

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

Adilson Giovanini

**REMUNERAÇÃO VARIÁVEL E
INSTABILIDADE FINANCEIRA**

Florianópolis
2014

Adilson Giovanini

Remuneração variável e instabilidade financeira

Dissertação apresentada em cumprimento às exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Jaylson Jair da Silveira

Florianópolis
2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Giovanini, Adilson
Remuneração variável e instabilidade financeira /
Adilson Giovanini ; orientador, Jaylson Jair da Silveira -
Florianópolis, SC, 2014.
88 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Sócio-Econômico. Programa de Pós-Graduação em
Economia.

Inclui referências

1. Economia. 2. Remuneração variável. 3. Instabilidade
financeira. 4. Modelo de escolhas binárias. 5. Imitação
social. I. Jair da Silveira, Jaylson. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Economia. III. Título.

*Dedico este trabalho aos meus pais,
Alceniro e Rosane.*

*“Os mais fortes de todos os guerreiros são estes dois - Tempo e
Paciência ”*

Liev Tolstói
Autor de "Guerra e Paz"

Agradecimentos

Agradeço primeiramente as pessoas responsáveis por eu ter a coragem de ir fazer o mestrado, meus pais, pelo apoio verbal, financeiro e moral. Agradeço também a eles por todo o apoio financeiro, psicológico e por me darem toda a educação necessária.

A toda minha família, por acreditar no meu sonho e me ajudarem nos momentos mais difíceis, nos quais apenas eles em sua infinita compreensão poderiam me ajudar. Agradeço especialmente aos meus irmãos Adenilson, Sidnei e Sidnéia e ao Marcio por todo o incentivo que sempre me deram.

A todos que acompanharam de perto essa caminhada em Florianópolis, à Bernardo Almeida, Carlo Sampaio, Douglas Turatti, Fernanda Paim, Fernanda Steiner Perin, Guilherme Demos, Pierre Joseph Nelcide, Thomas Henrique Schreurs Pires pelo companheirismo, afeto e por terem enriquecido essa experiência.

A todo o corpo docente do programa de pós-graduação em Economia, da Universidade Federal de Santa Catarina, que me ajudaram a trilhar um caminho de aprendizado. Em especial ao meu orientador Jaylson Jair da Silveira pelas horas e horas dedicando a tornar viável este momento.

Agradeço a Evelise, pela agilidade em nos ajudar independente do nosso problema, mesmo brigando um pouquinho com a gente.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior(CAPES) pelo auxílio através da minha bolsa de pesquisa.

Meus sinceros agradecimentos a todos.

Resumo

O objetivo deste trabalho é testar se o modo como ocorre a imitação entre as estratégias adotadas pelos gestores contribui para a ocorrência de eventos extremos nos mercados acionários, dada a hipótese de que a remuneração variável é responsável pelo surgimento de eventos extremos neste mercado. A hipótese testada é que o aumento da imitação entre os agentes em períodos de crise é responsável pela ocorrência de eventos extremos, pois os incentivaria a indicar a compra dos ativos recomendados pelos demais gestores, mesmo que estes ativos possuam um maior grau de risco. O que poderia levar a formação de eventos extremos, tais como o surgimento de bolhas no mercado financeiro, sendo a influência exercida pela remuneração variável apenas secundária. Com o objetivo de avaliar tal hipótese, recorreu-se a modelagem computacional baseada em agentes, a qual permite reproduzir dinâmicas características dos mercados financeiros. Os resultados obtidos permitiram observar que políticas de remuneração variável, na presença de imitação social, não levam os mercados financeiros a apresentarem uma maior incidência de eventos extremos conforme a proporção de agentes com remuneração variável na proporção total de agentes se torna mais elevada.

Palavras-chave: imitação social; remuneração variável; modelo de escolhas binárias.

Abstract

The objective of this study is to test whether the way the imitation between the strategies adopted by managers explains the occurrence of extreme events in the stock markets, with the alternative hypothesis that the variable remuneration is responsible for the appearance of extreme events occur in this market. We hypothesized that increased imitation among agents in times of crisis is responsible for the occurrence of extreme events, because the state would encourage the purchase of assets recommended by other managers, even if these assets have a higher degree of risk. What could lead to the formation of extreme events, such as the emergence of bubbles in financial markets, with an influence of the variable remuneration only secondary. In order to evaluate this hypothesis, we resorted to a computational agent-based modeling, which allows to reproduce dynamic characteristics of financial markets. The results allowed us to observe that variable remuneration policies in the presence of social imitation, do not take the financial markets had a greater incidence of extreme events as the proportion of agents with variable compensation in the total proportion of agents becomes greater.

Keywords: social imitation; variable compensation; model binary choices

Lista de Figuras

2.1	Exemplos de redes complexas.	31
2.2	Árvore de possibilidades de resultados para o diferencial de utilidades privadas determinísticas.	34
2.3	Árvore de possibilidades de resultados para o diferencial de utilidades sociais determinísticas.	37
3.1	Retornos	50
3.2	Curtose	52
3.3	Índice Caudal	54

Sumário

INTRODUÇÃO	1
1 REMUNERAÇÃO VARIÁVEL E O COMPORTAMENTO DOS GESTORES	7
1.1 Influência exercida pela remuneração variável sobre o desempenho dos gestores	7
1.2 Efeito da remuneração variável sobre o comportamento dos gestores	10
1.3 Medidas tomadas após a crise de 2007/2008.	13
2 MODELO DE ESCOLHA BINÁRIA	17
2.1 Modelo sem efeito de rede	18
2.2 Modelo com efeito de rede	22
2.3 Representação em redes de sistemas complexos	24
2.4 Redes Complexas	28
2.5 Um modelo de escolha binária em um mercado com efeito reputação	32
2.5.1 Utilidade privada	32
2.5.2 Utilidade social	34
3 INFLUÊNCIA DA REMUNERAÇÃO VARIÁVEL SOBRE A OCORRÊNCIA DE EVEN-	

TOS EXTREMOS	43
3.1 Formação do preço do ativo e cálculo do retorno	44
3.2 Implementação computacional	45
3.3 Calibragem	47
3.4 Retorno apresentado pelo ativo e testes realizados	49
CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
Referências Bibliográficas	60

Introdução

A crise das “empresas ponto com”, em 2000, criou um debate intenso sobre a influência que a remuneração variável exerce sobre a formação dos preços dos ativos. Surgiram evidências de que durante a crise os gestores incentivaram a compra de ações, mesmo sabendo que estas não apresentariam o retorno prometido. Os gestores inflaram o retorno futuro prometido dos ativos que recomendavam e mantiveram as expectativas altistas, não alertando os investidores quando começaram a surgir incertezas macroeconômicas, recomendando a compra de ações mesmo quando os preços destas ações estavam desacelerando, indicando uma tendência futura de desvalorização.

Segundo FARHI (2003) existem três fatores que explicam o comportamento oportunista apresentado pelos gestores. O primeiro fator é a existência de um conflito de interesses entre a maximização do retorno dos investidores e a valorização das relações institucionais apresentadas pela instituição financeira nas quais os gestores trabalhavam. Este conflito de interesses ocorreu por que a carteira oferecida pelos gestores incluía ações de empresas que tinham negócios com a instituição financeira em que eles trabalhavam, de modo que os gestores não podiam recomendar a venda das ações destas empresas. Um segundo fator que explica a postura inadequada adotada pelos gestores é a existência de possíveis conflitos de interesse entre o retorno dos acionistas e o retorno obtido pelos gestores, o que levou os gestores a recomendarem a compra de ações que possuíam,

para vendê-las a um preço melhor no futuro. Por fim, o terceiro fator responsável pela conduta inadequada apresentada pelos gestores é o pagamento de remuneração variável, a qual acabou estimulando os gestores a indicarem a compra de ações que apresentavam desempenho elevado no curto prazo, mesmo existindo evidências que apontavam para uma sobrevalorização destas ações.

Conforme discutido por [ROMANO & BHAGAT \(2009\)](#), após o estouro da crise do *subprime* em 2008, surgiram críticas em relação a essa forma de remuneração. Nessas críticas argumentava-se que apesar de um percentual dos lucros serem repartidos com os profissionais bonificáveis nos anos em que os ativos comercializados se valorizavam, em períodos de crise o prejuízo incorrido pela corretora e pelos investidores não eram repartidos. Os gestores não ganhavam, mas também não perdiam, pois no advento de uma crise recebiam apenas a parte fixa de sua remuneração. A consequência disto é que a remuneração variável tornou-se um incentivo para que os gestores assumissem posições perigosas, o que contribuiu para que ocorresse a crise financeira de 2008. De acordo com [FARHI \(2003\)](#), um fator que contribuiu para o aumento da desconfiança do mercado em relação a conduta dos gestores foi a divulgação, em abril de 2002, de mensagens eletrônicas internas ao Merrill Lynch, nas quais os gestores descreviam como “lixo” ações que tinham recomendado para os acionistas.

A remuneração variável pode estimular os gestores a adotarem estratégias mais agressivas. Como os gestores observam um incremento na sua renda, são estimulados a indicarem a compra de ações mais arriscadas. Consequentemente, os gestores acabam incentivando a compra de ativos cujo preço já está inflado, o que contribui para o surgimento de bolhas no mercado financeiro. Como os gestores tendem a agir em manada, os investidores não conseguem identificar se a responsabilidade por este retorno negativo é dos gestores que estimularam a compra de ativos que já estavam sobrevalorizados ([ROMANO & BHAGAT 2009](#)).

O comportamento adotado pelos gestores em períodos nos quais as expectativas de retorno dos ativos financeiros são negativas acaba contribuindo para que os investidores não consigam identificar se a culpa pelo retorno negativo auferido é do gestor ou do mercado. Em períodos de incerteza os gestores imitam as estratégias adotadas pelos demais gestores, recomendando a compra dos ativos que estão sendo recomendados por estes. Como a iminência de uma crise contagia as expectativas de todos os investidores e gestores, contagiando até mesmo os gestores cuja carteira oferecida não possui ativos com risco elevado, surge um “*efeito manada*”, ou seja, ocorre uma venda generalizada dos ativos e uma fuga para ativos mais seguros. Isto dificulta ainda mais o discernimento dos investidores entre o que é “*culpa do mercado*” e o que é culpa do gestor que recomendou a aquisição daquela carteira de ativos.

“Quem erra sozinho fica estigmatizado e corre o risco de perder o emprego”, sendo melhor estar meio errado, mas dizendo o que os demais gestores estão dizendo do que arriscar estar completamente certo. Conforme destacado por [LETHBRIDGE \(2008\)](#) e [VELOSO \(2011\)](#), a consequência disto é que, apesar do comportamento dos agentes ser racional do ponto de vista microeconômico, este comportamento resulta em desdobramentos macroeconômicos indesejáveis. Apesar da remuneração variável apresentar aspectos positivos, criando incentivos para os gestores alcançarem metas e objetivos, os estimulando a buscarem ativos que apresentam um retorno mais elevado, no agregado estes incentivos podem levar a um resultado oposto, incentivando os gestores a recomendarem a compra de ativos cujo valor está substancialmente acima de seu valor fundamental para explorarem os retornos acima da média do mercado apresentados por estes ativos.

[VELOSO \(2011\)](#) utilizou a modelagem computacional baseada em agentes para testar se o aumento da parcela de remuneração variável na remuneração total dos agentes leva à ocorrência de eventos extremos. A partir deste modelo [VELOSO \(2011\)](#) encontrou evidên-

cias de que o aumento da participação da remuneração variável na remuneração total dos agentes leva a uma maior ocorrência de eventos extremos.

Uma limitação encontrada no trabalho de [VELOSO \(2011\)](#) é que ele utilizou uma rede regular para captar uma externalidade de rede, oriunda do efeito reputação sugerido por [LETHBRIDGE \(2008\)](#). A rede regular utilizada por [VELOSO \(2011\)](#) considera que cada agente toma suas decisões olhando apenas para as decisões tomadas pelos agentes que compõem o mercado local, enquanto que a literatura econômica¹ indica que os agentes, ao decidirem se vão comprar ou vender determinado ativo não olham apenas para a escolha dos agentes que compõem o mercado local, levando em consideração a escolha dos agentes que se encontram distante dele.

O presente trabalho pretende considerar o impacto de efeito reputação como uma externalidade em uma rede cuja topologia (regular, pequeno mundo e aleatória) não é suposta *a priori*. Com isto testar-se-á se os resultados encontrados por [VELOSO \(2011\)](#) continuam robustos quando se altera a estrutura da rede de informação, através da qual cada agente se relaciona com os demais agentes que compram e vendem o mesmo ativo.

Enquanto que [VELOSO \(2011\)](#) considera que a estrutura de informação dos agentes é representada por uma rede regular, recorre-se a teoria de sistemas complexos para caracterizar o modo como as informações circulam entre os agentes. Isto confere a estrutura de informação uma flexibilidade elevada, permitindo que o modo como cada agente olha para as informações disponibilizadas pelos demais agentes que compõem o mercado seja identificado endogenamente. Conforme apontado por [CONT & BOUCHAUD \(2003\)](#) e [CAMARGO \(2007\)](#), o fato dos agentes não olharem apenas para as decisões tomadas pelos agentes que compõem o mercado local, olhando para as decisões tomadas pelos agentes que compõem o mercado como um todo, explica a ocorrência de eventos extremos. O que, se for

¹[CAMARGO \(2007\)](#), [CONT & BOUCHAUD \(2003\)](#) e [LETHBRIDGE \(2008\)](#).

verdade, pode adicionar outra fonte de instabilidade aos resultados encontrados por VELOSO (2011), segundo o qual o aumento da proporção dos agentes com remuneração variável em relação a população total de agentes é um dos principais fatores que explica a ocorrência de eventos extremos.

O presente trabalho está dividido em três capítulos. O primeiro capítulo apresenta a revisão bibliográfica, identifica as principais vantagens e desvantagens, apontadas pela literatura, associadas à inclusão de uma parte variável na remuneração dos gestores ligados ao mercado financeiro. O capítulo 2 apresenta a estrutura analítica sobre a qual se fundamenta o modelo computacional baseado em agentes, formalizando um modelo desenvolvido pela literatura econômica com base na Mecânica Estatística que adiciona um componente de interação social à estrutura básica do modelo de escolha binária e apresenta a rede de informações através da qual cada agente olha para a estratégia adotada pelos seus vizinhos.

No capítulo 3 são apresentados os resultados obtidos e são realizados três testes para identificar se a remuneração variável continua explicando a ocorrência de eventos extremos no mercado financeiro após se modificar a estrutura de informações através da qual cada agente se relaciona com a sua vizinhança. Por fim, são apresentadas algumas considerações finais sobre os resultados obtidos e algumas sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 1

REMUNERAÇÃO VARIÁVEL E O COMPORTAMENTO DOS GESTORES

Este capítulo apresenta as principais evidências encontradas pela literatura econômica em relação a utilização de remuneração variável como mecanismo de incentivo dos analistas financeiros e gestores. Para isto, na seção 1.1 é realizada uma revisão da literatura, identificando-se quais as principais vantagens e desvantagens associadas à remuneração variável. Em seguida, na seção 1.2 são apresentados os principais efeitos que a remuneração variável exerce sobre o comportamento dos gestores e na seção 1.3 são identificadas as principais modificações sofridas pelos instrumentos de remuneração variável após a *crise do subprime*.

