAN, 2014). Ele é mais rico em praticamente todos os aspectos, exceto a capacidade de pagar servos (REISMAN, 2014).

2.9 Gastos do governo

As propostas de Piketty levarão inevitavelmente ao aumento do papel do estado na economia. Muitos consideram isso um efeito indesejado por vários motivos, tais como a ineficiência com que o estado gasta os recursos e a diminuição da renda disponível para os entes privados (FRIEDMAN, 1990).

Muito pode ser dito sobre esse assunto, inclusive esse assunto poderia render teses unicamente sobre esse tema. A seguir será mostrada a questão dos incentivos e um pouco sobre Milton Friedman, um dos principais defensores da tese de que o estado gasta mal.

Milton Friedman foi professor de economia da Universidade de Chicago e ganhador do nobel de economia em 1976. Ele publicou em 1980 o livro "Free to Choose - A Personal Statement" (Liberdade para escolher), um dos objetivos de sua obra era mostrar os incentivos que os indivíduos têm para tomar uma decisão. Em relação aos incentivos e gastos, ele acredita que existem quatro modos com os quais um indivíduo pode gastar seus recursos.

O primeiro modo ocorre quando o indivíduo gasta um recurso próprio para si mesmo (FRIEDMAN, 1990). Nessa situação a tendência é que o indivíduo procure uma relação ótima entre a qualidade e o preço do produto. Um segundo modo ocorre quando o indivíduo gasta um recurso próprio em favor dos outros (FRIEDMAN, 1990). Essa situação ocorre, por exemplo, quando o indivíduo resolve presentear outro. Nessa situação a tendência é que o

indivíduo priorize o menor preço em relação à qualidade. Um terceiro modo ocorre quando o indivíduo gasta recursos de terceiros em favor de si mesmo, nessa situação a tendência é que a qualidade seja priorizada sem que haja preocupação com o preço (FRIEDMAN, 1990). Por último, o quarto modo ocorre quando o indivíduo gasta os recursos de terceiros em favor de terceiros (FRIEDMAN, 1990). Nesse caso não há incentivo para as preocupações relacionadas ao preço ou a qualidade.

Os burocratas e legisladores no exercício de suas profissões gastam os recursos de acordo com o terceiro e quarto modo (FRIEDMAN, 1990). Os recursos que são gastos em programas assistenciais, na manutenção do estado e na construção de infraestruturas, não pertencem a eles e também não são gastos em favor deles. Por essa razão, há uma forte tendência para que os integrantes da burocracia aloquem mal os recursos (FRIEDMAN, 1990). Em democracias como a Brasileira, os próprios legisladores definem seus salários e seus próprios benefícios que serão pagos com os recursos advindos do estado. É possível observar que eles são generosos consigo mesmos. No mais, o estado obtém os recursos do contribuinte por meio da força. Imagine a seguinte situação: um contribuinte se nega a pagar os impostos referentes à posse de seu próprio veículo. Certamente o estado usará de seu poderio para expropriar o contribuinte de seu bem ou promoverá penhora de algum outro bem.

2.10 Forma de taxação

Segundo o livro "Piketty's Capital: Wrong Theory Destructive Program", a forma de taxação proposta por Piketty é danosa para o crescimento econômico. O livro alega que os impostos sobre o capital são ainda mais danosos à economia do que os impostos sobre o trabalho (REISMAN, 2014). Pois, impostos sobre o capital irão afetar os investimentos no país. Sem os recursos necessários, por causa do pagamento de impostos, a tendência do empresariado é que não haja investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias (REISMAN, 2014). Com isso, a produtividade do país é afetada fazendo com que ele tenha dificuldades para concorrer no mercado internacional. Essa situação, a longo prazo, incrementaria a taxa de desemprego, fazendo com que o bem estar seja afetado (REISMAN, 2014).

2.11 Estado hipertrofiado

Um dos argumentos do livro “O Caminho da Servidão” é que a liberdade econômica possui estreita relação com a liberdade política (HAYEK, 1977). Para mostrar isso, o livro expõe a situação da Alemanha nazista e mostra como o regime possuía muitas semelhanças com o regime da União Soviética (HAYEK, 1977).

O alerta que o livro faz é que os governantes que possuem poder para intervir de uma maneira drástica na economia, certamente possuem poder também para intervir na liberdade política. Por isso, o autor defende que o poder do estado deve ser consideravelmente limitado para que haja liberdade política e econômica (HAYEK, 1977).

Sem dúvida, a proposta de Piketty de dar ao estado uma capacidade maior de intervenção no mercado, pode além de diminuir a liberdade econômica, também diminuir a liberdade política, já que os cidadãos dependerão cada vez mais do estado e de seus burocratas na vida cotidiana (HAYEK, 1977).

3 Modelos

Os avanços no campo da computação abriram um novo caminho para a análise da distribuição de riqueza, permitindo que este problema seja estudado por meio de modelos computacionais. Modelos são simplificações da realidade (TEODORO; DUARTE, 1997), daí a necessidade de entender o problema e capturar os aspectos essenciais do mesmo.

3.1 Teoria do excedente

O paper "The Surplus Theory of Social Stratification and the Size Distribution of Personal Wealth, Social Forces" escrito por Angle em 1986, pode ser considerado como a primeira contribuição para a análise do tema formação de riquezas que faz uso de modelos baseados em agentes. (LUX, 2005) Este paper faz parte de uma longa série de artigos escritos ao longo de mais de 15 anos, na qual o sociólogo John Angle, criou uma classe de processos estocásticos como um mecanismo gerador para o surgimento universal da desigualdade nas sociedades humanas.

Seu ponto de partida é a evidência baseada em escavações arqueológicas que a desigualdade entre os membros de uma comunidade é encontrada primeiro com a introdução da agricultura e a abundância de alimentos que se seguiu (ANGLE, 1986). Enquanto a sociedade de caçadores-coletores parece ser bastante igualitária, a produção de um "excedente" para além do nível da subsistência parece conduzir a uma "sociedade hierarquizada" (ANGLE, 1986). Tão logo ocorre algum excedente na capacidade de produção de alimentos, alguns processos que comentaremos mais adiante, parecem conduzir para a emergência da desigualdade. Angle examinou as narrativas sociológicas, que defendem que a causa da desigualdade é a captura do excesso de riquezas por parte de um pequeno número de pessoas. (ANGLE, 1986).

3.1.1 Processo de Angle

De acordo com Angle, os processos que ocorrem nas sociedades agrícolas podem ser modelados por meio da interação entre agentes. Neste modelo a riqueza de uma sociedade agrícola é distribuída uniformemente entre todos os agentes, no passo seguinte cada agente é combinado com outro agente. (ANGLE, 1986) Por meio de um sorteio aleatório com igual

probabilidade, é decidido qual agente captura a riqueza excedente do outro. Nos passos seguintes são geradas novas combinações entre os agentes, a partir deste momento é feito um sorteio aleatório enviesado em favor do agente mais rico, então a riqueza de um agente é capturada por outro. (ANGLE, 1986)

O fenômeno sociológico que este artigo tenta demonstrar é a ocorrência de (1) roubos, (2) extorsões, (3) taxaões, (4) trocas por conta de um desigual poder e (5) trocas voluntárias e (6) doações. Nesta ordem de importância como fator de geração da desigualdade, na visão do autor. Ao final de várias interações, o estado estacionário da distribuição de riquezas, é semelhante à distribuição Gamma. (LUX, 2005) É interessante notar que a distribuição Gamma não mostra o decaimento da lei de potência, ou seja, neste caso a simulação falhou na comparação com os dados reais para os agentes mais ricos. O ideal era que a simulação gerasse uma distribuição de Pareto, pois esta distribuição conseguiria mostrar os agentes mais ricos por meio da "cauda longa" presente neste tipo de distribuição.

O artigo de Angle não tem sido bem aceito pelos economistas. Os economistas argumentam que a lista dos seis mecanismos geradores de desigualdade de riqueza não se adequam com o que encontramos nas sociedades modernas (LUX, 2005). Para a maioria dos países do mundo, "roubo", não é o mecanismo mais importante para a desigualdade de riqueza. Note também que a "troca genuinamente voluntária" é listado apenas com a quinta posição e atrás de "troca coagido por poder desigual". No entanto, a troca voluntária está no coração da atividade econômica em todos os níveis de desenvolvimento, em vez de ser algo menor (LUX, 2005).

3.2 Ciclo de Carnot

Esta seção tratará de um modelo de distribuição de riqueza inspirado nas leis da termodinâmica, especificamente sobre o ciclo de Carnot, por isso faremos uma breve revisão do funcionamento deste ciclo. Por volta de 1820, o engenheiro francês Sadi Carnot idealizou uma máquina ideal que usa calor para realizar um trabalho. Para explicar o funcionamento desta máquina, imagine dois reservatórios um contendo um gás quente e o outro um gás frio, entre estes dois reservatórios há um pistão e uma biela (YUJI, 2005).