1.1 Influência exercida pela remuneração variável sobre o desempenho dos gestores

A remuneração dos gestores possui uma longa história, tendo sido diversas vezes o alvo de críticas após o advento de uma crise. O principal motivo disto é que, não raro, observa-se gestores obterem uma remuneração elevada através de bonificações de ações e opções de ações, ao mesmo tempo em que as empresas em que trabalham apresentam prejuízo ou têm que pedir falência. Um exemplo disto é

a crise financeira de 2002, durante a qual foram descobertas fraudes contábeis entre empresas americanas.

Este comportamento dos gestores leva a um questionamento em relação às vantagens apresentadas pela remuneração variável, pois enquanto os gestores estão obtendo bônus generosos, os investidores estão auferindo grandes prejuízos os empregados das empresas estão perdendo seus empregos. Outro caso semelhante ocorre quando os gestores obtêm ganhos significativos ao exercerem opções de ações devido à ocorrência de uma crise que diminui o valor de mercado das empresas geridas por estes, como ocorreu com os ataques terroristas de 11 de setembro de 2001 (BEBCHUK 2010). Estas evidências, de que o comportamento dos gestores é o responsável pela ocorrência de crises resultaram no surgimento de diversas críticas, as quais exigem reformas no modo como os gestores são remunerados¹.

A remuneração dos gestores voltou a ser alvo dos holofotes da mídia e do mercado após a crise do *subprime*, evidenciando-se a necessidade de mais estudos científicos sobre a influência exercida pelo modo como os gestores são remunerados sobre o comportamento apresentados por estes, uma vez que a crise do *subprime* desencadeou um debate intenso em torno da necessidade de revisão da estrutura de remuneração utilizada pelo mercado².

Entre as principais formas de remuneração variável tem-se: remuneração por unidade produzida; incentivos salariais por mérito; participação nos lucros e nos resultados; bônus de produtividade; incentivos corporativos e *stock options*³. Tais formas de remuneração buscam associar a remuneração dos gestores à riqueza dos investidores, representando uma maneira poderosa de atrair, reter e motivar

¹Para mais informações ver: DAVIES (2005), COFFEE (2006), DEAKIN & KONZELMANN (2003), ARMOUR & MCCAHERY (2006), HILL (2006) e BEBCHUK (2010).

²SERVICES (2009), FERRARINI & MOLONEY (2005), LUND & POLSKY (2001), MORGANA & POULSEN (2011), BOLTON et al. (2010) e KEVIN & MURPHY (1990).

³ROBBINS (2004), IVANCEVICH (2007) e MILKOVICH & BOURDREAU (2000).

os gestores a refletirem sobre os interesses dos investidores.

OYADOMAR (2009) analisou se a remuneração variável incentiva os gestores a buscarem um desempenho mais elevado e quais as consequências destas formas de remuneração para a empresa e para os investidores, para isto utilizou uma amostra composta por 21 empresas de grande porte, a maioria pertencente ao *ranking* dos 200 maiores grupos econômicos do Brasil feito pelo jornal Valor Econômico. Os resultados encontrados por OYADOMAR (2009) evidenciam que a influência exercida pela remuneração sobre o comportamento dos gestores varia bastante de uma empresa para outra. Apesar do sistema de remuneração variável estimular a busca por desempenho existe a possibilidade de surgirem divergências entre os gestores, principalmente se as metas individuais não forem associadas às metas globais da organização.

CAMARGOS & HELAL (2007) analisou as variáveis que explicam a remuneração de gestores de empresas brasileiras de capital aberto que possuem *American Depositary Receipts* (ADRs) a partir de uma amostra de 29 empresas. Os resultados encontrados evidenciam a existência de uma relação positiva entre a remuneração, o desempenho financeiro e variáveis ligadas ao conselho de administração. REZENDE et al. (2007), por sua vez, observa o comportamento dos indicadores de desempenho utilizados pelas empresas em diversos setores econômicos brasileiros durante o período entre 1998 e 2005. Os resultados encontrados indicam que apenas em 5 setores específicos os indicadores de performance podem ser utilizados como parâmetros de remuneração dos gestores. Por outro lado, KRAUTER & SOUSA (2009) analisou dados de 31 empresas em 2006, não encontrando uma relação significativa entre a remuneração dos gestores e o desempenho financeiro das empresas.

As empresas que pagam mais a seus gestores possuem maior valor de mercado. Porém, não existem evidências significativas de que empresas que remuneram melhor seus gestores apresentam um desempenho operacional mais elevado, quando este é medido através

do retorno sobre o ativo e do crescimento das vendas (CHIEN 2012). De modo que os resultados encontrados pela literatura em relação as vantagens apresentadas pela remuneração variável são contraditórios⁴.

1.2 Efeito da remuneração variável sobre o comportamento dos gestores

As políticas de remuneração podem criar incentivos perversos, devendo estar alinhadas com os interesses de longo prazo da instituição. BERNANKE & CHAIRMAN (2009) discute a necessidade de amarrar os riscos incorridos pela organização e pelos investidores à remuneração obtida pelos gestores. O desencontro entre os interesses destes agentes ocorre, principalmente, quando o pagamento de remuneração se dá no curto prazo, enquanto que as transações realizadas pela instituição financeira possuem um caráter de longo prazo. Nestas circunstâncias, a remuneração de curto prazo, na forma de ações, deve ficar sujeita a um período de carência, por exemplo por três anos, sendo que apenas após este período o gestor pode, gradualmente, se desfazer das ações da empresa. Para que esta estrutura de remuneração seja eficiente é necessário colocar restrições sobre o uso de operações de cobertura e de derivativos. As quais permitem que os gestores lucrem ou fiquem protegidos do declínio do preço das ações da sua empresa.

FRADA (2011) analisou a influência da remuneração variável em Portugal, verificando que ela, em vez de constituir um incentivo para que os administradores maximizem o desempenho da empresa no longo prazo, produz o efeito inverso. Potencializando comportamentos indesejados, que embora proporcionem ou aparentem propor-

⁴Mais informações sobre as vantagens e desvantagens associadas a remuneração variável podem ser encontradas em: FERRARINI et al. (2009), CHEN (2004), MURPHY & JENSEN (1990), CHESNEYEY et al. (2012), TUCKER (2012), DEFUSCO et al. (1990), MORGANA & POULSEN (2011), BRICKLEY & LEASE (1985) e MARTIN & THOMAS (2002).

cionar bons resultados a curto prazo, comprometem a sustentabilidade da empresa no longo prazo.

A estrutura da remuneração variável influencia na postura adotada pelos gestores. A utilização do Retorno sobre os Investimentos (ROI) como indicador de referência para a remuneração variável pode prejudicar a empresa no médio-longo prazo. Por exemplo, um gestor pode avaliar ser necessário fazer um investimento, porém como este investimento pode levar a uma queda do ROI no curto prazo o gestor pode se sentir tentado a priorizar seus interesses, deixando de fazer o investimento. Ou seja, ele está sacrificando a situação financeira da empresa no médio e longo prazo, prejudicando os investidores, para obter uma remuneração maior no curto prazo.

Uma forma alternativa de remuneração refere-se aos *stock-options*, os quais representam um dos principais instrumentos de remuneração dos gestores. Os *stock-options* possuem como objetivo tornar a ligação entre o desempenho da empresa e a remuneração dos gestores mais eficaz, assegurando a convergência dos interesses dos gestores e dos investidores e eliminando o comportamento oportunista que pode surgir em virtude da informação privilegiada detida pelos gestores. Segundo este esquema de remuneração, quanto melhor for o desempenho das empresas maior será a remuneração do gestor⁵.

Apesar de existirem fatores favoráveis à adoção de políticas de remuneração dos gestores segundo indicadores de performance, após a crise financeira do *subprime* surgiu uma literatura crescente que discute a possibilidade desta forma de remuneração representar um dos principais fatores responsáveis pela crise.

OLIVEIRA et al. (2012) realizou entrevistas semiestruturadas com 13 profissionais (ex-ministros da Fazenda, ex-presidentes e ex-diretores do Banco Central, entre outros) da área de economia e finanças, os quais apontaram a remuneração concedida aos gestores como um dos fatores mais relevante para a deflagração da crise

⁵JENSEN & MECKLING (1976) e GOMES (1996).

mundial. Devido a isto, [JENSEN & MECKLING \(1976\)](#) recomenda mudanças na estrutura de remuneração, sugerindo que a participação no capital da empresa deve prevalecer sobre as demais formas de remuneração, constituindo-se na principal forma de remuneração dos administradores.

[BEBCHUK \(2010\)](#) analisa a estrutura de remuneração dos principais gestores da Bear Stearns e Lehman Brothers, mostrando que a renda variável pode levar os gestores a tomarem decisões com risco mais elevado, expondo os investidores mais do que iriam expor caso não possuíssem remuneração variável. Com base nestas evidências [BEBCHUK \(2010\)](#) conclui que os incentivos gerados pelos programas de remuneração dos gestores os levou a assumirem risco excessivo, beneficiando os gestores dos bancos as custas dos investidores.

[FAHLENBRACH & STULZ \(2011\)](#) analisou as perdas experimentadas pelos gestores de 132 instituições financeiras através de dados disponibilizados pelo Standard and Poor's para o ano de 2006. Os resultados encontrados indicam que os programas de incentivo adotado pelos bancos não podem ser responsabilizados pela crise ou pelo desempenho dos bancos. Os gestores dos bancos não podiam prever a natureza do risco extremamente alto de algumas das estratégias de negociação adotadas. O fraco desempenho apresentado pelos bancos ocorreu devido a uma realização extremamente negativa, associada à natureza de alto risco dos investimentos realizados e das estratégias adotadas.

As evidências mostram que é possível adotar uma política de estímulo ao aumento da performance dos gestores a curto prazo sem comprometer o retorno auferido pelos investidores no longo prazo⁶. Porém, a estrutura de remuneração deve compatibilizar os objetivos dos gestores com o objetivo de retorno positivo no longo prazo dos investidores. A remuneração dos gestores deve consistir apenas

⁶[BRICKLEY & LEASE \(1985\)](#), [EDMANS et al. 2010](#), [PENG & ROELL \(2009\)](#) e [FAMA \(2010\)](#).

de ações e opções de ações que não podem ser vendidas ou exercidas num período inferior a dois ou quatro anos depois que o gestor deixa o cargo. Sendo possível, no máximo que os gestores liquidem, anualmente, um valor entre 5% e 15% destas, as quais não devem ultrapassar um valor entre US\$ 5 milhões e US\$ 10 milhões. Esta estratégia estimula os gestores a obterem o maior retorno possível no curto prazo, pois o montante de ações que vão obter como bônus depende da performance obtida. Porém, evita que eles “sacrifiquem” o longo prazo, haja vista que apenas no longo prazo eles poderão exercer os ganhos obtidos através de bônus, não sendo desejável que a empresa apresente uma perda de valor de mercado devido à ocorrência de resultados negativos oriundos da adoção de estratégias muito arriscadas.

Conforme discutido por RODRIGUES (2011), em decorrência da crise e da evidente relação entre esta e a remuneração dos gestores, as práticas futuras para o setor bancário devem envolver uma série de medidas, entre as quais. A remuneração variável total deve ser próxima da remuneração fixa, fixando-se limites máximos para ambas as formas de remuneração. Uma parte significativa da remuneração variável deve ser diferida no tempo por um período não inferior a 3 anos e uma parte da remuneração variável deve ficar dependente do desempenho a médio prazo da organização sendo composta por instrumentos derivados sobre as ações da organização.

1.3 Medidas tomadas após a crise de 2007/2008.

Segundo GUERRA (2009), após a ocorrência da crise do *sub-prime*, observada no mercado financeiro no período 2007/2008, diversas medidas foram tomadas tendo como principal foco a mudança nas regras associadas à remuneração variável. O Tesouro dos Estados Unidos, em Junho de 2009, reformou os padrões para compensação dos gestores das companhias financeiras. Entre as principais medidas adotadas tem-se o reforço aos limites para o pagamento de bônus aos

gestores; o estabelecimento de um gerente-geral para avaliar o pagamento de compensações naquelas empresas e a criação de novos padrões para a governança, como a submissão das políticas de pagamento e gastos da empresa a um conselho de acionistas, cujo poder de voto não é vinculado à quantia de ações possuídas (“*say on pay*”).

As medidas adotadas para corrigir os fatores que levaram à crise de 2007/2008 estão sendo duramente questionadas, devido à possibilidade destas medidas não serem suficientes para estimular os gestores a assumirem menos risco. De acordo com GUERRA (2009), existem relatos de que o Bank of América, Citibank e JP Morgan estão voltando a trabalhar com produtos de alto risco, os quais ganharam uma nova aparência. As reformas realizadas tiveram como grande alvo a remuneração dos gestores, tendo sido realizadas com o objetivo de diminuir o poder desses, tanto no âmbito interno às empresas, através do *say on pay*, quanto no externo. GUERRA (2009) ressalta que as medidas adotadas possuem poder limitado, uma vez que as empresas podem adotar outras práticas que não os bônus financeiros para premiar seus gestores. Não foram definidas regras para os procedimentos pouco regulamentados, derivativos, crédito securitizado, entre outros, que ocasionaram efetivamente a crise no setor. De modo que a autonomia dos principais gestores para buscarem de forma inconsequente lucros mais elevados continua alta, em detrimento do poder de barganha e fiscalização dos acionistas minoritários, os quais continuam baixos.

No Brasil, a principal deficiência em relação a remuneração, apontada após a crise, refere-se a necessidade de uma maior transparência nas informações relativas à remuneração dos principais gestores das organizações. O principal órgão responsável pela condução das melhores práticas de governança corporativa, o Instituto Brasileiro de Governança Corporativa (IBGC) e o principal regulador do mercado de capitais, a Comissão de Valores Mobiliários (CVM), publicaram e regulamentaram novas práticas, buscando tornar a remuneração

neração dos gestores mais transparente⁷. A quarta edição do código do IBGC (2009) recomenda que a remuneração tenha um sistema de freios e contrapesos e que a remuneração de curto prazo seja evitada. Entre os pontos fracos apontados pelo IBGC, em sua conferência de 2009, está a transparência, as recompensas não relativas a desempenho, o diagnóstico de risco, a avaliação bem-sucedida, os mecanismos de manutenção dos administradores e o *disclosure*.

Uma das medidas tomadas para regulamentar as empresas brasileiras após a crise é a instrução 202 da CVM, a qual prevê a divulgação da remuneração total do conselho administrativo, direção e conselho fiscal, obrigando a divulgação por órgão da administração do valor da maior remuneração individual, do valor da menor remuneração individual e do valor médio das remunerações individuais. Além disto, a empresa deve evidenciar como a remuneração é composta e quais os objetivos dos elementos que a compõem. Segundo CVM (2009) esta medida visa criar um instrumento capaz de refletir a evolução dos indicadores de desempenho que estão sendo utilizados e que explique o modo como a política de remuneração se alinha aos interesses dos acionistas.