No primeiro reservatório (figura 6), o gás quente irá empurrar o pistão para cima e na medida que isso acontece a pressão diminui e o gás começa a esfriar (figura 7). Enquanto isso ocorre, no outro reservatório o gás frio começa a ser comprimido, consequentemente a pressão e a temperatura em seu interior aumenta progressivamente (figura 8). Após certo

tempo o processo irá se inverter, fazendo com que o gás do segundo reservatório esteja quente o suficiente para empurrar o pistão para o lado oposto. Na figura 10 podemos visualizar o ciclo completo. Conforme a seguir:

Figura 6 – Máquina de Carnot – Expansão isotérmica reversível

Fonte – Extraído do site: www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/15bCarnot

Figura 7 – Máquina de Carnot – Processo de compressão adiabática reversível

Fonte – Extraído do site: www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/15bCarnot

Figura 8 – Máquina de Carnot – Gás se esfria

Fonte – Extraído do site: www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/15bCarnot

:

Figura 9 – Máquina de Carnot – Gás comprimido

Fonte – Extraído do site: www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/15bCarnot

Figura 10 – Ciclo completo

Fonte – Extraído do site: www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/15bCarnot

Para Yuji, a distribuição de riqueza no mundo segue este ciclo (YUJI, 2005). Por exemplo: numa fábrica há os acionistas e os trabalhadores. Os acionistas transferem riqueza para os trabalhadores por meio do salário, mas os trabalhadores transferem essa riqueza de volta por meio da compra de bens produzidos nas fábricas destes e de outros acionistas.

Ele tenta explicar a dinâmica da desigualdade entre países pobres e ricos. Em países ricos grandes empresas, estoque e propriedades estão operando com alta eficiência devido a uma eficiente infraestrutura (YUJI, 2005). Os produtos industrializados são vendidos aos países pobres que por sua vez vendem a matéria prima para os países ricos. Deste modo, na visão de Yuji deve sempre haver uma classe rica e uma pobre para que o capitalismo funcione. Para ele, a igualdade salarial destruiria o sistema (YUJI, 2005).

3.3 Gás ideal como um mercado

Este modelo de desigualdade é inspirado no modelo de gases ideais da física, é importante antes fazermos uma breve revisão. O gás ideal é um gás teórico que possui muitas semelhanças com a maioria dos gases existentes, desde que observada certas condições, como temperatura e densidade (DECHOUM, 2003). As moléculas devem ser mover de modo desordenado, não exercem ação umas sobre as outras a não ser quando colidem, a colisão é perfeitamente elástica entre as moléculas e entre a parede do recipiente, a pressão deve ser baixa e deve ser alta a quantidade de calor (DECHOUM, 2003).

Os autores do artigo "Gás ideal como um mercado: Efeito da poupança" entendem que cada molécula do gás corresponderia a um agente. Sendo assim, o número de agentes é fixo no sistema da mesma forma que o número de moléculas é fixo no gás ideal. As colisões entre as moléculas no gás corresponderiam a trocas comerciais entre os agentes. No gás ideal as colisões são aleatórias, os autores do artigo acreditam que esse ponto não é problemático para a analogia, dizem eles que as trocas comerciais globais num sistema também são aleatórias, ou que pelo menos esse fator não interferiria nos resultados (CHATTERJEE; CHAKRABARTI, 2007).

Uma diferença marcante entre a inspiração na física e este modelo é: na física uma molécula não exerce ação mútua, a não ser colisões sendo que neste modelo de desigualdade, os agentes realizam trocas. As trocas são desiguais, seguem o fenômeno "ricos ficam mais ricos", ou seja, o rico sempre ou quase sempre leva vantagem na troca comercial. Deste modo, mesmo que as diferenças de riqueza entre os agentes fossem baixas, a tendência é que depois de muitas interações, o resultado é uma forte tendência à desigualdade. Segundo o autor, a distribuição de riqueza se estabiliza no formato de um Pareto. Alguns economistas que concordam com esse modelo, afirmam que a desigualdade é encontrada em diferentes sociedades, desde o Egito antigo até os Estados Unidos atual, e que aparentemente ela é uma lei universal. Na figura 11 podemos conferir o resultado do modelo descrito no artigo:

Figura 11 – Distribuição de Pareto gerada pelo modelo de gás ideal

Fonte – Extraído do artigo: *Ideal-Gas like markets: effect of savings*

3.4 Distribuição de riqueza em uma rede com correlações entre conexão e sucesso

Este modelo de desigualdade tem como base a preferência do consumidor como causa da desigualdade. Por exemplo, muitos consumidores optam por comprar em estabelecimentos que tenham as melhores referências de acordo com seus contatos e negligenciam outros que não possuem uma boa referência ou são desconhecidos. Às vezes ocorre também dos consumidores simplesmente não quererem arriscar outras opções (GUSMAN; LAGUNA; IGLESIAS, 2005).

De fato, a escolha dos consumidores raramente é aleatória, geralmente ele leva em consideração experiências anteriores e a fama do estabelecimento. No caso desta simulação, a fama não é uma variável do sistema, mas ela aparece de modo implícito, neste caso na quantidade de conexões que o agente possui. Quanto maior a quantidade de conexões maior é a fama do agente em questão. Explicando de outro modo: o sucesso dos agentes pode ser medido pelo grau de conectividade que ele possui, uma maior conectividade tende a gerar uma maior riqueza (GUSMAN; LAGUNA; IGLESIAS, 2005). Veremos isso com mais detalhes a seguir. A simulação segue estes passos:

Primeiro passo: (1) Em um primeiro momento, o sistema cria "n" agentes. (2) É atribuído a cada agente uma quantidade de riqueza, escolhida aleatoriamente que irá variar entre 0 e W_{max} . (3) É atribuído a cada agente uma constante de aversão ao risco valorada aleatoriamente no início da simulação. (4) São criadas as conexões (arestas) entre os agentes (nós), de modo aleatório. Evidentemente, esta relação pode ser representada por um grafo, sendo os agentes os nós e as conexões as arestas (GUSMAN; LAGUNA; IGLESIAS, 2005).

Simulação em si: (1) Durante a execução são escolhidos dois agentes (A e B). O agente (A) é escolhido aleatoriamente. É escolhido um agente (B) que seja adjacente ao agente (A) (GUSMAN; LAGUNA; IGLESIAS, 2005). (2) Os agentes realizam uma troca, o resultado desta troca é o aumento da riqueza de um agente em detrimento ao outro. O agente perdedor também transfere parte de suas conexões ao agente vencedor. O valor da riqueza que é somada para o agente vencedor nunca é superior ao grau de aversão de risco do próprio agente.

Conforme o esperado, o resultado desta simulação é o aumento da desigualdade até se estabilizar na forma de uma distribuição de Pareto (figura 13) (GUSMAN; LAGUNA; IGLESIAS, 2005). Na figura 12 podemos verificar o resultado da simulação do ponto de vista do número de agentes contra o número de conexões. Na figura 14 podemos verificar o resultado da simulação do ponto de vista da riqueza contra a aversão ao risco.

Figura 12 – Agentes e número de conexões

Figura 13 – Agentes e riqueza

Fonte – Extraído do artigo: *Wealth Distribution in a Network with Correlations Between Links and Success*

Figura 14 – Riqueza e aversão ao risco

Fonte – Extraído do artigo: *Wealth Distribution in a Network with Correlations Between Links and Success*

3.5 Os ricos são diferentes

Neste breve artigo o autor argumenta que os ricos possuem maiores vantagens em qualquer transação comercial pelo fato de terem mais recursos. Note que os dois últimos artigos analisados essencialmente defendem este ponto. Após isto, ele mostra a diferença entre a desigualdade de renda e a de riqueza, sendo que esta última se refere ao patrimônio líquido. Conforme foi demonstrado em capítulos anteriores, a desigualdade de riqueza é maior do que a desigualdade de renda. Segue abaixo os passos do modelo criado neste artigo (SINHA, 2005): Primeiro passo: (1) Num primeiro momento são criados "n" agentes. (2) É atribuído a cada agente uma riqueza aleatória entre 0 e 1 (SINHA, 2005).

Simulação em si: (1) Durante a execução são escolhidos dois agentes aleatoriamente. (2) Os agentes simulam um comercio, seguindo uma função "ricos ficam mais ricos". Não é criada nova riqueza na iteração, nesta simulação o comércio é um jogo de soma zero, ou seja, o que um agente ganha é o que o outro agente perderá (SINHA, 2005).

O ponto alto do artigo é a função de probabilidade condicional que ele elabora. Na figura 15 podemos verificar o resultado da simulação.

Figura 15 – Distribuição de Pareto do artigo “Ricos são diferentes”

Fonte – Extraído do artigo: *The rich are different!*

3.6 Modelo de rede familiar

Esta seção versa sobre o artigo "A family-network model for wealth distribution in societies" (Um modelo de rede familiar para a distribuição da riqueza nas sociedades), o modelo descrito neste artigo é fundamental para esta dissertação, pois o algoritmo descrito neste artigo foi implementado e alterado para os fins e propósitos desta dissertação. Por essa razão, este artigo será abordado de maneira mais detalhada do que os anteriores.

3.6.1 Objetivo

O objetivo do artigo é modelar uma rede de relações familiares de primeiro grau, capaz de simular a desigualdade causada pela herança (COELHO et al., 2005).

3.6.2 Considerações iniciais

Na primeira parte do artigo é dado um panorama do aumento do número de estudos de redes complexas nos últimos anos. O argumento é que as redes complexas, em particular, são de suma importância para o interesse econômico. O autor lembra que os modelos computacionais que pretendem simular eventos econômicos, especialmente a desigualdade, são compostos essencialmente por um grupo de agentes que trocam dinheiro seguindo regras pré-definidas (COELHO et al., 2005). O objetivo é que a simulação chegue a um estado estacionário no qual possam ser apurados os resultados, neste caso específico, busca-se a distribuição de riqueza de acordo com a função $P > (w)$.

A proposta de uma rede com estas características e para este propósito não é inédita, Angle, conforme foi mencionado no capítulo 6.1, foi o pioneiro, Bouchauede e Mezard também contribuíram de forma significativa. Essencialmente, estas redes propuseram separadamente um modelo muito geral de distribuição de riqueza. Estes modelos são baseados em um cenário no qual há interações em todos os agentes e a existência de flutuações multiplicativas agindo sobre a riqueza de cada agente. Os resultados sobre as distribuições de riqueza se ajustam ao fenômeno $P > (e)$ (COELHO et al., 2005).

Uma das principais características destas redes é a correlação positiva existente entre os graus do nó (COELHO et al., 2005). Dito de outro modo, indivíduos conectados geralmente tendem a se conectar com outros indivíduos. Este modelo introduz um

acoplamento entre a dinâmica da estrutura da rede e a evolução da distribuição da riqueza. Cada valor dos parâmetros externos assim determina não apenas a distribuição final da riqueza, mas também a estrutura da rede subjacente às trocas (COELHO et al., 2005).

3.6.3 Explicações sobre o modelo

O modelo deste artigo nada mais é do que um grafo. As famílias são representadas pelos nós da rede complexa e os vértices dessa rede são as relações familiares de primeiro grau (COELHO et al., 2005). No caso deste modelo, a estrutura da rede não é introduzida no início da simulação, ela se forma de acordo com as interações, por meio de regras simples. Essencialmente dois fenômenos são codificados: morte e reprodução. Significa que eventualmente um nó será retirado do grafo, simbolizando a morte, consequentemente as arestas que são ligadas a ele serão excluídas, simbolizando a perda do relacionamento familiar. A reprodução é representada pela inserção de um novo nó. A relação entre as famílias dos pais e a família do filho é representada pela inserção de arestas (COELHO et al., 2005)..

Além de seus vértices, cada nó é caracterizado pela sua "idade" $A(i)$ E riqueza $w(i)$. A idade de um nó é proporcional ao tempo de simulação - passos decorridos desde o seu nascimento ($A(i) = t - tb(i)$, onde $tb(i)$ denota o passo do tempo quando o nó i nasceu), e a riqueza é um número real positivo que vai mudar no tempo (COELHO et al., 2005).. O modelo considera tanto o total da riqueza do sistema, W_t ; E o número de famílias (nós), N , conservado. A estrutura da rede não é fixa. Inicialmente, os nós são arranjados em uma hierarquia (conforme esboçado na Figura 16) onde a idade do nó i é simplesmente $N + 1 - i$: Desta forma, o nó 1 será o mais antigo e o nó N o mais novo (COELHO et al., 2005). As estatísticas finais de distribuição de riqueza e a topologia de rede são bastante independentes sobre a topologia da rede escolhida. Inicialmente, também atribuímos riqueza aleatória a cada nó entre 0 e 1. Desta forma, construímos a sociedade inicial com uma estrutura de rede simples (relações familiares) e distribuímos aleatoriamente a riqueza (COELHO et al., 2005). A evolução do tempo do sistema é escolhida para ser tão simples quanto possível, ao mesmo tempo em que captura os processos de forma realista (COELHO et al., 2005).

O modelo possui dois parâmetros principais, que regem a troca de riqueza na rede. Escolhendo seus valores de forma realista, leva a distribuições de riqueza de acordo com dados empíricos, ou seja, a formação de uma distribuição de Pareto cujo índice de Pareto seja igual ao mundo real (COELHO et al., 2005)..

Conforme mencionado anteriormente, esta rede familiar converge para uma topologia estatisticamente estável. Nesta rede familiar são estudadas muitas correlações interessantes, e os principais fatores que levam à diversificação da riqueza e à formação da lei de Pareto (COELHO et al., 2005).

3.6.4 Simulação

Após a criação da estrutura inicial, conforme a figura 17, para cada interação da simulação, a dinâmica é:

(1) O nó mais velho (j) é excluído do grafo, juntamente com as arestas que estão ligadas a ele. A riqueza dele é redistribuída uniformemente entre os seus filhos (nós que estão ligados a ele). Se o nó não for folha, o grafo acabará partido em duas partes (COELHO et al., 2005). É este o caso da figura 18.

(2) O nó j é introduzido na rede com a idade $A(j) = 0$. Ele então é ligado a dois nós selecionados aleatoriamente (deixe que estes sejam k e l) que tenham riqueza maior que o valor mínimo q (COELHO et al., 2005).. Se o sorteio aleatório escolher um nó de um grafo (A) e o nó de um outro grafo (B), então estes dois grafos (A e B) acabarão formando um único grafo, conforme a figura 19. A riqueza q é tirada da riqueza do k selecionado e L , e é redistribuído de forma aleatória e preferencial na sociedade (COELHO et al., 2005).

A redistribuição preferencial é realizada dividindo a riqueza $2q$ em " s " partes e escolhido os nós que se beneficiarão destas partes com uma probabilidade proporcional à sua riqueza real (COELHO et al., 2005). Esta redistribuição preferencial é de acordo com o efeito rico-fica-mais-rico (Rich-get-richer). Após a redistribuição da quantidade $2q$, uma p parte ($p \leq 1$) da riqueza remanescente dos nós k e l é dada como riqueza inicial para o nó j . Depois desses processos de redistribuição da riqueza, a riqueza dos nós k e l será assim distribuída $w'(k) = [w(k) - q](1-p)$ e $w'(l) = [w(l) - q](1-p)$. O nó j irá começar com $w(j) = p[w(k) + w(l) - 2q]$ de riqueza.

(3) A idade de todos os nós é aumentada em uma unidade. A figura 16 ilustra todo o processo.

Figura 16 – Diagrama do funcionamento do simulador

Fonte: Rafael Franco Martins, 2016

Figura 17 – Grafo gerado pelo simulador – passo 1

Fonte: Rafael Franco Martins, 2016

Figura 18 – Grafo gerado pelo simulador – passo 2

Fonte: Rafael Franco Martins, 2016

Figura 19 – Grafo gerado pelo simulador – passo 3

Fonte: Rafael Franco Martins, 2016

3.6.5 Fenômeno socioeconômico

Evidentemente cada passo descrito acima busca simular um evento do Mundo real, nesta seção será explanado com mais detalhes quais eventos foram simulados, segundo o autor.

No Passo 1 ocorreu a exclusão de um nó, deste modo busca-se simular a morte de uma família. A riqueza desta família é redistribuída entre seus parentes de primeiro grau (filhos) numa divisão igualitária (COELHO et al., 2005).

No passo 2, no qual um novo nó é introduzido, foi modelado a formação de uma nova família. Para gerar uma nova família duas outras famílias são necessárias, estas duas famílias

dividem o ônus de criar uma criança. Uma criança, neste modelo, exige uma quantidade mínima de (a) riqueza (q). Este custo sai da riqueza das duas famílias e é pago à sociedade (por comida, roupas, serviços) (COELHO et al., 2005).

Os membros da sociedade se beneficiarão desigualmente dela. Famílias com mais negócios, portanto mais riqueza, irão naturalmente se beneficiar mais. Neste modelo finalmente, quando uma nova família nasce, ela estará ligada por relações de primeiro grau a duas famílias existentes e recebe uma parte (p) da riqueza dos pais como dinheiro inicial, que pode ser traduzido como o investimento que foi feito em favor dela (COELHO et al., 2005). A escala de tempo da simulação é governada pelo tempo necessário para mudar todos os nós, que chamamos de um passo de Monte Carlo (MCS). Fixando N e W_t ; E estudamos o limite termodinâmico $N \rightarrow \infty$; 1; O modelo torna-se essencialmente um modelo de dois parâmetros (q e p), que é adequado para simulações computacionais.

O ponto forte deste modelo é a simplicidade traduzida numa quantidade pequena de parâmetros, a dinâmica escolhida incorpora os principais fatores socioeconômicos que influenciam a redistribuição da riqueza entre as famílias. Com o passar do tempo, as famílias que se tornarem ricas serão capazes de gerar filhos (COELHO et al., 2005). Porém, ter filhos é oneroso. Nós muito pobres provavelmente não alcançarão o limite q e não serão capazes de criar novas famílias, tornando-se nós isolados (COELHO et al., 2005). Não há determinismo, no entanto, uma vez que a redistribuição no passo 2 é realizada de forma aleatória, e a seleção dos dois nós aos quais os novos laços familiares também são aleatórios (COELHO et al., 2005).