SILVA & LOUREIRO (2009) recorre à técnica de análise de conteúdo para identificar se as empresas estão se adequando ao Código das Melhores Práticas de Governança Corporativa do IBGC e as novas regras da CVM, discriminando as empresas segundo a sua categoria de atuação. Os resultados encontrados mostram que a categoria 2, evidenciação individual ou por órgãos da administração, e a categoria 5, planos de ações ou opções, foram as mais pontuadas na análise. Concluindo que as empresas pesquisadas não se adaptaram às proposições do IBGC e da CVM sobre as novas práticas de divulgação das informações relativas à remuneração variável dos gestores.

Uma vez apresentadas definidas as principais vantagens e desvantagens em relação as formas assumidas pela remuneração dos ges-

⁷Para mais informações sobre as medidas adotadas no Brasil com o objetivo de prevenir o surgimento de bolhas consultar SILVA & LOUREIRO (2009) e BEUREN & SILVA (2012).

tores, parte-se para a definição do modelo computacional baseado em agentes que será utilizado para simular o processo de formação do preço do ativo, conforme será visto no próximo capítulo.

Capítulo 2

MODELO DE ESCOLHA BINÁRIA

Este capítulo tem como objetivo apresentar a estrutura analítica sobre a qual se fundamenta o modelo computacional baseado em agentes que será utilizado no capítulo 3. Na seção 2.1, encontra-se a estrutura básica de um modelo de escolha discreta, com campo de escolha binário, realiza-se uma revisão dos fundamentos que sustentam a hipótese, a ser utilizada no capítulo 3, de que o componente aleatório do modelo de escolha binária apresenta uma distribuição logística. Na seção 2.2 apresenta-se um modelo desenvolvido pela literatura econômica com base na Mecânica Estatística, a qual adicionou um componente de interação social de caráter local à estrutura básica do modelo de escolha binária, capaz de captar explicitamente certas externalidades de redes sobre os processos de tomada de decisões dos agentes. Na seção 2.3, define-se o que é um sistema complexo e apresenta-se a estrutura de informações através da qual cada agente olha para a estratégia adotada pelos seus vizinhos. Na sequência, na seção 2.5 apresenta-se o modelo computacional, o qual considera que os agentes definem se vão comprar ou vender o ativo no período $t + 1$ com base nos incentivos privados e sociais recebidos em t .

O modelo computacional baseado em agentes que será desenvolvido no próximo capítulo será construído a partir do modelo de escolha binária com interação social apresentado neste capítulo. O

qual, devido às características que apresenta, será utilizado para avaliar a influência que a remuneração variável possui sobre a emergência de eventos extremos em um mercado artificial com agentes sujeitos tanto às influências sociais locais quanto às influências sociais oriundas de ligações de longas distâncias, representadas por uma rede pequeno mundo.

2.1 Modelo sem efeito de rede

Considere-se um indivíduo i que deve escolher uma entre duas estratégias mutuamente excludentes, denotadas por -1 e 1 . A escolha do indivíduo i , em um dado momento, é dada por $w_i \in \{-1, 1\}$, a qual pode ser, por exemplo, a escolha do indivíduo entre comprar ou vender determinado ativo, de modo que a função utilidade que representa as preferências do indivíduo i sobre o campo de escolhas $\{-1, 1\}$ é denotada por $V_i : \{-1, 1\} \rightarrow \mathbb{R}$.

Os agentes quando decidirem se vão comprar ou vender o ativo, levam em consideração tanto atributos observáveis quanto atributos não observáveis. No mercado financeiro um atributo observável central é a taxa de retorno observada, por sua vez os atributos não observáveis englobam motivações inerentes a cada agente e que variam de um agente para o outro. Estes fatores influenciam na escolha do agente i da alternativa w_i , fazendo com que o processo de escolha dos indivíduos deixe de ser um fenômeno determinístico, função apenas de fatores observáveis, e torne-se um fenômeno probabilístico. A identificação dos fatores determinísticos, que influenciam nas decisões tomadas pelos agentes, não se mostra suficiente, sendo necessário de informações adicionais para identificar qual será a estratégia escolhida por cada agente.

A literatura de modelos de escolhas discretas leva em consideração a influência dos fatores não observáveis ou idiossincráticos sobre as decisões dos indivíduos. Para isto, conforme exposto em

TRAIN (2003), decompõe-se a função utilidade da seguinte forma:

$$V_i(w_i) = u(w_i) + \varphi_i(w_i), \quad (2.1)$$

em que $u(w_i)$ é a parcela determinística que representa os fatores mensuráveis que influenciam na decisão do agente i , como por exemplo, a taxa de retorno. Por sua vez, o termo $\varphi_i(w_i)$ é tomado como uma variável aleatória, que representa os demais efeitos, não incluídos no termo $u(w_i)$ e que influenciam nas decisões do agente.

É importante frisar que a função $u(w_i)$ está relacionada apenas com a escolha w_i em si, representando apenas os incentivos observáveis. Em outros termos, o componente $u(w_i)$ capta apenas aqueles incentivos que são “comuns” á todos os agentes que se defrontam com o mesmo campo de escolha e se encontram inseridos no mesmo ambiente social, o que torna desnecessária a presença do subscripto na referida função.

O indivíduo i , considerado um maximizador de utilidade, escolherá a opção w_i se o benefício líquido observável $u(w_i) - u(-w_i)$, associado à escolha desta opção, superar o benefício líquido associado aos incentivos não observáveis, dados por $\epsilon_i \equiv \varphi(-w_i) - \varphi_i(w_i)$. Ou, de modo mais preciso:

$$V_i(w_i) = u(w_i) + \varphi_i(w_i) > u(-w_i) + \varphi_i(-w_i) = V_i(-w_i). \quad (2.2)$$

Para ilustrar o significado da desigualdade (2.2), considere-se um investidor i que tenha optado por comprar um ativo ($w_i = 1$), embora os incentivos observáveis fossem tais que $u(-w_i) > u(w_i)$, de maneira que aparentemente a venda do ativo ($w_i = -1$) constituísse a escolha mais coerente em termos de motivações observáveis. Como a escolha observada foi comprar o ativo, pode-se inferir que $V_i(w_i) > V_i(-w_i)$, ou seja, $u(w_i) + \varphi_i(w_i) > u(-w_i) + \varphi_i(-w_i)$, tal que $\varphi(-w_i) - \varphi(w_i) < u(w_i) - u(-w_i) < 0$. Em outros termos, observou-se que o investidor i escolheu comprar o ativo porque, embora a recompensa observada da opção vender fosse maior do que

comprar o ativo, havia, para este indivíduo, motivações latentes ou idiossincráticas tais que o diferencial não observado a favor da escolha comprar quando comparada à opção vender, $\varphi_i(-w_i) - \varphi_i(w_i)$, não foi compensado pelo diferencial de incentivos observados, $u(w_i) - u(-w_i)$, ou seja, $|\varphi_i(-w_i) - \varphi_i(w_i)| > |u(w_i) - u(-w_i)|$.

Denotando-se por $I[\cdot]$ a função indicadora que toma o valor 1 se $\epsilon_i \equiv \varphi_i(-w_i) - \varphi_i(w_i) < u(w_i) - u(-w_i)$ e zero caso contrário. A probabilidade de que o indivíduo escolha a opção $w_i \in \{-1, 1\}$ pode ser estabelecida como o valor esperado desta função indicadora:

$$Prob_i(w_i) = \int_{-\infty}^{\infty} (I[\epsilon_i < u(w_i) - u(-w_i)]) f(\epsilon_i) d\epsilon_i, \quad (2.3)$$

em que $f(\epsilon_i)$ é a função densidade de probabilidade da variável aleatória ϵ_i . Assim, a probabilidade com que o indivíduo i escolhe a opção w_i é dada pela função de distribuição acumulada da variável aleatória ϵ_i , ou seja:

$$Prob_i(w_i) = \int_{-\infty}^{u(w_i) - u(-w_i)} f(\epsilon_i) d\epsilon_i. \quad (2.4)$$

Conforme ressaltado por FREITAS (2003), a probabilidade resultante associada à função (2.4) não estabelece qual será de fato a decisão tomada em uma dada circunstância, mas apenas a *propensão à escolha* do indivíduo da alternativa $w_i \in \{-1, 1\}$. Como não é possível observar diretamente o peso que as motivações idiossincráticas exercem sobre a escolha dos agentes ou afirmar *a priori* qual será a escolha de um determinado agente, pode-se apenas afirmar que a propensão à escolha da alternativa w_i aumenta na mesma magnitude em que aumenta o diferencial de incentivos observados $u(w_i) - u(-w_i)$. Pois, conforme o diferencial de benefícios observáveis a favor da escolha de w_i se eleva, o peso dos fatores idiossincráticos se torna cada vez menor, haja vista que a probabilidade associada a função (2.4) é uma função não decrescente com respeito ao diferencial $u(w_i) - u(-w_i)$.

A função densidade de probabilidade $f(\epsilon_i)$ fornece a distribui-

ção dos incentivos idiossincráticos e não observados de uma população de agentes que se defronta com o mesmo diferencial de utilidades entre duas alternativas. Deste modo, a probabilidade dada pela função (2.4), que é a função de distribuição acumulada da variável aleatória ϵ_i , mostra a fração da população que escolhe a alternativa w_i , para um dado diferencial de incentivos observados. Em termos subjetivos, a função $f(\epsilon_i)$ pode representar a densidade de probabilidade subjetiva de um observador (pesquisador) da população de agentes relativa à distribuição de incentivos não observáveis nesta população. Dessa maneira, (2.4) passa a ser a probabilidade associada pelo observador à escolha da alternativa w_i pelo indivíduo i da população.

Conforme demonstrado por TRAIN (2003), uma hipótese amplamente utilizada, com relação ao diferencial de utilidades aleatórias ϵ_i , é que esta variável aleatória é logisticamente distribuída. Esta hipótese é decorrente de duas premissas básicas com relação às utilidades aleatórias $\varphi_i(w_i)$ e $\varphi_i(-w_i)$. A primeira premissa é que tais utilidades são indepententes, ou seja, não correlacionadas entre si e a segunda premissa é que as utilidades aleatórias apresentam a mesma distribuição de probabilidade de valores extremos, cuja função densidade de probabilidade, para uma média zero e desvio padrão $\phi/\beta\sqrt{6}$ pode ser especificada como

$$f(\varphi_i) = \beta e^{-\beta} e^{-e^{-\beta\varphi_i}}, \quad (2.5)$$

Conforme demonstrado por TRAIN (2003) e encontrado em VELOSO (2011), dadas as hipóteses assumidas em (2.5), a equação (2.4) resulta na conhecida *função de distribuição acumulada logística*:

$$Prob_i(w_i) = \frac{1}{1 + e^{-\beta[u(w_i) - u(-w_i)]}}, \quad (2.6)$$

que assume valores no intervalo $[0,1] \in \mathbb{R}$ e depende do valor assumido pelo diferencial de utilidades $u_i(w_i) - u(w_i)$.

O parâmetro β evidencia o grau de heterogeneidade dos agentes, possuindo algumas propriedades interessantes do ponto de vista

populacional. Para um dado diferencial de utilidade determinística, a $Prob_i(w_i)$ especificada pela equação (2.6) é uma função monotônica de β . Assim, quanto menor for β maior será o peso dos incentivos não observados e idiossincráticos nas decisões dos agentes, tornando mais incerta as decisões dos agentes. Além disto, como $\lim_{\beta \rightarrow 0^+} Prob_i(w_i) = 1/2$, quando β torna-se nulo as escolhas $\{-1, 1\}$ passam a ser equiprováveis, independente do valor assumido pelo diferencial observado das utilidades determinísticas. Quando $\lim_{\beta \rightarrow \infty} prob_i(w_i | u(w_i) > u(-w_i)) = 1$, se β assumir um valor elevado o peso dos fatores não observados e idiossincráticos sobre o processo de tomada de decisões dos agentes será reduzido, fazendo com que as decisões dos agentes respondam predominantemente aos incentivos observados. Portanto, quando o parâmetro β aumenta o grau de heterogeneidade dos agentes diminui e quando o parâmetro β diminui o grau de heterogeneidade dos agentes aumenta.

2.2 Modelo com efeito de rede

Até agora a análise realizada se concentrou no caso em que a utilidade auferida pelos agentes é influenciada apenas pelo retorno obtido pelo próprio agente. Todavia cada agente não existe de modo isolado, influenciando e sendo influenciado pelo comportamento e pelos resultados auferidos pelos demais agentes que compõem o mercado. É preciso considerar que cada agente se encontra inserido em um contexto de interação estratégica com múltiplos tomadores de decisão, conforme sugerido por DURLAUF (1997). DURLAUF (1997) propõem um *modelo de campo aleatório*, que usa estratégias de modelagem oriundas da Física Estatística, como um meio para incorporar a interdependência das escolhas individuais no modelo de escolha discreta. Para isto, se considera que os N agentes que compõem o mercado possuem interações comportamentais, de maneira que a decisão tomada por um indivíduo pode apresentar algum tipo de vínculo com a decisão dos seus vizinhos sociais.

A *vizinhança social* do agente i , ou seja, o conjunto de agentes com os quais o agente i interage e que influenciam no seu comportamento é denotada por n_i , sendo formada por investidores que o agente i considera bem informados e que compram e vendem o mesmo ativo que o agente i , concorrendo diretamente com ele.

Neste novo contexto, além de fatores determinísticos e observáveis, captados por $u(w_i)$, e das características idiossincráticas não observáveis de cada indivíduo, captadas por $\varphi_i(w_i)$, surge um novo fator que influencia na utilidade auferida por cada agente. Conforme demonstrado por [DURLAUF \(1997\)](#) e exposto em [VELOSO \(2011\)](#), a função de utilidade privada determinística assume uma nova forma representada por:

$$V_i(w_i | \vec{w}_i^e) = u(w_i) + s_i(w_i, \vec{w}_i^e) + \varphi_i(w_i), \quad (2.7)$$

em que $s_i(w_i, \vec{w}_i^e)$ é a utilidade social determinística e $V_i(w_i | \vec{w}_i^e)$ é a *função de utilidade social determinística* que o agente i associa à alternativa $w_i \in \{-1, 1\}$, dadas as escolhas que este agente espera que seus vizinhos escolham $\vec{w}_i^e \equiv \{w_j^e\}_{j \in n(i)}$, sendo $w_j^e \in \{-1, 1\}$ a alternativa que o agente i espera que o seu vizinho j escolha no período t .

Seguindo a mesma linha de raciocínio que foi desenvolvida para o modelo sem efeito rede, conforme exposto em [TRAIN \(2003\)](#), obtém-se que a probabilidade com que o indivíduo i escolhe a opção w_i é dada pela função de distribuição acumulada da variável aleatória ϵ_i :

$$Prob_i(w_i) = \int_{-\infty}^{u_i^d(w_i) - u_i^d(-w_i)} f(\epsilon_i) d\epsilon_i, \quad (2.8)$$

sendo $u_i^d(w_i) = u(w_i) - s_i(w_i, \vec{w}_i^e)$.