Em princípio, existe a possibilidade ainda que remota, de que os nós que começam com baixa riqueza se tornem ricos (COELHO et al., 2005). A maneira real como a redistribuição preferencial na etapa 2 é implementada é dividindo o valor $2q$ em muitas (várias centenas de vezes) partes iguais, e cada parte é atribuída de forma aleatória ao eleito, com riqueza proporcional à riqueza do nó (COELHO et al., 2005). Para fazer isso, a redistribuição terá que ser tendenciosa, o uso de um algoritmo Monte Carlo de tipo BKL [27] é muito útil. Outra possibilidade, conduzindo aos mesmos resultados, para fazer esta redistribuição é selecionar nós (s) com a mesma probabilidade, independente da sua riqueza e, em seguida, dividir a quantidade $2q$ entre os nós selecionados proporcionalmente à sua riqueza real (COELHO et al., 2005). Também é importante notar que ao realizar o Passo 1, pode-se chegar a uma situação em que o nó selecionado não tem ligações (uma família morre sem filhos). Neste caso a riqueza do nó será distribuída para toda a sociedade usando a mesma regra preferencial (COELHO et al., 2005).

Este modelo é uma descrição aproximada da realidade e deve ser visto apenas como uma primeira aproximação (COELHO et al., 2005). Nas sociedades reais, o número de famílias e a quantidade total de riqueza não são fixos (COELHO et al., 2005). Muitos outros aspectos sociais são interessantes, o valor real de q e p varia entre as famílias, as famílias não morrem somente pela idade e muitos fatores culturais e religiosos podem influenciar a dinâmica da rede social subjacente (COELHO et al., 2005). Apesar de todos os fatores negligenciados, este modelo simples é capaz de reproduzir as distribuições de riqueza (COELHO et al., 2005).

Ele gera razoáveis redes de relações familiares de primeiro grau. A principal vantagem deste modelo é que a estrutura de rede na qual a troca de riqueza é realizada não é a priori colocada no sistema (COELHO et al., 2005). A rede forma e converge para uma topologia estável conforme o tempo passa, juntamente com a distribuição da riqueza no sistema gerando uma distribuição de Pareto (COELHO et al., 2005).

3.6.6 Resultados do modelo

Na figura 20 é mostrado o resultado obtido após executar o modelo durante 10 Monte Carlo, para 10.000 famílias com os parâmetros: riqueza mínima (q) igual a 0,7 e percentual da herança recebida pelos filhos (p) igual a 0,3.

Figura 20 – Gráfico gerado pelo simulador

Fonte: Rafael Franco Martins, 2016

3.7 Limitações dos Modelos

Os modelos apresentados no capítulo anterior possuem limitações e não estão preparados para algumas situações. Nos próximos itens mostraremos algumas delas.

3.7.1 Situação de guerra

Numa situação de guerra, segundo Piketty, é provável que ocorra uma perda patrimonial considerável para as camadas ricas da população, considerando que são elas que detêm os meios de produção e em alguns casos controlam ou são donas de parte da infraestrutura do país. Ademais, é importante lembrar que numa guerra de grandes proporções é comum que o governo aumente os impostos e promova confiscos, eventos que

inevitavelmente atingem os ricos. É claro que os pobres também sofrem, são eles que majoritariamente são convocados para as frentes dos combates, sofrem com a alta da inflação, menor poder de compra e menor atividade econômica (PIKETTY, 2013).

Neste contexto há uma forte tendência para a queda da desigualdade, por causa das baixas dos soldados que normalmente são pobres e também da destruição da infraestrutura do país, evento que atinge principalmente os ricos (PIKETTY, 2013). Essa é a explicação dada para uma grande queda da desigualdade na Europa a partir de 1914 (início da I Guerra Mundial) que se estende até 1945 (fim da II Guerra Mundial) (PIKETTY, 2013).

O modelo de rede familiar não está preparado para simular a desigualdade adequadamente neste tipo de situação, pois ele não dispõe de mecanismos para considerar os fatores da guerra: como destruição da riqueza atingindo principalmente os ricos, queda econômica e mudanças bruscas na pirâmide etária.

3.7.2 Mudanças na natalidade

Uma queda nas taxas de natalidade possui um forte impacto na dinâmica da desigualdade social, pois um dos meios dos quais um indivíduo pode enriquecer é por meio da herança. No caso do falecimento de um rico com um número pequeno de filhos ocorrerá que a herança também será dividida em um número pequeno, então neste caso a herança se torna muito mais significativa comparada a uma situação na qual há 10 filhos para dividir o montemor (PIKETTY, 2013). Caso o indivíduo rico não tenha filhos, então essa herança irá para seus pais e na ausência deles para seus irmãos.

3.7.3 Classe média

Fazem parte da classe média uma parcela considerável da população em muitos países ao redor do Mundo, inclusive no Brasil (NERI et al, 2008). Porém, ela não encontra representação em alguns dos modelos apresentados no capítulo anterior. Por exemplo, no modelo do Ciclo de Carnot ela não faz parte do ciclo econômico, ele somente se preocupa com as classes altas e baixas. Para o modelo da “teoria do excedente” a classe média não encontra lugar, a descrição do modelo apresenta somente uma classe proprietária dos meios de produção, em contraste com outra classe, a dos proletários que é expropriada pelos ricos do

excedente de produção. Pode-se observar que esse modelo em particular foi construído com base nas teorias marxistas (MARX; ENGELS, 1988).

4 Sistemas Complexos

As leis básicas da física são capazes de descrever de forma simples uma ampla gama de fenômenos no Mundo (LADYMAN; LAMBERT, 2013). Isaac Newton, em sua obra “*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*”, descreve a lei da gravitação universal e as três leis de Newton, provando que elas são aplicáveis aqui na Terra e em outros Mundos. A descrição matemática de Newton é clara, concisa, expressa em termos simples e suficiente para explicar o que ele pretendia.

Entretanto, essa abordagem não funciona para sistemas complexos, nele a soma das partes nem sempre é igual ao todo (HEYLIGHEN, 2008). Outro problema é a imprevisibilidade e comportamentos incontrolláveis que tornam impossível a descrição do sistema em uma ou duas equações diferenciais. Como diz “Francis Heylighen” em “Complexity and Self-organization” sobre a maneira de lidar com esse tipo de sistema: “O melhor que podemos fazer é achar certas regularidades estatísticas e características quantitativas, ou entender seus comportamentos por meio de metáforas, modelos, e simulações computacionais”.

Por outro lado, para Heylighen há qualidades positivas neste tipo de sistema: “Estes sistemas possuem um número surpreendente de características positivas tais como: flexibilidade, autonomia, e robustez que não estão presentes nos mecanismos dos sistemas tradicionais”.

Para Goldenfeld, A ideia de complexidade é uma parte de uma nova infraestrutura unificadora para a ciência e uma revolução em nosso entendimento (GOLDENFELD; KADANOFF, 1999).

Uma boa síntese dessa discussão foi feita pela revista Science que afirmou: “A Complexidade começa quando a causalidade termina” (GOLDENFELD; KADANOFF, 1999).

Nas próximas seções serão descritos atributos de sistemas Complexos:

4.1 Não linearidade

Não linearidade é muitas vezes considerada a essência da complexidade (LADYMAN; LAMBERT, 2013).

Uma maneira simples de tentar inferir se há ou não linearidade é olhar para as saídas e verificar se ela é diretamente proporcional a entrada.

4.2 Realimentação

Realimentação (feedback) é uma condição necessária para caracterizar sistemas complexos dinâmicos (LADYMAN; LAMBERT, 2013).

Entretanto, embora seja uma condição necessária ela não é condição suficiente para caracterizar complexidade. Isso ocorre somente quando os indivíduos deste sistema estão presentes em elevado número e geram consigo uma ordem mais elevada (LADYMAN; LAMBERT, 2013).

Podemos notar esses comportamentos nas colmeias, cardumes e formigueiros. Note que o indivíduo não faz ideia do que está fazendo, mas no caso das formigas, consegue construir pontes, fazendas e informar outras formigas sobre o local do alimento (LADYMAN; LAMBERT, 2013). A Figura 21 ilustra de maneira genérica a realimentação de um sistema.

Figura 21 – Realimentação

Fonte: <http://eron-tads.blogspot.com.br/p/sistema-de-informacao.html>

4.3 Ordem Espontânea

A ordem espontânea somente surge quando há um número muito grande de indivíduos, cujas interações não ordenadas e desprovidas de um controle central acabam por si gerando uma ordem espontânea. É importante frisar que esse sistema não é aleatório tampouco completamente ordenado. A ordem espontânea é necessária para caracterizar um sistema complexo.

A Figura 22 ilustra a revoada de pássaros, no qual a ordem é essencial. Por meio desta formação os pássaros conseguem fazer um bom uso das leis da física, principalmente da aerodinâmica e com isso economizam energia. Os pássaros que estão à frente enfrentam uma maior resistência do ar, os detrás aproveitam o “vácuo”. Após um tempo, os pássaros trocam de posição na formação.

Figura 22 – Revoada de Pássaros

Fonte: <http://pt.depositphotos.com/33996345/stock-photo-flock-of-birds.html>

4.4 Robustez e ausência de controle central

Um sistema complexo é robusto, pois não há um controle central, a ordem está distribuída entre seus muitos indivíduos. Isso garante uma baixa vulnerabilidade a falhas e mau funcionamento, pois não há componentes essenciais na estrutura (LADYMAN; LAMBERT, 2013).

Na Figura 22 conseguimos notar este aspecto, pois não há nenhuma estrutura ou indivíduo controlador para coordenar a formação.

4.5 Emergência

A emergência ocorre quando o fenômeno observado não é simplesmente a soma do comportamento de cada indivíduo, o todo é maior que a soma das partes. Ou seja, os indivíduos não possuem em si mesmos esta propriedade. Somente o conjunto de indivíduos é capaz de exibir esta propriedade. No comportamento emergente as ações ocorrem sem líderes e de baixo para cima (bottom-up) e não de cima para baixo (top-down) (WILENSKY; RESNICK, 1999).

Um exemplo é a consciência. Os neurônios por si mesmo não possuem consciência, mas o conjunto deles, por meio de suas inúmeras interações produzem esse efeito. Outro exemplo interessante é o trânsito, o excesso de veículos gera os congestionamentos que é um fenômeno que emerge deste modelo. Enquanto os veículos movem-se para frente, o congestionamento move para trás. (WILENSKY; RESNICK, 1999)

Francis Heylighen propôs uma classificação para emergência com base nas seguintes variáveis: número de variedades no sistema criado, número de influências externas, tipo de restrição (absoluta ou contingente) e número de níveis (HEYLIGHEN, 2008) (FROMM, 2005). Abaixo segue uma tabela contendo as classificações e características dos tipos diferentes de emergência encontradas na natureza: (FROMM, 2005)

Tabela 1 – Diferentes Tipos de Emergências

Tipo	Nome	Frequência	Regras	Sistema
I	Nominal	Abundante	Fixa	Fechado
II	Fraca	Frequente	Flexível	Aberto
III	Múltipla	Não usual	Flutuante	Aberto, com múltiplos níveis
IV	Forte	Rara	Novo mundo de Regras	Novo ou com abundância de sistemas

4.5.1 Emergência nominal

Aparece em sistemas fracamente acoplados, desorganizados e com elementos iguais. Um elemento não depende do comportamento do outro, isso implica que cada elemento sempre tem o mesmo comportamento (FROMM, 2005).

4.5.2 Emergência fraca

A emergência fraca possui mecanismos de realimentação (feedback), partindo do nível macroscópico para o microscópico (FROMM, 2005). Há duas formas básicas de interação: a interação direta e a interação indireta. A figura 23 mostra a interação direta, a característica desse tipo de interação é não depender do meio ambiente para acontecer. A figura 24 mostra uma interação indireta, ela depende do meio ambiente e por conta disso se torna mais vulnerável.

Figura 23 – Interação Direta

Fonte: Types and forms of emergence

Figura 24 – Interação Indireta

Fonte: Types and forms of emergence

Os exemplos deste tipo de emergência são: a forragem feita pelas formigas, o fluído emergente da propriedade das moléculas e a formação de preços no mercado (FROMM, 2005).

4.5.3 Emergência múltipla

A emergência múltipla possui múltiplos níveis e é aberta em relação ao meio ambiente. Alan Turing, o pai da computação, desvendou em 1952 o mecanismo que gera as listras nas zebras (FROMM, 2005). Esses animais pertencem a família do cavalo, mas em seus genes possuem um mecanismo que gera uma listra negra que depois é inibido fazendo com que a outra parte do corpo fique branca. A figura 25 mostra as listras da zebra. É interessante que cada zebra possui um desenho único em seu corpo.

Figura 25 – Pele da Zebra

Fonte: Types and forms of emergence

4.5.4 Emergência forte

A emergência forte possui elevados níveis de organização e complexidade. Suas propriedades que não podem ser reduzidas ou decompostas (FROMM, 2005). A vida é uma propriedade emergente forte dos genes, a cultura é uma propriedade forte da linguagem e escrita, a consciência é uma propriedade forte das interações entre os neurônios.

4.6 Organização hierárquica

Em sistemas complexos o comum é haver muitos níveis de organização que podem formar hierarquias de sistema e subsistema. O número de hierarquias irá depender da complexidade do sistema. Conforme mostramos na seção acima, o número de hierarquias está intimamente ligado com o tipo de emergência que será gerado.

4.7 Numerosidade

Um sistema é complexo somente se há a participação de muitos indivíduos e uma rica interação entre eles. Normalmente há a presença de diversos níveis de hierarquia entre eles. Um exemplo de numerosidade é o cérebro humano que possui por volta de 86 bilhões de neurônios (HERCULANO-HOUZEL, 2016). Se um neurônio for removido desta estrutura,

provavelmente não haverá danos perceptíveis, somente uma lesão que afete muitos indivíduos provocará um dano significativo.

4.8 Relação entre o Modelo e Sistemas Complexos

O modelo baseado no artigo "A family-network model for wealth distribution in societies" apresenta vários atributos de sistemas complexos. Um bom indício disso é o problema que ele pretende tratar, a saber, a desigualdade econômica presente na sociedade atual. Ora, quando se quer tratar algum problema relacionado à sociedade, normalmente ele é complexo. Por exemplo, os congestionamentos presentes nas vias das grandes cidades. Outro exemplo, a questão dos protestos contra governantes.

Os problemas relacionados à economia, também normalmente são complexos. Por exemplo: a formação de preços no mercado. Durante a leitura do artigo e a execução das simulações ficaram claro os diferentes aspectos da complexidade, nas seções a seguir elencamos cada aspecto.

4.8.1 Não linearidade

Com um escrutínio nos códigos apresentados no artigo e mecanismos, fica muito claro que o problema tratado é não-linear. Inclusive o artigo faz uso de agentes já que não é possível uma descrição matemática. Outro ponto, com o uso de agentes é possível simular interações complexas de mecanismos como o "ricos ficam mais ricos" (rich-get-richer) usado no artigo (COELHO et al., 2005).

4.8.2 Realimentação

O modelo apresenta mecanismos de realimentação (feedback). Quando o nó-pai tem um gasto com o próprio filho, esse valor é dividido entre alguns agentes. Quando esses mesmos agentes que foram beneficiados gastam com os seus filhos então o nó pai anterior poderá ser beneficiado. De modo semelhante, quando um nó, passado determinado tempo é eliminado do grafo com o intuito de simular a morte, em seguida é feita a redistribuição de riqueza entre os seus filhos (COELHO et al., 2005).

4.8.3 Ordem espontânea

Ao executar milhares de vezes a simulação é possível notar a formação de grupos e esses grupos tendem a se fundir com outros quando se tornam pequenos. Quando eles se tornam grandes demais, eles tendem a começar a se fragmentar.

4.8.4 Robustez e ausência de controle central

O artigo descreve um sistema sem controle central. Os agentes interagem entre si e não há nenhum agente ou peça fundamental no modelo. Evidentemente, isso torna o modelo robusto, pois a morte de um agente não gera impactos significativos no modelo. A prova disto é que no modelo não existe nenhum agente que perdure do começo ao fim da execução. Os agentes são eliminados ao longo do tempo e transmitem uma herança monetária para os filhos (COELHO et al., 2005).

4.8.5 Emergência

O fenômeno da desigualdade é emergente. No caso, deste artigo esta emergência é gerada pelas regras simples que a sociedade possui em relação à herança e os cuidados com os filhos. Normalmente os pais colocam os filhos como únicos herdeiros de tudo que eles possuem e é comum que eles se encarreguem sozinhos dos gastos com educação, moradia, alimentação e saúde. Neste caso, fica claro que os filhos de pais pobres tendem a ser pobres também, enquanto os filhos de pais ricos tendem a ter uma vida mais confortável (COELHO et al., 2005).

Os gastos com os filhos tendem a ser redistribuídos como lucro entre os indivíduos da sociedade. O problema é que normalmente são os ricos os proprietários do comércio e da indústria (COELHO et al., 2005).

O fenômeno da emergência fica claro quando tentamos plotar os dados em um gráfico. Na primeira rodada a desigualdade não está clara, mas quanto mais executamos a simulação mais próxima de uma distribuição de Pareto se tornam os dados.

4.8.6 Organização hierárquica

Há uma organização hierárquica no modelo. Note que existem indivíduos (representado por nós) pai-filho. Sendo que o pai é o que gasta com os filhos sem que receba nada em troca. Os filhos também são beneficiados com a morte do nó-pai já que a herança será distribuída entre eles (COELHO et al., 2005).

4.8.7 Numerosidade

O pressuposto para que este modelo funcione bem é a numerosidade. Pois, sem um número grande de indivíduos não é possível chegar a nenhuma conclusão. Somente foi possível verificar a ordem espontânea, por conta da presença de muitos indivíduos (nós). O mesmo pode dizer em relação à presença da emergência. Imagine que este modelo fosse povoado somente por um agente. Evidentemente que neste caso não haveria nenhum tipo de desigualdade.