Após assumir as premissas de que as utilidades $\varphi_i(w_i)$ e $\varphi_i(-w_i)$ são independentes e que apresentam a mesma distribuição de probabilidade de valores extremos, conforme apresentado em [\(2.5\)](#), obtém-

se que a propensão à escolha da alternativa w_i pelo indivíduo i é dada por (VELOSO 2011):

$$Prob_i(w_i|\vec{w}_i^e) = \frac{1}{1 + e^{-\beta[u_i^d(w_i) - u_i^d(-w_i)]}}, \quad (2.9)$$

2.3 Representação em redes de sistemas complexos

A definição de *complexidade* (*complexity*) não é única, existem diversas definições diferentes na literatura. Segundo BAR-YAM (1997) complexidade está associada à ideia de partes interconectadas e entrelaçadas. A palavra complexo possui como origem a palavra do latim “*complexus*”, que significa enrolado, torcido junto (HEY-LIGHEN 1988). Deste modo, para existir complexidade são necessárias duas ou mais partes ou elementos conectados através de várias vias, cuja separação seja difícil. Ou seja, ao mesmo tempo em que o sistema é constituído por partes distintas, estas partes se encontram unidas pelas conexões existentes entre elas, não sendo possível separar as partes ou analisá-las de forma independente, sem que estas conexões sejam destruídas. Os sistemas complexos descrevem um conjunto de pessoas pessoas ou objetos constituídos por muitos componentes em interação, os quais possuem estruturas difíceis de serem compreendidas (CASTI 1994).

Os sistemas complexos são muitas vezes confundidos com sistemas caóticos, sendo necessário compreender a diferença existente entre um sistema complexo e um sistema caótico. Segundo BARANGER (2001) e MILLER & PAGE (2007), os sistemas complexos são vistos pela literatura como o limiar do caos, envolvendo algum tipo de interação entre o caos e o não-caos. Em um mundo caótico os diversos elementos que o compõem são independentes entre si e a remoção de um elemento específico não altera significativamente o comportamento do sistema. A complexidade aparece quando a de-

pendência entre os componentes torna-se importante, de modo que a remoção de um elemento específico destrói o comportamento do sistema.

A complexidade busca identificar o modo como a interação existente entre as partes constituintes (investidores, companhias, comerciantes, gestores) influencia no comportamento do sistema como um todo (mercado), mudando o modo como as interações entre os agentes são analisadas, ela atribui às interações um papel central na explicação do comportamento apresentado pelo sistema no qual estes agentes estão inseridos.

A teoria dos sistemas complexos representa um ferramental capaz de identificar o modo como cada agente influencia no comportamento dos demais agentes do respectivo grupo. Por exemplo, quando cada agente pertencente ao mercado financeiro decide se vai comprar ou vender um ativo no próximo período, ele não leva em consideração apenas o retorno que vai auferir, mas também as decisões de investimento e o retorno auferido pelos demais agentes que compõem o mercado financeiro. É exatamente neste ponto que os sistemas complexos mostram-se vantajosos, uma vez que permitem uma maior flexibilidade na análise do modo como ocorrem as interações entre os agentes.

Os sistemas complexos possuem diversas propriedades que os caracterizam, na sequência são apresentadas e definidas as propriedades consideradas mais importantes pela literatura especializada.

Diversidade implica que os vários elementos de um sistema complexo são distintos entre si.

Conectividade significa que existem conexões entre os diferentes componentes que formam um sistema. Por exemplo, quando um agente decide se vai comprar ou vender um ativo ele olha o que os demais agentes estão fazendo, se eles estão comprando ou se vendendo o ativo.

A *interdependência* está relacionada a maneira como as ações, comportamentos e estratégias adotadas por um agente influenciam

e são influenciados pelos demais agentes que compõem o sistema. Sendo que a reação de um agente depende fortemente do comportamento dos demais agentes (ARAÚJO 2006).

Adaptação significa que cada agente possui a capacidade de modificar o seu comportamento de diferentes modos, buscando melhorar o resultado obtido. Um sistema complexo é um sistema dinâmico composto por agentes distintos e conectados que interagem entre si. A interação existente entre os agentes e fatores externos alteram o ambiente de interação, sendo que a capacidade de adaptação é fundamental para a sobrevivência do sistema.

A *robustez* está associada à capacidade de um sistema complexo de manter sua estabilidade estrutural diante de choques em componentes específicos. Segundo MILLER & PAGE (2007), apesar de sistemas complexos poderem ser frágeis, pequenas mudanças em seus componentes não alteram as propriedades possuídas por estes, de modo que o sistema é capaz de dispersar e dissipar choques sofridos.

A *Auto-organização* surge da interação não previsível de elementos de um sistema, a qual apesar de não ter sido planejada apresenta uma ordem mais eficaz do que se tivesse sido planejada deliberadamente (CURVELLO & SCROFERNEKER 2011).

A *emergência* está ligada ao comportamento do sistema como um todo. O comportamento apresentado pelos sistemas complexos **emergem** da atividade exercida pelos componentes que o compõem, de modo que as propriedades do sistema como um todo são diferentes das propriedades oriundas do somatório das propriedades possuídas pelas partes que o compõem (MILLER & PAGE 2007). Esta propriedade tem implicações profundas, dela se pode inferir que um sistema econômico não pode ser estudado de maneira reducionista, se este for entendido como um sistema complexo, pois quando se estuda apenas as partes constituintes de um sistema complexo algumas características relacionadas ao sistema como um todo não são observadas (PAGE 2009).

MATURANA & VARELA (2001) recorre ao comportamento social apresentado por formigas e abelhas para mostrar como a emergência influencia no comportamento de um sistema complexo. As interações que ocorrem em um formigueiro ou em uma colmeia podem ocorrer sem que exista um agente líder entre os agentes pertencentes ao grupo, sem que isto comprometa o funcionamento do sistema como um todo. Por exemplo, um formigueiro, no qual a rainha não é responsável por tomar as decisões, não possui um líder, as formigas tomam suas decisões através de relações colaterais e *feedback* intenso, sendo responsáveis pela construção e organização do seu trabalho. A partir do qual surge um sistema complexo (o formigueiro), no qual inteligência, personalidade e aprendizado emergem de baixo para cima.

A *Imprevisibilidade* é uma propriedade compartilhada pelos sistemas complexos e pelos sistemas caóticos, porém em níveis distintos. Conforme destacado por BARANGER (2001) o fato de se conhecer o estado do sistema com precisão em determinado momento não significa maior capacidade de prever o comportamento futuro deste sistema. Só é possível fazer isto para um momento muito curto no futuro e conforme o intervalo de tempo aumenta o erro de previsão cresce exponencialmente. Segundo KEMP (2009) os sistemas complexos possuem algum grau de instabilidade, nos quais processos de auto-organização reformulam o sistema e sua estrutura.

Não-linearidade significa que o comportamento dinâmico do sistema não se origina da simples sobreposição dos comportamentos elementares apresentado pelas suas partes constituintes. Ou seja, elas não estão elevadas somente à primeira potência, no caso unidimensional é o mesmo que dizer que os resultados deste sistema não são proporcionais aos seus *inputs*. A não-linearidade tem consequências práticas muito importantes, por exemplo, num sistema com uma variável, do qual se espera determinado comportamento, duplicar o valor da variável não significa necessariamente duplicar a resposta. Isto pode ter importantes consequências sociais e econômicas (ARAÚJO 2006).

Por fim, a *geração de eventos de larga escala* implica que, devido à presença de não-linearidade, os sistemas complexos podem estar sujeitos a algum tipo de sensibilidade às condições iniciais. Uma pequena variação nas condições iniciais pode ter como resultado um evento de larga escala (PAGE 2009).

2.4 Redes Complexas

A interdependência existente entre os componentes que constituem um sistema complexo faz com que o modo como estes componentes se relacionam assumam uma importância elevada. As redes surgem a partir das conexões individuais existentes entre os componentes de um sistema complexo, a cada sistema complexo está associado uma rede específica (RECUERO 2009). Por exemplo, se cada agente que constitui o mercado olha para as informações possuídas por outro agente pertencente a este mercado, então as informações circulam neste mercado através de uma rede específica, a qual conecta os agentes que o compõem, mostrando para quais agentes cada agente específico está olhando na hora de buscar mais informações sobre o mercado.

Segundo AHUJA et al. (1993) e GOYAL (2007), as redes complexas podem ser representadas matematicamente através da *teoria dos grafos*, segundo a qual uma rede não direcionada é representada por um conjunto $G = (N, B)$, em que N é um conjunto de *nós* (*vertices*) finito e não-vazio e B é um conjunto de *arestas* (*edges*) cujos elementos são pares não ordenados de nós distintos. No contexto do presente trabalho, os nós representam os agentes compradores e vendedores do ativo que compõem o mercado e as arestas representam as conexões existentes entre os agentes que formam este sistema, ou seja, os agentes que influenciam na escolha do agente i quando este decide se vai comprar ou vender o ativo.

Dois nós i e j de uma rede G estão conectados se existir uma sequência de nós conectados entre si que ligue o nó i ao nó j . Dois

nós quaisquer que pertencem a rede podem estar conectados ou não dependendo da estrutura apresentada pela rede. O conjunto de nós conectados por arestas a um nó de referência compõe a *vizinhança* (*neighborhood*) deste nó.

Conforme destacado por TAYLOR & HIGHAM (2009), uma rede G pode ser representada por uma *matriz adjacência* $A[a_{ij}] \in \mathbb{R}$, a qual é quadrada de ordem L , ou seja com L^2 elementos. Nesta matriz $a_{ij} = a_{ji} = 1$ indica que os nós i e j estão *conectados*, $a_{ij} = a_{ji} = 0$ indica que os nós i e j não possuem ligação entre eles e $a_{ij} = 1$ ou $a_{ji} = 1$ indica que os nós i e j possuem conexão unidirecional. Ademais, considera-se que A é simétrica, de modo que se dois agentes estão conectados, ambos observam a estratégia adotada pelo seu vizinho. Cada agente i não possui ligação com ele mesmo.

Diversas medidas foram criadas com o objetivo de identificar as características apresentadas pelas redes complexas. Para o presente trabalho três medidas são relevantes, a saber, o grau (*degree*), a *distância* (*path length*) entre dois nós e o *coeficiente de agrupamento* (*cluster*).

O *grau* de um nó i denotado como ν_i mede com quantos agentes da rede cada agente i possui ligação, ou seja, busca identificar o número de vizinhos do nó i , sendo formalmente definido como:

$$\nu_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}. \quad (2.10)$$

A *distância* entre dois nós i e j é definida como o número mínimo de arestas a serem percorridas para ir do nó i ao nó j . A medida relacionada à distância mais utilizada para caracterizar as redes complexas é a *distância média* entre os nós, e denotada por (l) que é a média aritmética das distâncias entre os nós da rede.

Por fim, o *coeficiente de agrupamento* para um nó i , denotado por C_i , é definido como a proporção de nós vizinhos ao nó i que também são vizinhos entre si, sendo obtido através da divisão do número de vizinhos que estão conectados entre si pelo número má-

ximo possível de conexões. O coeficiente de agrupamento associado à rede como um todo é dado pela média aritmética dos coeficientes de agrupamento dos nós pertencentes a esta rede:

$$C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{N_p}{\frac{1}{2}\nu_i(\nu_i - 1)}, \quad (2.11)$$

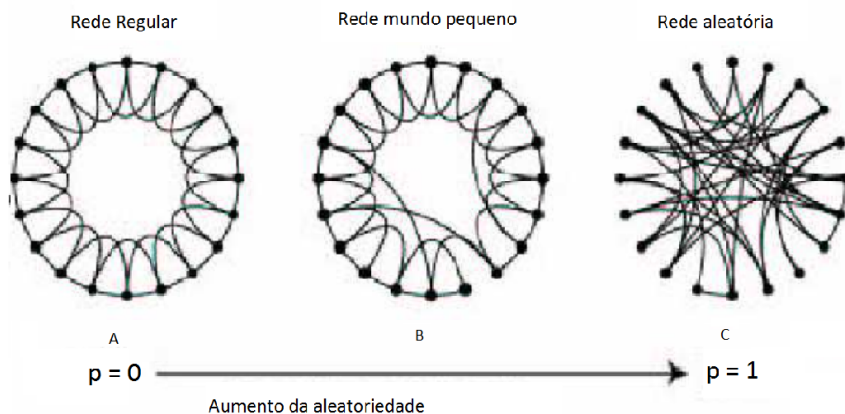
em que N_p representa o número de pares de vizinhos conectados.

WATTS & STROGATZ (1998) propôs uma forma para representar as redes complexas, para isto ele parte de uma *rede em anel* (*ring network*), de tamanho n , representada geometricamente por um círculo com n nós equidistantes entre si, cuja representação matricial é feita através de uma matriz adjacência. Para representar uma rede específica através de uma rede em anel **WATTS & STROGATZ (1998)** realiza uma operação conhecida como *religação* (*rewiring*), para isto ele considera que no período inicial cada um dos nós que compõem a rede está ligado a ν vizinhos no sentido horário e ν vizinhos no sentido anti-horário, dado $\nu < n$. Em seguida, com base em uma probabilidade $p \in [0,1] \subset \mathbb{R}$, elimina-se a aresta entre um nó i e um de seus vizinhos e reestabelece-se uma nova conexão, ainda não existente, entre o nó i e outro nó qualquer selecionado de modo aleatório na rede. Conferindo à rede a possibilidade de variar entre a regularidade, $p = 0$, e a desordem, $p = 1$.

As redes podem ser classificadas conforme as características apresentadas pelas conexões existentes. Quando p assume valor 0 obtém-se uma *rede regular* (Figura 1A), a qual caracteriza-se por possuir todos os nós com o mesmo número de arestas, além disso, as arestas conectadas a um dado nó i são sempre as mesmas. **WATTS & STROGATZ (1998)** destaca que as redes regulares são caracterizadas por possuírem um alto coeficiente de cluster e uma distância média entre os nós que cresce linearmente com o tamanho (número de nós) da rede.

Segundo **WATTS & STROGATZ (1998)**, se o valor assumido por p for próximo a 0,1 tem-se as redes “*pequeno mundo*” (Figura

Figura 2.1: Exemplos de redes complexas.



Fonte: [WATTS & STROGATZ \(1998\)](#).

1B), nas quais, a distância média entre os nós l é comparável com a distância média entre os nós de uma rede aleatória l_{rn} , ou seja, $\frac{l}{l_{rn}} \sim 1$, e o coeficiente de cluster C é estritamente superior ao coeficiente de cluster de uma rede aleatória C_{rn} , ou seja, $\frac{C}{C_{rn}} \gg 1$.

Uma rede aleatória (Figura 1C) é obtida quando a probabilidade de religação aleatória de cada aresta da rede, dada por $p \in [0,1]$, é 1. As *redes aleatórias* caracterizam-se por possuírem ligações que são estabelecidas aleatoriamente. Como as ligações entre as arestas são determinadas de modo completamente aleatório elas caracterizam-se por possuírem um elevado grau de desordem.