5 Proposta

5.1 Problema

Conforme mencionado no capítulo 1 deste trabalho, para Piketty, a queda no número de filhos dos casais ricos é um fator determinante para o aumento da desigualdade (PIKETTY, 2013). A solução que ele dá para este problema é aumentar os impostos sobre a herança. A proposta é verificar se de fato um imposto sobre a herança é capaz de sanar este problema e verificar se a alíquota precisa ser tão alta quanto os 80% defendidos por Piketty (PIKETTY, 2013).

5.2 Alterações no modelo original

São duas as alterações que o modelo sofreu, a saber, a introdução de uma alíquota de imposto incidente sobre a herança e a diminuição do número de nascimento de filhos por parte das famílias ricas. Sendo que este último item foi implementado de duas maneiras diferentes. Na seção 9.2.3 e 9.2.4 será mostrado como essas duas implementações diferentes funcionam e na seção 10.3 será mostrada qual implementação foi escolhida.

5.2.1 Alíquota de imposto

Na simulação a alíquota de imposto sobre a herança incidirá sobre o monte-mor⁸ em favor da sociedade, na ocasião em que ocorrer a morte de uma família. Lembrando que esse evento é representado no grafo por meio da retirada de um nó. Deste modo, os valores do imposto serão repartidos de modo igualitário para as famílias, independente da riqueza das mesmas. Essa alíquota é um novo parâmetro no sistema que será chamado de “T”. Se o valor for igual a 0, significa que essa alteração não surtirá efeito e o cenário será o mesmo do modelo original. Os valores restantes, ou seja os valores da herança subtraído do valor dos impostos, continuarão sendo divididos de modo igualitário em favor das famílias descendentes da família morta. Caso a família que faleceu não tenha descendentes então os

⁸ Expressão que significa o valor bruto total de uma herança

valores favorecerão a sociedade. Cada família da sociedade, ou como preferir, cada nó do grafo, irá receber um mesmo valor. Essa estrutura está descrita na figura 26.

Figura 26 – Simulação com aplicação de impostos

Fonte: Rafael Franco Martins

5.2.2 Dois modos

As premissas da simulação original são: riqueza global constante e número de famílias também constante. O objetivo era preservar essas premissas, mas alterando o modelo para que as famílias ricas tivessem uma taxa de natalidade menor. Existem dois modos de fazer isso: alterando o modelo para que os pobres também possam se reproduzir, deste modo, dividindo este encargo com os ricos. Outro modo, fazendo com que as famílias ricas vivam mais, ou seja fazendo com que ocorra uma diminuição dos nascimentos e uma diminuição da mortalidade das famílias, ou seja, o número de famílias se mantém, mas o número de nascimentos decresce. Esses dois modos são legítimos e correspondem a fenômenos sociológicos presentes no mundo real, conforme será explicitado nas seções seguintes.

Durante a simulação e a comparação com os dados reais escolheremos somente um destes dois.

5.2.3 Famílias ricas

No modelo original somente as famílias ricas podem possuir filhos, para as famílias pobres isso é vetado, de tal modo que as famílias pobres muitas vezes eram identificadas ao longo da execução do sistema por nós isolados no grafo. A alteração consistiu em permitir que todas as famílias possam ter filhos. A equação do modelo original que representa a riqueza de um pai ao gerar um filho é: $m = (m - q) * (1 - p)$.

Onde o coeficiente “m” é a riqueza da família-pai, “q” é a riqueza mínima, por padrão é 0,7 e “p” é um parâmetro do sistema que define quanto a família-filho herdará dos pais em porcentagem. Evidentemente essa equação é usada duas vezes para um nascimento, uma para cada família, pois neste modelo são necessárias duas famílias para gerar uma nova. Para mais detalhes, favor rever o capítulo 5.6. A seguir a riqueza que o modelo original definiu para o filho num primeiro momento: $s = ((m1 + m2) - 2q) * p$.

Onde m1 é a riqueza de uma família-pai e evidentemente m2 é a riqueza da outra família-pai. Os parâmetros “q” e “p” são os mesmos da equação anterior. Para o novo modelo nada mudará se as duas famílias sorteadas forem ricas, todavia se uma das duas famílias forem pobres a nova equação da família-pai será: $m = (m - (m \div 2)) * (1 - p)$.

A equação da família que nasceu, representada pela adição de um novo nó no grafo é, caso a família-pai mais pobre seja a m1. Caso contrário à equação será: (1) $s = ((m1 + m2) - 2 * m1) * p$ e (2) $s = ((m1 + m2) - 2 * m2) * p$.

Ao fazer com que as famílias pobres possam ter filhos, automaticamente o número de filhos das famílias ricas diminuiu, pois o modelo continua simulando somente uma morte e um nascimento a cada iteração. De modo, que ter filhos é oneroso na simulação então as famílias ricas de viram beneficiadas economicamente deste modo ocorre um aumento grande da desigualdade social. O intuito era este mesmo dado que se durante a simulação fosse determinado o nascimento de um filho de uma família pobre e um filho de uma família rica, seguida de duas mortes, não haveria mudanças nos resultados gerados pelo modelo original. O intuito era somente fazer com que os ricos tivessem menos filhos, mantendo as regras basilares do modelo original no qual o número de famílias é constante.

5.2.4 Família egoísta

A alteração consistiu em diminuir o número de nascimento de filhos dos ricos e aumentar a expectativa de vida das famílias. A ideia é tentar simular o cenário proposto por Piketty, no qual a diminuição do número de filhos promove um grande impacto na dinâmica da desigualdade, pois num evento de morte, a herança será dividida por um número menor de indivíduos.

Para simular este cenário foi realizada uma alteração no fluxo da simulação. No modelo original todo passo de Monte Carlo, ou seja a cada iteração, ocorria a morte de uma família e o nascimento de outra. Com esta alteração, em determinadas iterações não haverá a morte e também não haverá o nascimento de uma nova família, ao invés disso uma família, independente da riqueza, é sorteada no sistema e gasta seus recursos consigo mesma. A quantidade de recursos que a família gastará com ela mesma é um novo parâmetro no sistema denominado “E”. De certa forma, foi adicionado a característica do egoísmo neste sistema, pois no modelo original as famílias somente gastavam recursos com os filhos, agora no novo modelo, com a diminuição do número de filhos, elas passam a gastar parte dos recursos consigo mesmas e algumas famílias ricas acabam por não ter filhos. O evento sociológico que se pretende simular aqui é da família que opta por não ter filhos para que possa manter um padrão de vida mais alto. Esta estrutura está descrita na figura 27.

Figura 27 – Simulação com impostos e comportamento egoísta

Fonte: Rafael Franco Martins

6 Resultados

6.1 Considerações

Nas próximas seções serão exibidos diversos gráficos, um deles é a função distribuição acumulada complementar, o objetivo deste gráfico é descrever de modo completo a distribuição de uma variável aleatória X (CORREA, 2003). Lembrando que numa distribuição de Pareto existe o parâmetro α , neste tipo de distribuição é ele quem dá a forma da figura, este parâmetro é tão importante que por isso também é conhecido como parâmetro de Pareto (ATKINSON; PIKETTY; SAEZ, 2011). O significado na estatística de um parâmetro α elevado é uma convergência mais rápida da densidade em direção à zero (ATKINSON; PIKETTY; SAEZ, 2011).

Segue a fórmula para obter a função distribuição acumulada. Será possível notar a importância do parâmetro α nela: $FDA = 1 - (Xm \div X)^\alpha$.

É o parâmetro α quem dá o formato da figura, especialmente da calda na distribuição de Pareto. (ATKINSON; PIKETTY; SAEZ, 2011).

Outro parâmetro importante é o β , muitas vezes ele é usado no lugar do α , principalmente pelos economistas (ATKINSON; PIKETTY; SAEZ, 2011). Por meio dele será possível comparar as diferentes simulações executadas, pois neste contexto é este parâmetro que mostra mais facilmente e de modo numérico se a desigualdade aumentou ou diminuiu entre uma simulação e outra (ATKINSON; PIKETTY; SAEZ, 2011). O parâmetro β é obtido por meio do parâmetro α , conforme a fórmula: $\beta = \alpha \div (\alpha - 1)$.

Convertendo α para β fica mais fácil observar o tamanho da desigualdade, pois quanto maior o β maior será a desigualdade.

6.1.1 Parâmetro

O parâmetro β será obtido nas simulações por meio da execução do programa seguida da geração dos resultados. Será utilizada uma técnica da estatística chamada “estimador”, especificamente a técnica do estimador de máxima verossimilhança (maximum-likelihood) para que possamos chegar num valor aproximado de α . Em seguida usaremos a fórmula de conversão para chegarmos no valor aproximado de β . Pois, por meio de um estimador é possível inferir o valor de um parâmetro desconhecido em um modelo estatístico (BUSSAB,

2010). Resumindo: usaremos os resultados do sistema para obter o parâmetro α , em seguida será utilizada a fórmula descrita na seção anterior para calcularmos o β .

6.2 Impostos

O objetivo desta seção é somente comparar os resultados do modelo original com os resultados de um modelo modificado, cuja única alteração foi à adição do parâmetro de um imposto sobre a herança, conforme descrito na seção 9.2.1. A comparação com os dados reais será realizada mais adiante.

Na figura 28 pode-se verificar o resultado de quatro simulações diferentes, os parâmetros utilizados foram $s=10$, $q=0,7$ e $p=0,3$. Note que são os mesmos valores utilizados no modelo original. A primeira execução, em azul, consistiu na aplicação de uma taxa de 0% sobre a herança, obtendo o $\beta = 2,1$, deste modo esta execução equivale ao modelo original. Na segunda simulação foi aplicada uma taxa de 0,33% sobre a herança, obtendo um $\beta = 1,7$, pode-se observar que a desigualdade teve uma queda considerável. Este efeito ocorre devido ao caráter cumulativo desta taxa, porque ela incide sobre cada geração. Neste caso, foram executados 10 Monte Carlos, significa que foram simuladas 10 gerações. Na linha vermelha pode-se verificar a aplicação de uma taxa elevada de 66%, a desigualdade cai ainda mais. Na linha azul claro o patamar da taxação é de 100%, trata-se de um confisco. Os valores obtidos de β podem ser verificados na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetro T

Parâmetro T	Resultado β
0,0	2,1
0,33	1,7
0,67	1,6
1,0	1,5

Fonte: Rafael Franco Martins

Figura 28 – Alíquota de impostos

Fonte: Rafael Franco Martins

No gráfico da figura 29, pode-se verificar que o número médio de vizinhos no início das simulações são próximos um do outro. Esta situação é esperada porque a estrutura no início da simulação é praticamente a mesma. Pode-se observar que a linha azul se distancia das outras conforme avança as iterações (eixo x). Isso ocorre devido à distribuição de renda que ocorre devido às taxações. Por meio das taxações e a consequente redistribuição de riqueza promovida, mais famílias se tornam aptas a reproduzir.

Figura 29 – Número de vizinhos, cenário com impostos

Fonte: Rafael Franco Martins

6.3 Família rica

Na seção 9.2.3 foi proposta uma alteração na qual as famílias pobres também geravam filhos, porém os resultados obtidos com a simulação foi $\beta=3,5$, este valor é muito alto, significa uma desigualdade extrema (ATKINSON; PIKETTY; SAEZ, 2011). Por isso, o modo que será utilizado para tentar simular o mundo real será o da “família egoísta”.

6.4 Família egoísta

O propósito desta seção é fazer comparar o modelo original, com a adição de um parâmetro “E”, descrito na seção 9.2.4. Posteriormente será feita uma comparação com dados reais, especificamente do Reino Unido.

Os parâmetros utilizados foram $s=10$, $q=0,7$ e $p=0,3$. No gráfico da figura 30 pode-se observar que quanto maior o valor que a família gasta consigo mesma, maior é a desigualdade. Na linha azul, é possível constatar a grande distância em relação à linha que mostra o azul escuro. Os valores de β obtidos foram:

Tabela 3 – Parâmetro E

Parâmetro E	Resultado β
0,0	2,1
0,33	2,3
0,67	2,4
1,0	2,5

Fonte: Rafael Franco Martins

Figura 30 – Família egoísta

Fonte: Rafael Franco Martins

No gráfico da figura 31 é possível observar que todos os valores partem de pontos bastante próximos, porém a evolução é diferente em relação a simulação original, representada pela linha azul.

Figura 31 – Número de vizinhos, considerando o cenário de famílias egoístas

Fonte: Rafael Franco Martins

6.5 Síntese

As simulações da Figura 32 foram configuradas com o parâmetro $E=1$. O intuito aqui era promover a máxima desigualdade possível, concomitante com uma alíquota de imposto, cujos valores são mostrados na legenda e mensurar o resultado disto.

Figura 32 – Síntese

Fonte: Rafael Franco Martins

6.6 Dados reais considerando a herança

A comparação do modelo alterado com os dados reais será feita com base nos dados do Reino Unido, pois o modelo original descrito no artigo “A family-network model for wealth distribution in societies” se baseia nos dados deste país. O primeiro ponto a considerar é que o Reino Unido pratica atualmente uma alíquota de imposto sobre a herança de 40%. Existem alguns detalhes aqui, como por exemplo a isenção de imposto até determinado valor do monte-mor e também existe um desconto caso a pessoa doe uma parte desta herança para os mais necessitados. Com o intuito de facilitar a comparação, o modelo aplicará uma taxa de 40% sobre a herança de qualquer família sem considerar os fatores de isenção e desconto.

Note que se simplesmente adicionarmos uma tributação de 40% (como foi feito na seção 10.2) sobre o modelo original ocorrerá que os resultados gerados não representarão

mais o mundo real, pois a desigualdade será muito menor do que a existente. Foram feitas simulações e foi encontrado $\beta=1,7$ levando em consideração o imposto, ou seja muito distante dos valores do mundo real no qual encontramos $\beta=2,2$ (COELHO, 2005).

O primeiro ponto então foi reproduzir o modelo original e tentar fazer com que ele gerasse valores coerentes com o Mundo real considerando o imposto. Para isso modificamos os valores do parâmetro “s”, que está presente no modelo original, este parâmetro é o responsável por redistribuir a riqueza na rede segundo o efeito “rico fica mais rico”. Ao modificar colocando $s=2$ e colocando $t=0,40$ (tributação de 40%) conseguimos obter $\beta=2,2$. Deste modo conseguimos adicionar um novo parâmetro mantendo a aderência com o Mundo real. Porém, o objetivo desta dissertação é alcançar a desigualdade prevista por Piketty, em seguida tentar verificar se o imposto precisa ser tão alto quanto os 80% defendidos por ele. Isso será discutido nas seções a seguir.

6.7 Dados projetados

Piketty considera que se nada for feito a desigualdade até 2060 será semelhante à encontrada na Bela Época (PIKETTY, 2013), considerando os dados de 1910 para o Reino Unido, encontramos $\beta=2,5$. O objetivo passa a ser verificar qual valor do parâmetro “E” é capaz de reproduzir estes dados. Porém, na seção 10.4 já foi demonstrado que o valor de “e” próximo de 1 é capaz de produzir uma desigualdade igual a $\beta=2,5$. Deste modo, as famílias que não irão se reproduzir em determinado turno gastarão quase tudo ou tudo o que tem no uso e fruto delas mesmas.

6.8 Consolidação

A taxa do imposto de renda necessária para fazer com que o $\beta=2,5$ passa a ser igual a $\beta=2,2$, teve que passar de 40% para 70%. Na figura 33 pode-se verificar o gráfico da distribuição acumulada complementar.

Figura 33 – Desigualdade projetada

Fonte: Rafael Franco Martins

Na figura 34 é possível notar que a média de conexões aumenta, porém ela não cede ao longo das execuções como nas figuras anteriores. Isso ocorreu devido à alteração no valor do parâmetro “s” que nas simulações anteriores é igual a 10 enquanto nesta simulação ele é igual a 2.

Figura 34 – Dados projetados – Média de conexões

Fonte: Rafael Franco Martins

O gráfico da figura 35 é um histograma com a probabilidade de ligações do número de nós. Note que este histograma foi normalizado.

Figura 35 – Dados projetados – Grau de conexões

Fonte: Rafael Franco Martins

O gráfico da figura 36 mostra o grau de conexões em profundidade que um nó em média possui. Neste caso a conta foi feita considerando o grau dos nós e os graus de seus nós filhos.

Figura 36 – Dados projetados – Grau em profundidade de conexões

Fonte: Rafael Franco Martins

7 Conclusão

A conclusão é que de fato uma alíquota de imposto sobre a herança da ordem de 70%, é capaz de barrar a desigualdade gerada pela baixa natalidade. Piketty havia defendido uma alíquota entre 70-80%. Números muito inferiores somente conseguiram amenizar o problema.

Evidentemente, as bases teóricas para a construção do modelo são as mesmas explicitadas por Piketty em seu livro. Se fossemos considerar as ponderações e críticas feitas pelos economistas da escola austríaca então o modelo teria que sofrer algumas alterações que certamente gerariam outros resultados.

Deste modo, podemos constatar que os números evidenciados por Piketty em seu livro, muitos deles com bases em projeções matemáticas, são coerentes com os resultados obtidos pelo simulador. Porém, se fossemos alterar o modelo à luz do raciocínio da escola austríaca, então provavelmente haveria diferenças consideráveis entre o livro de Piketty e os resultados gerados pelo novo simulador.

Um ponto a considerar mesmo para aqueles que adotam as premissas de Piketty como verdade é que há muitas dificuldades para se praticar uma alíquota muito alta de imposto. É provável que num país que opte por uma alíquota muito alta desestime investimentos em seu próprio território. Piketty sabia disso, por essa razão ele propôs nos capítulos finais de seu livro uma proposta de impostos globais, ou seja, todos os países do mundo iriam adotar a mesma regra e a mesma taxa (PIKETTY, 2013). Entretanto, essa proposta é utópica.