O modelo computacional baseado em agentes que será apresentado na próxima seção é uma variante deste modelo de referência. Ele Apresenta apenas algumas modificações que buscam captar certos determinantes considerados necessários para responder ao problema de pesquisa delineado nos capítulos anteriores.

2.5 Um modelo de escolha binária em um mercado com efeito reputação

Considere-se um mercado composto por N agentes e apenas um único ativo. Em cada período de tempo o agente $i \in \{1, 2, \dots, N\}$ deste mercado pode comprar ou vender uma, e somente uma unidade do ativo. Caso o i -ésimo agente assuma a posição comprada, denota-se seu estado por $w_i = 1$, caso opte pela posição vendida, seu estado é denotado por $w_i = -1$. Ou seja, em cada período, cada agente i pode estar em um de dois estados mutuamente excludentes, $w_i \in \{-1, 1\}$.

Deste modo, a cada período t pode-se decompor a população de $N(t)$ agentes em dois grupos distintos, a saber, $N_b(t)$ agentes compradores e $N_s(t)$ agentes vendedores, de maneira que:

$$N(t) = N_b(t) + N_s(t). \quad (2.12)$$

As propensões à escolha de cada agente dependem de incentivos observáveis, tanto de caráter privado quanto social, bem como de incentivos idiossincráticos, latentes e não observáveis.

2.5.1 Utilidade privada

A decisão do agente entre a compra ou a venda do ativo depende de incentivos observáveis e de incentivo não observáveis. Os incentivos que cada agente recebe dependem, entre outros fatores, do formato assumido pela remuneração do agente, ou seja, se a remuneração recebida é fixa ou se ela é variável. A decisão do indivíduo em relação a compra ou a venda do ativo pode mudar conforme a sua forma de remuneração se altera.

Deste modo, considera-se que o agente pode possuir remuneração fixa, ou seja, a remuneração dos agentes possui uma fonte única

e não está atrelada ao desempenho das respectivas carteiras geridas por cada agente. Esta forma de remuneração possui a vantagem de ser exatamente a mesma independente se o ativo comercializado está se valorizando ou se desvalorizando.

Por outro lado, se o agente possui remuneração variável considera-se que o montante total que o agente ganha a cada período pode variar de acordo com o desempenho da carteira gerida por ele. Quanto maior o retorno do ativo comercializado pelo agente maior será a remuneração recebida e quanto menor o retorno do ativo comercializado pelo agente menor será a remuneração recebida.

Assim, o *diferencial de utilidades privadas determinísticas* entre as alternativas $w_i = 1$ e $w_i = -1$ é nulo para os agentes que possuem remuneração fixa. Por outro lado, como o retorno do ativo comercializado pelos agentes com remuneração variável pode ser positivo ou negativo a utilidade auferida varia, podendo assumir valores positivos ou valores negativos.

Segundo VELOSO (2011), a *utilidade privada* do agente i pode ser representada por:

$$u(w_i) = \begin{cases} 0, & \text{se o agente } i \text{ recebe remuneração fixa,} \\ \delta R(t)w_i(t), & \text{se o agente } i \text{ recebe remuneração variável,} \end{cases} \quad (2.13)$$

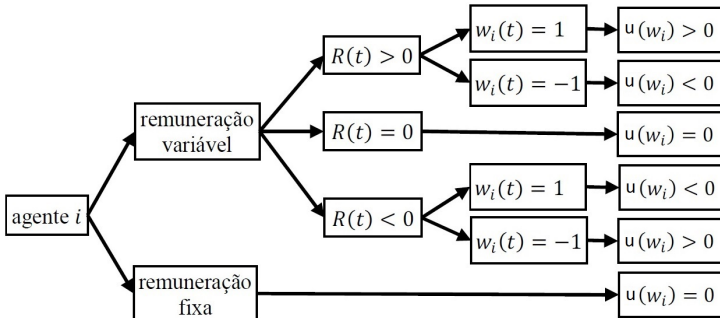
em que $\delta \in (0,1) \subset \mathbb{R}$ é uma constante paramétrica, que representa a taxa de performance, ou seja, a taxa que incide na parcela do retorno que excede a variação de um determinado índice, paga como forma de premiar o bom desempenho da carteira administrada pelos gestores financeiros.

Segundo a função (2.13), se $R(t) > 0$ e determinado agente i tiver comprado o ativo em t , $w_i(t) = 1$, então, conforme apresentado no ramo superior da árvore na Figura 2.2, o agente auferirá um diferencial de utilidades privadas determinísticas positivo, $u(w_i) > 0$, pois ele ganhou por conta da valorização do ativo em t . Por outro lado, os agentes que optaram pela venda do ativo, $w_i(t) = -1$, incorreram

em uma remuneração negativa, o que resulta em $u(w_i(t)) < 0$.

No ramo intermediário que se inicia no nó “agente com remuneração variável” (terceiro ramo de cima para baixo) da árvore de possibilidades da Figura 2.2 encontra-se o caso particular no qual a taxa de retorno do ativo é nula. Neste caso, o diferencial de utilidades privadas determinísticas de um agente com remuneração variável não vai depender da posição do agente no mercado, de modo que ele se iguala ao diferencial de utilidades privadas determinísticas de um agente com remuneração fixa, ou seja, zero. Nos demais ramos da árvore apresentada na Figura 2.2 encontram-se as demais possibilidades, as quais podem ser inferidas seguindo-se a mesma lógica.

Figura 2.2: Árvore de possibilidades de resultados para o diferencial de utilidades privadas determinísticas.



Fonte: Veloso (2011, p.55).

2.5.2 Utilidade social

Além das motivações de caráter privado, cada agente também leva em consideração as escolhas dos demais agentes quando decide se deve comprar ou vender o ativo. Em cada período t , cada agente i não olha apenas para o seu próprio retorno, ele também olha para

a estratégia dos demais agentes que compõem a sua vizinhança social e que considera agentes de referência. Identificando se os demais agentes compraram, $w_i(t) = 1$, ou venderam, $w_i(t) = -1$, o ativo e qual foi o retorno que eles obtiveram.

Conforme sugerido por VELOSO (2011) e por LETHBRIDGE (2008), cada agente não está interessado apenas no seu próprio retorno, mas na reputação alcançada frente ao mercado como um todo. Cada agente obtém um aumento de utilidade quando o retorno obtido é positivo, porém cada agente gostaria que os demais agentes não compartilhassem do mesmo retorno, pois se o agente adotar uma estratégia diferente da estratégia adotada pela sua vizinhança social e auferir um retorno positivo ele ganha reputação em termos relativos.

A *utilidade social* é obtida considerando-se que cada agente i se encontra em uma rede em formato de anel, conforme descrito na seção 2.4. Enquanto que VELOSO (2011) considera que os agentes se encontram em uma rede regular, agora, a estrutura através da qual os agentes interagem com a sua vizinhança não é mais fixa, pode variar entre uma estrutura regular e uma estrutura completamente aleatória, dependendo do valor assumido por p . Esta flexibilidade apresentada pela estrutura de informação permite identificar a relação existente entre o modo como os agentes interagem entre si e a ocorrência de eventos extremos, sendo possível identificar qual o valor de p que torna os retornos simulados semelhantes aos retornos de um ativo real.

Em cada período t o agente i deseja destacar-se da sua vizinhança social, tendo um incentivo para tomar uma decisão diferente da predominante entre os demais agentes que compõem a sua vizinhança social se isto lhe permitir auferir um retorno superior ao retorno auferido pelos demais agentes. Todavia, o agente prefere imitar a estratégia adotada pela sua vizinhança social do que auferir um resultado negativo. Como consequência, quando o agente toma uma decisão errada ele gostaria que seus vizinhos sociais também estivessem errados, pois sua reputação não seria afetada em termos

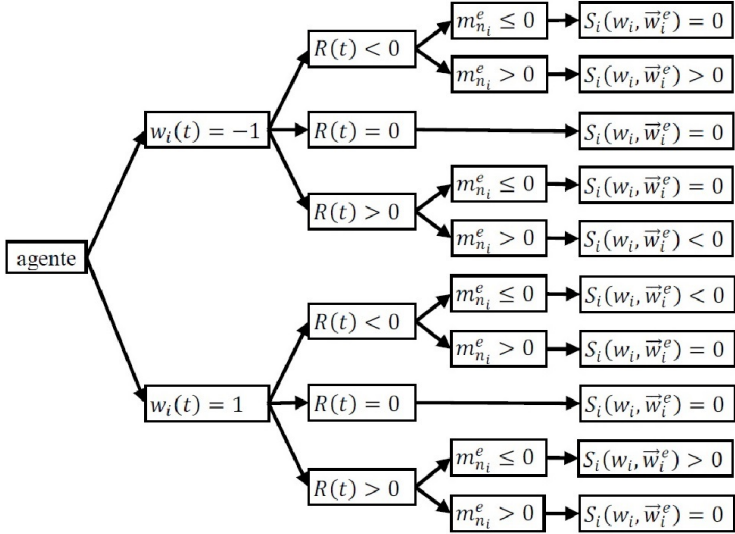
relativos. Ou seja, o agente gostaria de fazer parte da minoria na sua vizinhança social quando toma a decisão certa, ao passo que gostaria de fazer parte da maioria na sua vizinhança social quando toma a decisão errada.

Dados o agente i e um agente de referência j , o qual pertence a vizinhança social do agente i , quando o agente i toma uma decisão diferente do agente j tem-se $w_i(t)w_j(t) < 0$ e, caso contrário, se o agente i toma uma decisão semelhante ao agente j tem-se $w_i(t)w_j(t) > 0$. Caso o agente i tome a mesma decisão que a minoria em sua vizinhança ter-se-á $w_i m_{n_i}^e < 0$, sendo $m_{n_i}^e(t) = \frac{1}{n_i} \sum_{j \in n_i} w_j$ a estratégia predominante na vizinhança do agente i . Por outro lado, quando o agente i toma a mesma decisão que a maioria da sua vizinhança ter-se-á $w_i m_{n_i}^e > 0$ e quando exatamente a metade dos vizinhos toma uma determinada decisão ter-se-á $w_i m_{n_i}^e = 0$.

Estes resultados estão representados na Figura 2.3. Por exemplo, no segundo ramo de cima para baixo da árvore encontra-se o caso no qual o agente optou pela venda do ativo, $w_i(t) = -1$, e ocorreu uma desvalorização do ativo, $R(t) < 0$. Do ponto de vista social este indivíduo tomou a decisão correta, pois ele faz parte da minoria dos agentes, $w_i m_{n_i}^e < 0$. De modo que o agente auferiu uma utilidade social determinística positiva. Quando o agente opta pela compra do ativo, $w_i(t) = 1$, observa-se uma desvalorização do ativo $R(t) < 0$ e os agentes que compõem a sua vizinhança social optam por vender o ativo, $w_i m_{n_i}^e < 0$, conforme mostrado no quinto ramo, de cima para baixo, da árvore de possibilidades apresentada na Figura 2.3, significa que o agente, apesar de pertencer a minoria dos agentes, escolheu a estratégia errada, de modo que ele auferiu uma utilidade social negativa, tendo um incentivo para imitar a estratégia adotada pelos demais agentes. Seguindo a mesma lógica, chega-se aos demais resultados apresentados na Figura 2.3.

A *função de utilidade social* pode ser representada pela seguinte

Figura 2.3: Árvore de possibilidades de resultados para o diferencial de utilidades sociais determinísticas.



Fonte: Veloso (2011, p. 58).

função:

$$s_i(w_i, \vec{w}_i^e) = \begin{cases} -R(t)m_{n_i}^e(t), & \text{se } w_i(t)m_{n_i}^e(t) < 0, \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases} \quad (2.14)$$

Com base no modelo de escolha discreta apresentado na seção 2.1 e nas funções de utilidade privada e social definidas nas equações (2.7), (2.13) e (2.14) se obtém a diferença entre a utilidade do agente i associada a alternativa w_i e a alternativa $-w_i$ dada por:

$$\begin{aligned} V_i(w_i) - V_i(-w_i) &= \alpha u(w_i) + s_i(w_i, \vec{w}_i^e) + \epsilon_i \\ &= \alpha \begin{cases} 0, & \text{se o agente } i \text{ recebe remuneração fixa,} \\ \delta R(t)w_i(t), & \text{se o agente } i \text{ recebe remuneração variável,} \end{cases} \end{aligned}$$

$$+ \begin{cases} -R(t)m_{n_i}^e(t), & \text{se } w_i(t)m_{n_i}^e < 0, \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases} + \epsilon_i \quad (2.15)$$

Conforme explicitado em (2.9), além da utilidade privada e da influência da vizinhança social, o agente i ao definir se vai comprar ou vender o ativo também está sujeito a fatores idiossincráticos. A partir das premissas associadas à (2.9), a escolha do agente i da alternativa w_i pode ser representada pela seguinte equação:

$$Prob_i(w_i) = \frac{1}{1 + e^{-\beta[u_i^d(w_i) - u_i^d(-w_i)]}}. \quad (2.16)$$

Segundo VELOSO (2011), endogeneizar-se-á o grau de heterogeneidade mensurado por β , evidenciado pela distância entre o preço esperado do ativo pelo agente i no período t e o preço do período $t - 1$.

Conforme sugerido por SUHADOLNIK et al. (2010) e I. et al. (2006), considera-se que o ativo possui um valor justo definido como o seu valor fundamental, denotado por $\bar{F} > 0$. O qual baliza a percepção dos agentes quanto ao preço do ativo. Sem perda de generalidade, assume-se que este valor é constante ao longo do tempo e que todos os indivíduos percebem o valor fundamental de forma idêntica em cada período de tempo.

Assim, quando o preço do ativo, P , é maior que \bar{F} o ativo está supervalorizado e quando $P < \bar{F}$ o ativo está subvalorizado. Segundo I. et al. (2006), cada investidor compara o preço do ativo com o valor fundamental por meio da seguinte fórmula:

$$G(t) = Max \left\{ -1, \frac{P(t-1) - \bar{F}}{P(t-1)} \right\}. \quad (2.17)$$

Segundo a qual, cada agente pesa o desvio do preço vigente no período $t - 1$ em relação ao preço fundamental \bar{F} . Quando o preço do ativo é maior que o preço fundamental os agentes sabem que o ativo está supervalorizado, de tal forma que existe uma tendência à venda.

Caso contrário, se o preço do ativo é inferior ao preço fundamental, os agentes percebem que o ativo está subvalorizado, existindo uma tendência à compra.

Essa hipótese só é válida caso o agente i seja um comprador, $w_i = 1$, caso o indivíduo tenha optado pela venda do ativo, $w_i = -1$, este efeito heterogeneidade perde relevância, pois a tendência do preço do ativo é refletir o seu valor fundamental.

Conforme o preço do ativo se desvia do preço esperado pelos agentes, as incertezas sobre o comportamento futuro do preço do ativo se elevam em relação às incertezas presentes quando o preço do ativo está próximo ao preço esperado pelos agentes. Esse aumento da incerteza dos agentes em relação ao comportamento futuro do preço aumenta o peso dos fatores idiossincráticos, vis-à-vis os fatores determinísticos observáveis.