Além do mais de certa essa proposta tiraria a liberdade dos cidadãos que eventualmente não concordem com esse tipo e valor de taxação (MISES, 2010). Imagine que no mundo atual há diversidade nas formas de tributação. Um cidadão que não concorda com o valor de determinado imposto poderá eventualmente tentar imigrar para outro país, com o qual ele concorde com o tipo e taxa dos impostos. Porém, se todos os países são adeptos da mesma forma e mesma taxa de tributação, então este cidadão não terá como escapar. Esse fator alteraria o grau de liberdade das pessoas como indivíduos.

Um futuro trabalho interessante seria construir outra versão do simulador, mas desta vez com base nas premissas da escola austríaca. Poderíamos comparar os resultados da nova versão e da antiga e tirar conclusões. No decorrer dos anos, ficaria mais claro qual base teórica é mais aderente à realidade.

Outro trabalho interessante é comparar este mesmo modelo com os dados do Brasil. Pois, o Brasil é um país com uma desigualdade social muito alta (NERI et al, 2008) e, além

disso, também vê sua taxa de natalidade despencar e não é um país rico. Um trabalho interessante seria verificar se o ritmo da desigualdade crescerá mais no Brasil do que em outros países se nada for feito.

Referências

- ANGLE, John. The surplus theory of social stratification and the size distribution of personal wealth. *Social Forces*, v. 65, n. 2, p. 293-326, 1986.
- ATKINSON, Anthony B.; PIKETTY, Thomas; SAEZ, Emmanuel. Top incomes in the long run of history. *Journal of economic literature*, v. 49, n. 1, p. 3-71, 2011.
- BAR-YAM, Yaneer. *Dynamics of Complex Systems*. Massachusetts, 2003.
- BURKE, Edmund. *The Works of the Right Hon. Edmund Burke*. S. Holdsworth, 1842.
- BUSSAB, Wilton de O.; MORETTIN, Pedro A. *Estatística básica*. Saraiva, 2010.
- CHATTERJEE, Arnab; CHAKRABARTI, Bikas K. Ideal-gas like markets: effect of savings. In: *Econophysics of Wealth Distributions*. Springer Milan, 2005. p. 79-92.
- CHATTERJEE, Arnab; CHAKRABARTI, Bikas K. Ideal-gas-like market models with savings: Quenched and annealed cases. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, v. 382, n. 1, p. 36-41, 2007.
- COELHO, Ricardo et al. A family-network model for wealth distribution in societies. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, v. 353, p. 515-528, 2005.
- COLBY, S. L.; ORTMAN, J. M. Projections of the Size and Composition of the U.S. Population: 2014 to 2060. U.S. Census Bureau, p. 1-13, 2015.
- CORREA, S. M. B. B. *Probabilidade e estatística*. Belo Horizonte: PUC Minas Virtuais, 2003.
- COUTINHO, João Pereira. *As ideias conservadoras: explicadas a revolucionários e reacionários*. 2014. Pg,92
- DECHOUM, K. Facilitando a compreensão da Segunda lei da Termodinâmica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 4, p. 359, 2003.
- DE JOUVENEL, Baron Bertrand; DE JOUVENEL, Bertrand. *The ethics of redistribution*. Cambridge University Press, 2010.pg,52
- FILGUEIRAS, L. O consumo medindo a desigualdade. Disponível em: <http://www.institutoliberal.org.br/blog/o-consumo-medindo-desigualdade/>. Acesso em 20 de setembro de 2015.
- FIRPO, S. A evolução das desigualdades de renda e de consumo ao longo do ciclo da vida. *Pesq. Plan. Econ.*, v. 30, n. 1, p. 1- 3, 2000.
- FISCAIS, Centro de Estudos. *Contas Nacionais do Brasil*. Revista Brasileira de Economia, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 7-102, jan. 1961. ISSN 0034-7140. Disponível em:

<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbe/article/view/1824/2679>. Acesso em: 09 Jan. 2017.

FREITAS, Mikael. Origem e evolução da desigualdade material hereditária: uma abordagem dos Sistemas Adaptativos Complexos, 2016

FRIEDMAN, Milton; FRIEDMAN, Rose. Free to choose: A personal statement. Houghton Mifflin Harcourt, 1990.

FROMM, Jochen. Types and forms of emergence., 2005.

HAYEK, Friedrich August. O caminho da servidão. Instituto Ludwig von Mises, 1977.

GUSMAN, S. Risau; LAGUNA, M. F.; IGLESIAS, J. R. Wealth distribution in a network with correlations between links and success. In: Econophysics of Wealth Distributions. Springer Milan, 2005. p. 149-158.

GOLDENFELD, NIGEL; KADANOFF, LEO P. Simple lessons from complexity, Science, 1999

GOLDTHORPE, John H. et al. Social mobility and class structure in modern Britain. 1982.

HAKEN, HERMMAN. Information and self-organization: A macroscopic approach to complex systems. Springer Science & Business Media, 2006.

HERCULANO-HOUZEL. Recontando neurônios. Disponível em: http://www2.uol.com.br/vivermente/noticias/recontando_neuronios.html Acesso em 01 de julho de 2016

HEYLIGHEN, FRANCIS. Complexity and self-organization, 2008

JENCKS, Christopher. Does inequality matter?. Daedalus, v. 131, n. 1, p. 49-65, 2002.

JENNINGS, Nicholas R. An agent-based approach for building complex software systems. Communications of the ACM, v. 44, n. 4, p. 35-41, 2001.

LADYMAN, JAMES; LAMBERT, JAMES; WIESNER, KAROLINE. What is a complex system? European Journal for Philosophy of Science, p. 33-67, 2013.

LEFRANC, Arnaud; PISTOLESI, Nicolas; TRANNOY, Alain. Inequality of opportunities vs. inequality of outcomes: Are Western societies all alike?. Review of income and wealth, v. 54, n. 4, p. 513-546, 2008.

LUX, Thomas. Emergent statistical wealth distributions in simple monetary exchange models: a critical review. In: Econophysics of wealth distributions. Springer Milan, 2005. p. 51-60.

MARWAN, NORBERT et al. Recurrence plots for the analysis of complex systems. Physics reports, v. 438, n. 5, p. 237-329, 2007.

MARX, Karl; ENGELS, Friedrich. O capital: crítica de economia política, volume I. Abril Cultural, 1988.

MELO, T. F.; FARIA, S. D.; FILHO, B. S. S.; CARNEIRO, T. G. S. Modelagem de sistemas baseada em agentes: alguns conceitos e ferramentas. Anais XIV Simpósio de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, p. 5279 – 5286,

MIMKES, Jürgen; ARUKA, Yuji. Carnot process of wealth distribution. In: Econophysics of wealth distributions. Springer Milan, 2005. p. 70-78.

MINAYO-GOMEZ, Carlos; DA FONSECA THEDIM-COSTA, Sonia Maria. A construção do campo da saúde do trabalhador: percurso e dilemas. Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, 1997.

VON MISES, Ludwig. Intervencionismo, uma análise econômica. Instituto Ludwig von Mises, 2010.

NERI, Marcelo Côrtes et al. A nova classe média. Rio de Janeiro: FGV/Ibre, CPS, p. 16, 2008.

NOLAN, H. Income Inequality vs. Wealth Inequality. Disponível em: <http://gawker.com/income-inequality-vs-wealth-inequality-1686329762>. Acesso em 12 de setembro de 2015.

PIKETTY, Thomas. Capital in the Twenty-First Century. 1. ed. Rio de Janeiro, 2013.

REISMAN, George. Piketty's Capital: Wrong Theory Destructive Program. July 21. 2014.

RODRIGUES, J.N. “É absurdo chamarem-me de marxista”, diz Thomas Piketty, autor de Capital no século XXI. Disponível em: <http://www.administradores.com.br/artigos/economia-e-financas/e-absurdo-chamarem-me-de-marxista-diz-thomas-piketty-autor-de-capital-no-seculo-xxi/77947/>. Acesso em 4 de Julho de 2015.

ROGNLIE, M. A note on Piketty and diminishing returns to capita. Disponível em: http://www.mit.edu/~mrognlie/piketty_diminishing_returns.pdf. Acesso em: 11 de setembro de 2015.

SINHA, Sitabhra. The rich are different! Pareto law from asymmetric interactions in asset exchange models. In: Econophysics of Wealth Distributions. Springer Milan, 2005. p. 177-183.

TEIXEIRA, S. Os americanos tentam reviver o Made in USA, longe da China. Disponível em: <http://exame.abril.com.br/revista-exame/edicoes/104402/noticias/a-nova-migracao-da-industria>. Acesso em 5 de agosto de 2015.

TEODORO, Vitor DUARTE. Modelação computacional em Ciências e Matemática. Revista Brasileira de Informática na Educação, v. 10, n. 2, p. 171-182, 1997.

THATCHER, Margaret. In defense of freedom: Speeches on Britain's relations with the World 1976,1986". Londres: Aurum Press, 1986, pg12

WOLFFENBÜTTEL, A. O que é? - Índice de Gini. Disponível em:
http://desafios.ipea.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2048:catid=28&Itemid=23. Acesso em 31 de Julho de 2015.

WILENSKY, Uri; RESNICK, Mitchel. Thinking in levels: A dynamic systems approach to making sense of the world. *Journal of Science Education and technology*, v. 8, n. 1, p. 3-19, 1999.