Deste modo, a propensão à escolha da estratégia w_i passa a ter um grau de heterogeneidade específico por agente dado por:

$$\beta_i = \frac{\kappa}{1 + \theta_i}, \quad (2.18)$$

na qual κ é uma constante paramétrica e θ pode assumir diferentes valores dados por:

$$\theta_i = \begin{cases} 0, & \text{se } G(t) \geq 0 \text{ e } w_i = -1, \\ \gamma|G(t)|, & \text{se } G(t) \geq 0 \text{ e } w_i = 1, \\ \gamma|G(t)|, & \text{se } G(t) < 0 \text{ e } w_i = -1, \\ 0, & \text{se } G(t) < 0 \text{ e } w_i = 1, \end{cases} \quad (2.19)$$

em que $\gamma > 0$ é uma constante paramétrica que estabelece o peso do hiato entre o preço fundamental e o preço do ativo no cálculo da heterogeneidade do i -ésimo agente. O impacto das heterogeneidades a propensão à escolha do agente i da estratégia w_i é dada por:

$$Prob_i(w_i) = \frac{1}{1 + e^{-\beta_i[u_i^d(w_i) - u_i^d(-w_i)]}}. \quad (2.20)$$

Assim, com base nas equações (2.19) e (2.20) tem-se que se o preço do ativo no período $t - 1$ for maior ou igual ao preço fundamental, ou seja, $G(t) \geq 0$, o grau de heterogeneidade do agente i será igual a κ . Se o agente optou pela venda do ativo no período, o grau de heterogeneidade será dado por $\frac{\kappa}{1+\theta_i} < \kappa$. Se o valor fundamental do ativo for inferior ao preço do período $t - 1$, $G(t) < 0$, os agentes compradores terão seu grau de heterogeneidade definido por κ , enquanto que os agentes vendedores terão seu grau de heterogeneidade definido por $\frac{\kappa}{1+\theta_i}$.

Em resumo, o modelo de escolhas discretas estabelece uma relação probabilística entre o benefício privado líquido e a escolha w_i e entre o benefício social líquido e a escolha da estratégia w_i . Uma utilidade privada, equação (2.13) e uma utilidade social (2.14) mais elevadas significam maior probabilidade do agente escolher a estratégia w_i em detrimento da estratégia $-w_i$, pois menor será o peso exercido pelos atributos não observáveis sobre a decisão dos agentes. A utilidade privada é função do retorno do ativo e da estratégia adotada pelo agente, se o agente comprar (vender) o ativo e este apresentar um retorno positivo (negativo) quanto maior (menor) for o retorno maior será a utilidade privada auferida pelo agente. Como a utilidade é positiva, a probabilidade do agente escolher a estratégia w_i , equação (2.16), será superior a 0,5, aumentando, conforme a utilidade aumenta. Por outro lado, se o agente tiver escolhido a estratégia errada, se tiver comprado o ativo (vendido) e o retorno for negativo (positivo) ele auferirá uma utilidade negativa e a probabilidade de continuar com a estratégia será inferior a 0,5, se tornando cada vez menor conforme menor for o valor assumido pela utilidade social.

De modo semelhante, quanto maior for a utilidade social menor será o peso dos atributos não observáveis sobre as escolhas dos agentes. Caso o agente pertença a minoria de sua vizinhança social e escolha a estratégia correta, compre o ativo e este se valorize ou venda o ativo e este se desvalorize, a utilidade social será positiva

e o agente será estimulado a se diferenciar dos demais agentes que pertencem a sua vizinhança social. Se o agente possuir a mesma estratégia que a minoria dos agentes que compõem a sua vizinhança social e escolher a estratégia errada, comprar o ativo e este se desvalorizar ou vender o ativo e este se valorizar, ele auferirá uma utilidade social negativa e será estimulado a imitar a estratégia predominante na sua vizinhança social pois menor será o valor assumido pela probabilidade, dada pela equação (2.16).

A utilidade social depende da estrutura de informações do agente, a qual é flexível, variando entre uma rede regular e uma rede aleatória. Cada agente pode olhar apenas para a estratégia adotada pelos agentes que se encontram mais próximos a ele, pode olhar para a estratégia adotada por alguns agentes que se encontram próximos a ele e para a estratégia adotada por alguns agentes aleatórios do mercado ou pode olhar apenas para a estratégia adotada por agentes que se encontram distantes dele no mercado.

Por fim, considera-se que o preço fundamental, equação (2.17), influencia no grau de heterogeneidade dos agentes, se ele escolher uma estratégia diferente da esperada, comprar o ativo quando $P(t-1) < F$ ou vender o ativo quando $P(t-1) > F$, o peso dos fatores não observáveis variará, quanto maior o desvio do preço em relação ao preço fundamental maior será a influência dos fatores não observáveis sobre a escolha do agente i , equações (2.18), (2.19) e (2.20).

Capítulo 3

INFLUÊNCIA DA REMUNERAÇÃO VARIÁVEL SOBRE A OCORRÊNCIA DE EVENTOS EXTREMOS

Conforme destacado na introdução, o presente trabalho analisa se a estrutura de interação em um mercado de um ativo possui uma relação com a maior ocorrência de eventos extremos neste mercado. O que, se for verdade, significa que a influência que a renda variável exerce sobre a ocorrência de eventos extremos pode ser menor ou maior do que apontado por [VELOSO \(2011\)](#).

Esse capítulo busca alcançar este objetivo, para isto, na seção [3.1](#) apresenta-se o processo de formação do preço do ativo e o cálculo do retorno, na seção [3.2](#) são apresentadas as condições iniciais do modelo computacional simulado, na seção [3.3](#) apresenta-se o mecanismo de determinação do retorno e o modo como os parâmetros foram calibrados. Por fim, na seção [3.4](#), realizam-se três testes, a Curtose, o Expoente de Pareto e o Índice Caudal, os quais indicam que o aumento da proporção dos gestores com remuneração variável não leva a uma maior probabilidade de ocorrência de eventos extremos.

3.1 Formação do preço do ativo e cálculo do retorno

Conforme apresentado nas seções 2.5.1 e 2.5.2, a utilidade privada e a utilidade social dos agentes são calculadas a partir do retorno do ativo. Porém, para obter o retorno do ativo no período t , é preciso calcular o preço do ativo, o qual é determinado pelo mecanismo walrasiano padrão de excesso de demanda de mercado.

Conforme sugerido por LUX (2008), a evolução do preço do ativo ocorre através do *processo de ajustamento walrasiano de preço* em tempo discreto, podendo ser simplificada por uma equação de diferenças da seguinte forma (PLEROU et al. 2002):

$$P(t) = P(t-1)[1 + \tanh(\lambda D(t))], \quad (3.1)$$

sendo $\lambda > 0$ uma constante paramétrica que evidencia a sensibilidade do preço ao excesso de demanda $D(t)$ e $\tanh(\cdot)$ a função tangente hiperbólica, cuja imagem é o intervalo aberto $(-1,1) \subset \mathbb{R}$.

Como os agentes tomam as suas decisões de forma simultânea, cada um dos N agentes escolhe a sua estratégia, $w_i(t)$, sem conhecer as estratégias escolhidas pelos demais $N-1$ agentes. Dada a premissa de que cada agente compra ou vende uma única unidade do ativo, a função excesso de demanda pode ser definida, segundo LUX (2008), como:

$$D(t) = \frac{N_b(t) - N_s(t)}{N}, \quad (3.2)$$

quando $N_b = N_s$ o excesso de demanda é nulo e $\tanh(\lambda D(t)) = \tanh(0) = 0$, sendo $P(t) = P(t-1)$. A taxa de retorno do ativo, que é a variável para a qual os agentes olham quando definem a estratégia que vão adotar no próximo período, é calculada como a diferença logarítmica entre o preço do ativo no período t e o preço

do ativo no período $t - 1$:

$$\begin{aligned} R(t) &= \ln P(t) - \ln P(t - 1) \\ &= \ln[1 + \tanh(\lambda D(t))]. \end{aligned} \tag{3.3}$$

Após definir o retorno do ativo, passa-se à formalização do modo como os agentes tomam as suas decisões, conforme será visto na próxima seção.

3.2 Implementação computacional

O modelo computacional simulado é calibrado para uma amostra de dados do IBOVESPA, a qual foi obtida do IPEADATA, referindo-se a dados diários do período entre 13/08/2003 e 09/08/2013, totalizando 3187 observações. Como existe a possibilidade dos valores estabelecidos para os parâmetros no período $t = 0$ influenciarem nas realizações iniciais, comprometendo o retorno simulado do ativo, a semente aleatória foi fixada e as 540 observações iniciais de cada simulação computacional foram excluídas, eliminando-se qualquer influência que os valores iniciais dos parâmetros possam exercer sobre o preço e o retorno do ativo. Deste modo, foram simuladas 3727 realizações ($3187+540=3727$).

A série simulada de preços é gerada considerando-se que os agentes estão dispostos em uma rede tipo anel, representada por uma matriz adjacência com lado $L = 10000$.

Cada agente da população recebe, exclusivamente, remuneração fixa ou variável. A proporção de agentes com remuneração variável na população total de agentes é definida pelo parâmetro rv . A distribuição desses estados na rede é realizada de maneira aleatória, o que evita que a distribuição dos agentes mantenha uma relação com a forma de remuneração dos mesmos.

O parâmetro δ , definido na subseção 2.5.1, que incide sobre o

retorno do ativo e define a taxa de performance que é paga aos agentes financeiros como forma de remuneração, é fixado em 0,2. A fonte para a escolha deste valor é o *Ranking EXAME* de fundos 2013, segundo o qual 127 fundos classificados na categoria fundo de ações não pagavam taxa de performance, 5 pagavam taxa de performance de 10%, 8 pagavam taxa de performance de 15%, 101 pagavam taxa de performance de 20% e 1 pagava uma taxa de performance de 25%, totalizando 115 fundos de investimento com uma taxa de performance média de 19,26%.

No primeiro período, $t = 0$, o preço do ativo e seu valor fundamental são fixados em $P_0 = F = 100$, de modo que o preço reflete exatamente os fundamentos do ativo. Os parâmetros α , β , γ , λ , κ e p também são fixados para todas as realizações do modelo computacional simulado. Ademais, conforme definido na seção 2.1, considera-se que cada agente pode assumir duas estratégias, escolhendo comprar o ativo, $w_i = 1$, ou vender o ativo, $w_i = -1$. Em $t = 0$ a escolha de cada agente entre a compra ou a venda do ativo é determinada aleatoriamente, de modo que 50% dos agentes são compradores e os 50% restantes são vendedores.

A partir do preço do ativo e das estratégias assumidas pelos agentes no período $t = 0$, obtém-se o preço e o retorno do ativo para o período $t = 1$, através das equações (3.1) e (3.3), respectivamente. Dados o retorno do ativo, o tipo de remuneração (fixa ou variável) e a escolha (comprado ou vendido) de cada agente no período $t=1$, obtém-se o diferencial de utilidades determinísticas, conforme a equação (2.19), e a partir deste diferencial a probabilidade, $Prob_i(w_i)$, do agente continuar com a estratégia no período $t = 2$, através da equação (2.16).

Para identificar se o agente i vai mudar de estratégia gera-se um número aleatório $rn \in [0,1] \subset \mathbb{R}$ a partir de uma distribuição uniforme. Se $rn > Prob_i$, o agente i muda sua estratégia, $w_i(2) \neq w_i(1)$, caso contrário, o agente continua com a estratégia, $w_i(2) = w_i(1)$.

3.3 Calibragem

A calibragem tem como objetivo identificar os valores dos parâmetros rv , α , β , p , γ , λ e κ que resultam na série de retornos simulada do ativo que mais se aproxima da série de retornos do IBOVESPA. Para isto, recorre-se ao teste Kolmogorov-Smirnov para duas amostras (*two-sample Kolmogorov-Smirnov goodness-of-fit measure*), o qual testa as seguintes hipóteses:

H0: $F_S(t) = F_{IBOV}$;

H1: $F_S(t) \neq F_{IBOV}$,

sendo que este teste se mostra adequado para o problema de pesquisa proposto neste trabalho, pois permite comparar a diferença absoluta máxima entre a função de distribuição acumulada assumida pela série empírica dos dados e a função de distribuição acumulada da série de dados proveniente da simulação do modelo computacional, dado um valor crítico associado a determinado nível de significância (VELOSO 2011).

Sejam x_1, x_2, \dots, x_m observações independente e identicamente distribuídas (IID) relacionadas à variável aleatória X_1, X_2, \dots, X_m com função densidade de probabilidade F_1 e y_1, y_2, \dots, y_m observações IID relacionadas à variável aleatória Y_1, Y_2, \dots, Y_m com função densidade de probabilidade F_2 . X e Y são variáveis aleatórias IID com a mesma função de distribuição acumulada, sendo \hat{F}_1 e \hat{F}_2 as funções de distribuição acumulada empíricas estimadas a partir de x e y , respectivamente. Segundo BOGACKA (2003/2004) \hat{F}_1 e \hat{F}_2 podem ser testadas se são oriundas da mesma distribuição através da estatística

$$D_{m,n} = \sup_x |\hat{F}_1(t) - \hat{F}_2(t)|. \quad (3.4)$$

Considere-se

$$\lim_{m,n \rightarrow \infty} P\left(\sqrt{\frac{mn}{m+n}} \leq t\right) = Q(t), \quad (3.5)$$

como $D_{m,n}$ depende apenas do tamanho da amostra, quando $n \rightarrow \infty$ a distribuição de $\sqrt{n}D_n$ possui distribuição dada por:

$$Q(t) = 1 - 2 \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^{k-1} e^{-2k^2 x^2}, \quad (3.6)$$

sendo

$$\lim_{m \rightarrow \infty} P(\sqrt{n}D_n \leq x) = Q(t), \quad (3.7)$$

A função (3.4) pode ser utilizada para testar se a série de retornos normalizados do ativo simulado e a série de retornos normalizados do IBOVESPA são oriundos da mesma distribuição. Para isto, considera-se que $\hat{F}_1(t)$ é a distribuição probabilística acumulada gerada pelos retornos da série simulada e $\hat{F}_2(t)$ é a distribuição probabilística acumulada observada dos retornos do IBOVESPA (SUHADOLNIK et al. 2010).

A calibragem dos parâmetros é feita através do *método Simplex de Nelder e Mead* (SOROOSHIAN & GUPTA 1995). Os valores dos parâmetros que minimizam D_m são:

$$\begin{aligned} rv &= 0,659025734592383, \\ \alpha &= 0,268848257590748, \\ \kappa &= 2,050387967904381, \\ p &= 0,951410726410541, \\ \lambda &= 0,930353541118440, \\ \gamma &= 2,307226187743564. \end{aligned} \quad (3.8)$$

O algoritmo de busca utilizado precisou realizar 53 interações para encontrar os valores dos parâmetros que minimizam (3.4). O valor encontrado para o teste de Kolmogorov-Smirnov, $D_{m,n} = 0,046$ com p -valor igual à 0,009, indica que os retornos simulados e os retornos do IBOVESPA são oriundos da mesma distribuição.

Não é possível comparar diretamente os resultados encontrados em (3.8) com os resultados apresentados por VELOSO (2011), porém ressalta-se novamente as vantagens do modelo apresentado. Enquanto que VELOSO (2011) considera que cada agente olha para sua vizinhança social através de uma rede regular, agora a estrutura através da qual os agentes olham para às estratégias adotadas pela sua vizinhança social é flexível podendo variar entre uma estrutura regular e uma estrutura completamente aleatória, de acordo com o valor assumido pelo parâmetro p . O valor calibrado para p indica que a estrutura de interação é próxima de uma estrutura aleatória.

3.4 Retorno apresentado pelo ativo e testes realizados

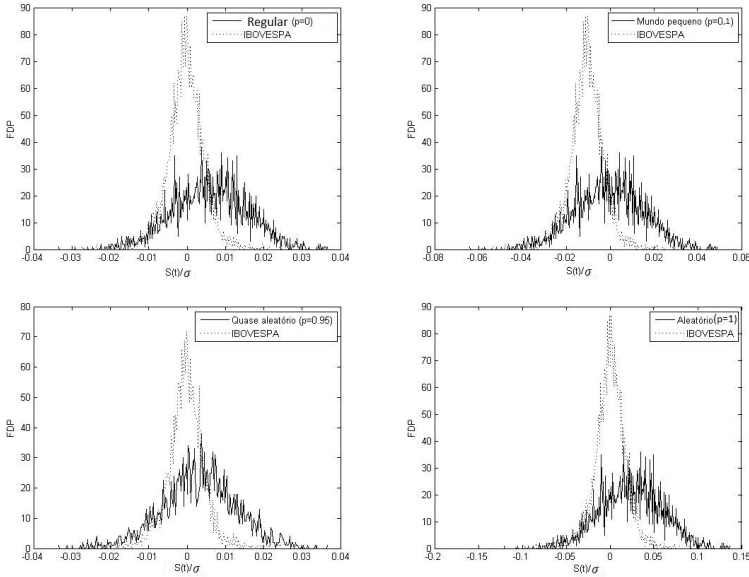
A partir dos valores dos parâmetros calibrados que resultam na série de retornos que mais se aproximam da série observada do IBOVESPA, realizam-se três testes para identificar como a remuneração variável influencia no comportamento da taxa de retorno, dada a estrutura de interação (probabilidade p) estimada pela calibração.

Na Figura 3.1 encontram-se consolidados os resultados obtidos para a série de retornos gerados pela simulação baseada nos dados do modelo computacional com a melhor configuração de parâmetros obtida pela calibragem do IBOVESPA. Os testes realizados consideram que a vizinhança é formada por uma rede regular ($p = 0$), uma rede pequeno mundo ($p = 0.1$) e uma rede quase aleatória ($p = 0.95$), respectivamente. O modelo com rede regular apresenta curtose igual a 2,94 e assimetria igual a -0,0097, enquanto que o modelo com rede

pequeno mundo apresenta curtose igual a 3,0442 e assimetria igual a -0,0687 e o modelo com rede aleatória apresenta curtose igual a 3,2660 e assimetria igual a -0,1555.

Os testes estatísticos utilizados para identificar se o aumento

Figura 3.1: Retornos



Fonte: Elaboração própria.

da remuneração variável leva a ocorrência de eventos extremos da taxa de retorno foram realizados variando o parâmetro rv , *ceteris paribus*, e avaliando-se o comportamento das séries de retorno geradas por simulação computacional.

Os testes são realizados considerando-se que rv pode assumir valores compreendidos no intervalo $[0,1] \subset \mathbb{R}$. Para isto, gerou-se um vetor composto por 101 valores equidistantes para rv , os quais variam de 0% até 100%.

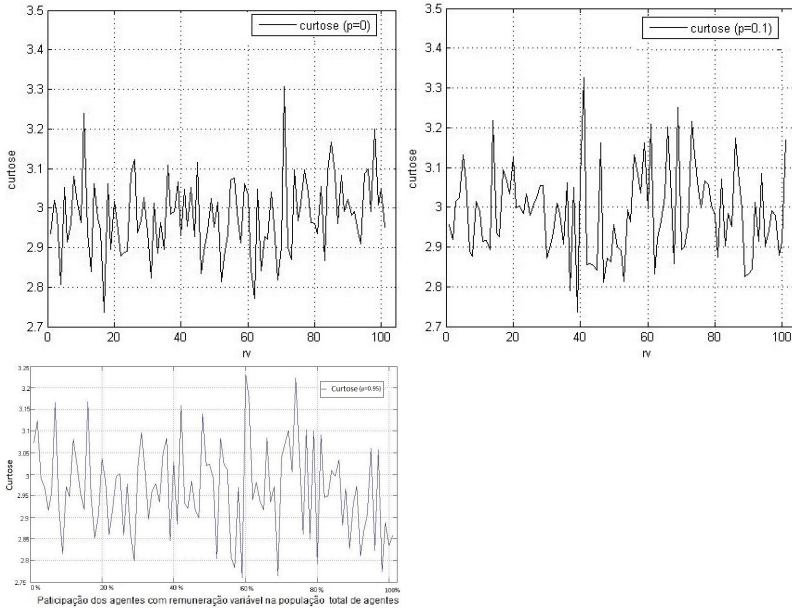
O primeiro teste realizado refere-se à evolução da *curtose* das séries de retornos conforme aumenta a participação dos agentes com remuneração variável na população total de agentes que compõem

o mercado financeiro. Recorre-se a curtose por que este momento amostral pode ser visto como um indicador de dispersão, sendo sensível a forma apresentada pela função de distribuição de probabilidade dos retornos e é capaz de identificar se a série de retornos possui caudas gordas ou pesadas. Se a curtose for igual a 3 a série possui distribuição normal e as caudas decaem rapidamente, indicando que a distribuição possui caudas finas e que eventos extremos ocorrem com uma frequência baixa. Por outro lado, quanto maior o valor apresentado pela curtose, para valores superiores a 3, maior será a incidência de eventos extremos sobre a série de retornos simulada.

Na Figura 3.2 estão consolidados os valores encontrados para a curtose para os retornos gerados a partir dos parâmetros calibrados. Os resultados encontrados não indicam uma tendência de elevação da curtose conforme aumenta a proporção de agentes que possui remuneração variável no total dos indivíduos, sendo que a curtose apresenta uma “leve” tendência de queda quando a proporção de agentes com remuneração variável é superior a 80% dos agentes.

Conforme destacado por DANIELSSON & MORIMOTO (2000), apesar de a curtose ser um indicador amplamente utilizado no mercado financeiro ela possui algumas limitações, uma vez que esta capta a forma global da distribuição e não a forma da cauda da distribuição. Um teste que permite contornar esta limitação é o método de *excedentes além de um limiar* (*peaks over a threshold*) que deriva da *teoria de valores extremos* e permite diferenciar as distribuições que possuem caudas grossas das que possuem cauda fina. O citado teste se mostra mais eficiente do que a curtose quando o objetivo é identificar a frequência com que ocorrem eventos extremos em uma determinada distribuição. Segundo PICKANDS III (1975), SMITH (1987) e MCNEIL (1999) o método de excedentes além de um limiar tem como base a hipótese de que a distribuição assintótica de uma série de mínimos ou máximos que transpõem um limite previamente estabelecido converge para uma distribuição degenerada com média e variância igual a zero ou para uma distribuição não degenerada que

Figura 3.2: Curtose



Fonte: Elaboração própria.

pertence a uma *Distribuição Generalizada de Pareto* (GPD), que segundo [HOSKING & WALLIS \(2000\)](#) e [MCNEIL \(1999\)](#), possui função de distribuição:

$$F(x) = \begin{cases} 1 - \left(1 + \frac{\xi x}{\rho}\right)^{-\frac{1}{\xi}}, & \xi \neq 0 \\ 1 - e^{-\frac{x}{\rho}}, & \xi = 0, \end{cases} \quad (3.9)$$

em que $\rho > 0$ é o parâmetro de escala da distribuição. Quando $\xi \geq 0$, então $x \geq 0$ e quando $\xi < 0$, $0 \leq x \leq \rho/\xi$, sendo ξ o parâmetro de forma. O parâmetro ξ é chave já que este define a forma e o tamanho da cauda da distribuição. Segundo [PANZIERI FILHO \(2001\)](#), se o processo gerador de dados (GPD) apresenta $\xi > 0$ ele é denominado de *função de distribuição de Pareto*, ou seja, a variável aleatória x possui uma cauda gorda. Se $\xi = 0$, o GPD é uma *função de distribui-*

ção *exponencial*, possuindo uma cauda com decaimento exponencial (cauda fina). Por fim, se o GPD possui $\xi < 0$ ele é denominado de função de distribuição Beta, que não possui cauda.

Conforme mostrado por MCNEIL (1999) e PANZIERI FILHO (2001), os parâmetros do GPD podem ser estimados pelo *método de Máxima Verossimilhança* que fornece os estimadores, resolvendo um conjunto de equações não lineares, dadas pelas condições de primeira ordem do problema de maximização. Conforme apresentado em HOSKING & WALLIS (2000) *função log-verossimilhança* para a amostra $x = \{R_1, R_2, R_3, \dots, R_t\}$ é dada por:

$$\log L(x; \rho, \xi) = -n \log \rho - (1 - \xi) \sum_{i=1}^n y_i, \quad (3.10)$$

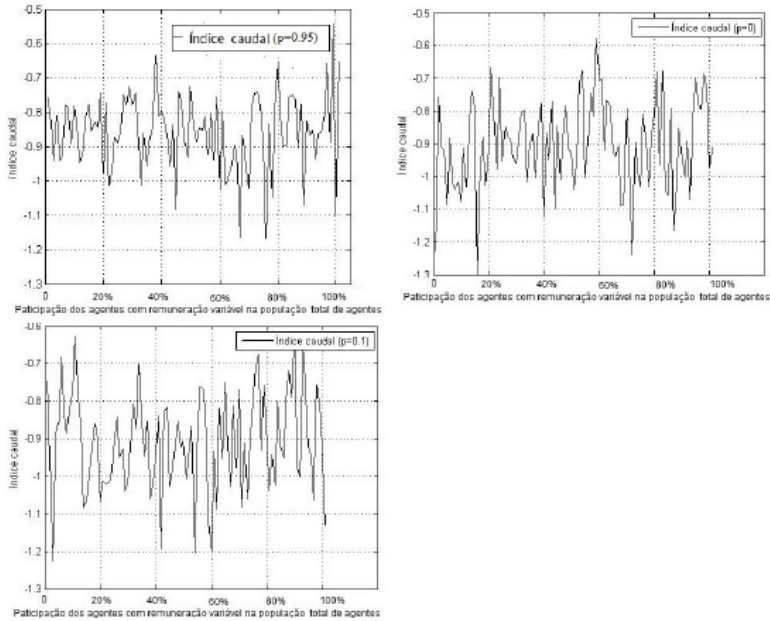
em que $y_i = -\xi^{-1} \log(1 - \frac{\xi x_i}{\rho})$.

Segundo PANZIERI FILHO (2001), um aspecto de divergência na aplicação da Teoria dos Valores Extremos está relacionado à determinação do ponto onde começa a cauda de uma distribuição. Não existe um consenso sobre quais dos métodos de identificação existentes apresenta resultados melhores para todos os casos. Dada esta restrição, optou-se por aplicar a definição proposta por SUHADOLNIK et al. (2010), o qual estabelece o tamanho da cauda como os 10% maiores retornos absolutos ordenados decrescentemente de cada simulação, isto é, $n = 1, 2, 3, \dots, 248$.

A Figura 3.3 apresenta os resultados encontrados para o *índice caudal*, ξ , obtido a partir da regressão apresentada na equação (3.10) para os parâmetros calibrados ($p = 0,95$), para a rede regular ($p = 0$) e para a rede mundo pequeno ($p = 0,1$). Os valores encontrados para ϵ não indicam a existência de uma tendência de crescimento do índice caudal conforme a proporção de agentes com remuneração variável se torna mais elevada.

Para finalizar, destacam-se os resultados encontrados neste capítulo, o teste de Kolmogorov-Smirnov indicam que o modelo com-

Figura 3.3: Índice Caudal



Fonte: Elaboração própria.

putacional simulado e o IBOVESPA são oriundos da mesma distribuição. Os resultados consolidados na Figura (3.1) indicam que o ajuste do modelo computacional simulado não se altera, de modo significativo, conforme a estrutura de informações possuídas pelos agentes varia entre uma rede regular e uma rede aleatória. Todavia, enquanto que o modelo computacional simulado com uma rede regular apresenta assimetria positiva e curtose inferior a 3, o modelo computacional simulado que possui uma rede mundo pequeno e o modelo computacional simulado, que possui $p = 0.95$, apresentam assimetria negativa e curtose superior a 3. O modelo computacional simulado com $p = 0,95$ possui assimetria inferior ao modelo computacional simulado com uma rede mundo pequeno e assimetria superior ao modelo com uma rede mundo pequeno, os quais indicam

que o modelo calibrado possui as características básicas possuídas por ativos financeiros, ou seja, assimetria negativa e curtose superior a 3. Os resultados encontrados para os testes que identificam se o aumento da proporção de agentes com remuneração variável em relação à proporção total de agentes leva à ocorrência de eventos extremos estão indicando que a remuneração variável não leva à ocorrência de eventos extremos no mercado financeiro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe um debate intenso no meio acadêmico sobre as vantagens e desvantagens possuídas pela remuneração variável. Diversas evidências mostram que a remuneração variável incentiva os gestores a indicarem ativos mais ariscados para os investidores.

As evidências encontradas na literatura econômica não são conclusivas, ao mesmo tempo em que existem alguns estudos que mostram que os executivos e analistas financeiros adotaram uma postura oportunista na gestão dos bancos e corretoras, outros estudos não conseguiram encontrar evidências de que o comportamento dos gestores e analistas foi oportunista ou que possa ter contribuído, de forma decisiva, para a ocorrência das crises de 2001 e 2007/2008.

Como resenhado no capítulo 1, foram encontradas algumas evidências na literatura econômica de que a remuneração variável, apesar de representar um instrumento eficiente do ponto de vista microeconômico, possui algumas limitações. Estas limitações podem levar a consequências indesejadas do ponto de vista macroeconômico, estimulando os analistas financeiros a indicarem a compra de ativos com um maior grau de risco, o que pode levar à ocorrência de eventos extremos no mercado financeiro. Uma forma de reduzir estas consequências indesejadas é através do pagamento de bônus exercíveis apenas no longo prazo, tais como *stock options*, que garantem que os gestores e analistas financeiros, ao escolherem os ativos que vão compor a carteira oferecida para os clientes, não vão olhar apenas para o curto prazo, buscando maximizar o valor da empresa no longo prazo.

No capítulo 2 se apresentou o modelo computacional baseado

em agentes, utilizado para simular a série de retornos do IBOVESPA. A estrutura básica deste modelo computacional foi desenvolvida por VELOSO (2011). No presente trabalho, entretanto, relaxou-se a hipótese de que a estrutura de interação, que capta a externalidade de rede (efeito reputação), era uma rede regular, ou seja, os vizinhos de cada agente eram sempre os mesmos. Mais precisamente, endogeneizou-se esta estrutura, usando a estratégia de modelagem proposta por WATTS & STROGATZ (1998).

Os resultados encontrados indicam que a proporção de remuneração variável na remuneração total recebida pelos gestores deve ser próxima à proporção que eles recebem de remuneração fixa, para que a ocorrência de eventos extremos seja minimizada.

No capítulo 3, com este modelo computacional estendido, realizaram-se algumas simulações com o objetivo de analisar se um aumento da proporção de agentes com remuneração variável leva a um aumento da ocorrência de eventos extremos, bem como se haveria uma proporção de agentes com remuneração variável que minimizaria a ocorrência de eventos extremos. As simulações computacionais mostraram que a ocorrência de eventos extremos não se torna mais elevada quando cada agente decide qual estratégia vai adotar no próximo período olhando para as estratégias de compra e venda de alguns agentes distantes dele na rede e não apenas para as estratégias adotadas pelos agentes que se encontram próximos a eles.

Por fim, ressaltam-se as limitações encontradas neste trabalho, sugerindo-se a realização de novos estudos que busquem identificar se a presença de bônus que só podem ser exercidos mais de três anos após terem sido recebidos realmente é capaz de diminuir os incentivos que os executivos possuem a indicarem a compra dos ativos com risco mais elevado. Além disto, seria interessante a realização de estudos que identifiquem qual a proporção da remuneração variável dos analistas e gestores que deve ser compostas por estes bônus, de modo que o montante recebido em remuneração variável exercível no curto prazo não leve a ocorrência de eventos extremos.

Referências Bibliográficas

- AHUJA, R., MAGNANTI, T. & ORLIN, J. (1993), 'Network flows: Theory, algorithms and applications', *Prentice Hall* .
- ARAÚJO, T. V. D. (2006), 'Redes em economia: criação de estruturas e auto-organização em sistemas económicos complexos', *Universidade Técnica de Lisboa* .
- ARMOUR, J. & MCCAHERY, J. A. (2006), 'After enron: improving corporate law, modernising securities regulation in europe, the us', *Oxford: Hart Publications* **10**(3), 583–587.
- BAR-YAM, Y. (1997), 'Dynamics of complex systems.', *Perseus Books* .
- BARANGER, M. (2001), 'Chaos, complexity, and entropy: A physics talk for nonphysicists', *New England Complex Systems Institute* .
- BEBCHUK, L. A. (2010), 'The wages of failure: Executive compensation at bear stearns, lehman 2000-2008', *Yale Journal on Regulation* **27**(657), 257–282.
- BERNANKE, B. S. & CHAIRMAN, B. (2009), 'Federal reserve perspectives on financial regulatory reform proposals: hearing before the committee on financial services.', *Federal Reserve bank of New York* .

- BEUREN, I. M. & SILVA, J. O. D. (2012), 'Remuneração dos executivos nas maiores empresas brasileiras da bovespa: Análise da evidenciação à luz do modelo de ferrarini, moloney; ungreanu', *Revista Iberoamericana de Contabilidad de Gestión RIGC* **10**(19).
- BOGACKA, B. (2003/2004), 'Kolmogorov-smirnov tests and in computational techniques in statistics', *School of Mathematical Sciences, QMUL*.
- BOLTON, P., MEHRAN, H. & SHAPIRO, J. (2010), 'Executive compensation, risk taking', *Federal Reserve Bank of New York* (456).
- BRICKLEY, B. & LEASE, R. C. (1985), 'North-holl, incentive effects of stock purchase plans', *Journal of Financial Economics* **14**, 195–215.
- CAMARGO, R. C. (2007), 'Minority games com trocas de informações através de estruturas de redes complexas'.
- CAMARGOS, M. A. & HELAL, D. H. (2007), Remuneração executiva, desempenho econômico-financeiro; a estrutura de governança corporativa de empresas brasileiras, in A. ANPAD, ed., 'XXXI - Encontro da ANPAD - Associação Nacional de Pós-graduação'.
- CASTI, J. (1994), 'Complexification: Explaining a paradoxical world through the science of surprise', *Harper Collins, New York*.
- CHEN, M. A. (2004), 'Executive option repricing, incentives, retention', *The Journal of Finance* **LIX**(3).
- CHESNEY, M., STROMBERGZ, J. & WAGNERX, A. F. (2012), 'Managerial incentives to take asset risk', *Journal of Political Economy* **5**, 10–18.
- CHIEN, A. C. Y. (2012), 'A remuneração dos executivos tem impacto no valor; desempenho das empresas brasileiras de capital aberto?',

Dissertação (Mestrado em Finanças e Economia Empresarial) - Fundação Getulio Vargas .

- COFFEE, J. C. (2006), ‘A theory of corporate socials: Why the us, europe differ’, *Columbia Law, Economics* (274).
- CONT, R. & BOUCHAUD, J. (2003), ‘Herd behavior and aggregate fluctuations in financial markets’, *Macroeconomic Dynamic* **4**, 170–196.
- CURVELLO, J. J. A. & SCROFERNEKER, C. M. A. (2011), ‘A comunicação e as organizações como sistemas complexos: uma análise a partir das perspectivas de niklas luhmann e edgar morin’, *Revista da Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Comunicação, Brasília* **11**(3).
- CVM (2009), ‘Anexo n. 24 da instrução cvm n. 480’, *Instituto Brasileiro de Governança Corporativa (IBGC)* .
- DANÍELSSON, J. & MORIMOTO, Y. (2000), ‘Forecasting extreme financial risk: A critical analysis of practical methods for the japanese market’, *Monetary and Economic Studies* **18**(2), 25–48.
- DAVIES, P. (2005), ‘Enron, corporate governance reform in the uk, the european community’, *Corporate Governance in Context* **15**(9).
- DEAKIN, S. & KONZELMANN, S. J. (2003), ‘Corporate governance after enron: An age of enlightenment’, *Corporate Governance in Context* **10**(3), 583–587.
- DEFUSCO, R. A., JOHNSON, R. R. & ZORN, T. S. (1990), ‘The effect of executive stock option plans on stockholders, bondholders’, *The Journal of Finance* **45**, 617–627.
- DURLAUF, S. N. (1997), ‘Statistical mechanics approaches to socioeconomic behavior. in: Arthur, w. b.; durlauf, s. n.; lane, d.

- a. the economy as an evolving complex system ii.’, *Massachusetts XXVII*, 81–104.
- EDMANS, A., GABAIX, X., SADZIK, T. & SANNIKOV, Y. (2010), ‘Dynamic incentive accounts’, *National Bureau of Economic Research*.
- FAHLENBRACH, R. & STULZ, R. M. (2011), ‘Bank ceo incentives, the credit crisis’, *Journal of Financial Economics* (99), 11–26.
- FAMA, E. (2010), ‘Fama says too-big-to-fail ‘distorting’ financial system, disponível em: <http://www.bloomberg.com/video/64476076/>, acesso em: 20 set. 2013’.
- FARHI, M. (2003), ‘O crash de 2002: da “exuberância irracional” à “ganância infecciosa”’, *Revista de Economia Política* **22**, 39–61.
- FERRARINI, G. & MOLONEY, N. (2005), ‘Executive remuneration in the eu: The context for reform.’, *Oxford Review of Economic Policy* **21**, 304.
- FERRARINI, G., MOLONEY, N. & MARIA, C. U. (2009), ‘Understanding directors’ pay in europe: A comparative, empirical analysis’, *Rock Center for Corporate Governance at Stanford University Working*.
- FRADA, A. R. (2011), ‘A remuneração dos administradores das sociedades anónimas tutela preventiva; medidas ex post.’, *Universidade Católica Portuguesa (mestrado)*.
- FREITAS, G. G. D. (2003), ‘Economia; sistemas complexos: Interações sociais, dinâmicas emergentes; uma análise da difusão da internet na cidade de são paulo.’, *Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade de São Paulo*.
- GOMES, P. (1996), ‘Le gouvernement de l’entreprise: Modèles Économiques de l’entreprise et pratiques de gestion’, *InterEditions*.

- GOYAL, S. (2007), 'Connections: An introduction to the economics of networks', *NJ: Princeton University Press* .
- GUERRA, S. (2009), 'A crise financeira; o papel do conselho no monitoramento de riscos', *IBGC* pp. 127–148.
- HEYLIGHEN, F. (1988), 'Building a science of complexity', *Annual Conference of the Cybernetics Society, London* .
- HILL, J. (2006), 'Regulating executive remuneration: international developments in the post-social era.', *European Company Law* **3**(3), 64.
- HOSKING, J. R. M. & WALLIS, J. R. (2000), 'Parameter and quantile estimation for the generalized pareto distribution', *Technometrics* **29**(3), 339–349.
- I., H. A. O., JAGER, W. & EIJE, H. (2006), 'Social simulation of stock markets.', *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* **10**(2), 1–16.
- IBGC (2009), 'Código das melhores práticas de governança corporativa', *Instituto Brasileiro de Governança Corporativa (IBGC)* **4**.
- IVANCEVICH, J. M. (2007), 'Human resource management.', *Instituto Brasileiro de Governança Corporativa (IBGC)* **10**.
- JENSEN, M. C. & MECKLING, W. H. (1976), 'Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure', *Journal of Financial Economics* **3**(4), 305–360.
- KEMP, S. (2009), 'Unpredictability and nonlinearity in complexity theory: A critical appraisal', emergence: Complexity and organization', *Social and Political Science* **11**(1), 84–93.
- KEVIN, J. & MURPHY, M. JENSEN, C. (1990), 'Ceo incentives-it's not how much you pay, but how', *Harvard Business Review* (3), 138–153.

- KRAUTER, E. & SOUSA, A. F. A. (2009), relação entre a remuneração de executivos; o desempenho financeiro das empresas, *in* F. USP, ed., 'XII SEMEAD, empreendedorismo e inovação'.
- LETHBRIDGE, T. (2008), 'Pra que servem os analistas?', *Exame* (23), 20–29.
- LUND, A. C. & POLSKY, G. D. (2001), 'The diminishing returns of incentive pay in executive compensation contracts', *Notre Dame Law Review* 87(2), 489–523.
- LUX, T. (2008), 'Stochastic behavioral asset-pricing models and stylized facts.', *Working Papers Financial Econometrics Research Centre*. (1426).
- MARTIN, K. J. & THOMAS, R. S. (2002), 'When is enough, enough? market reaction to highly dilutive stock option plans, the subsequent impact on ceo compensation', *Journal of Corporate Finance* 11, 61.
- MATURANA, H. & VARELA, F. (2001), 'árvore do conhecimento: As bases biológicas da compreensão humana', *São Paulo: Palas Athena* .
- MCNEIL, A. J. (1999), 'Extreme value theory for risk managers', *Departement Mathematik* pp. 1–22.
- MILKOVICH, G. T. & BOURDREAU, J. W. (2000), 'Human resource management.', *Atlas* 10.
- MILLER, J. H. & PAGE, S. E. (2007), 'Complex adaptive systems', *princeton university press* .
- MORGANA, A. G. & POULSEN, A. B. (2011), 'Linking pay to performance compensation proposals in the sep 500', *Journal of Financial Economics* 62, 677–736.

- MURPHY, K. J. & JENSEN, M. C. (1990), 'Performance pay, top-management incentives', *Journal of Political Economy* **98**(2), 225–264.
- OLIVEIRA, E. B., MURCIA, B. D. & LIMA, I. S. (2012), 'Impacto da mensuração pelo valor justo na crise financeira mundial: Identificando a percepção de especialistas em economia; finanças', *Revista de Contabilidade; Organizações* **6**(15), 44–59.
- OYADOMAR, J. C. T. (2009), 'Influências da remuneração de executivos na congruência de metas.', *Revista contemporanea de contabilidade* **1**(12), 53–74.
- PAGE, S. (2009), 'Understanding complexity, great courses: business and economics', *Teaching Company, Chantilly, VA : The Teaching Company. DVD* .
- PANZIERI FILHO, A. (2001), 'Teoria de valores extremos aplicada a finanças: Dois ensaios', *Tese (Doutorado em Administração de Empresas) - Fundação Getúlio Vargas - SP* .
- PENG, L. & ROELL, A. (2009), 'Managerial incentives, stock price manipulation', *Columbia University, working paper* .
- PICKANDS III, J. (1975), 'Statistical inference using extreme order statistics', *The Annals of Statistics* **3**(1), 119–131.
- PLEROU, V., GOPIKRISHNAN, P., GABAIX, X. & STANLEY, H. E. (2002), 'Quantifying stock-price response to demand fluctuations', *Physical Review* **66**(2).
- RECUERO, R. (2009), 'Redes sociais na internet', *Editora Sulina* **11**(1), 84–93.
- REZENDE, A. J., DALMACIO, F. Z. & SLOMSKI, V. (2007), Medidas de performance como determinantes de remuneração dos gestores: méritos do gestor ou características do setor., in C. I. de Custos, ed., 'X Congresso del Instituto Internacional de Custos'.

- ROBBINS, S. P. (2004), 'Comportamento organizacional.', *McGraw-Hill* .
- RODRIGUES, J. (2011), 'Remuneração dos administradores dos bancos portugueses do psi20', *Revista Universo Contábil* **7**(2), 130–145.
- ROMANO, R. & BHAGAT, S. (2009), 'Reforming executive compensation; focusing and committing to the long-term', *Yale Journal on Regulation* **26**, 359–372.
- SERVICES, F. (2009), 'A regulatory response to the global banking crisis', *The Turner Review* pp. 79–81.
- SILVA, D. D. C. A. & LOUREIRO, H. D. A. C. (2009), 'Esforços; reforços: Composição das propostas nacionais à crise de 2008 nos eua; alemanha', *Revista Eletrônica de Ciências Sociais* **3**(8).
- SMITH, R. L. (1987), 'Estimating tails of probability distributions.', *The Annals of Statistics* **15**(3), 1174–1207.
- SOROOSHIAN, S. & GUPTA, V. K. (1995), 'Model calibration', *Singh, V. J. (editor) Computer models of watershed hydrology. Water Resources Publications, Highlands Ranch* p. 1130.
- SUHADOLNIK, N., GALIMBERTI, J. & DA SILVA, S. (2010), 'Robot traders can prevent extreme events in complex stock markets.', *Physica A* **389**(22), 5182–5192.
- TAYLOR, A. & HIGHAM, D. (2009), 'Contest: A controllable test matrix toolbox for matlab', *ACM Transactions on Mathematical Software (TOMS)* **35**(26).
- TRAIN, K. (2003), 'Discrete choice models with simulation', *Cambridge University Press* .
- TUCKER, A. (2012), 'The citizen shareholder: Modernizing the agency paradigm to reflect how, why a majority of americans invest in the market', *Seattle University Law Review* **35**.

VELOSO, A. A. R. (2011), 'A remuneração variável como fator para a instabilidade dos mercados financeiros', *Dissertação (mestrado em economia) - Universidade Federal de Santa Catarina* .

WATTS, D. J. & STROGATZ, S. H. (1998), 'Collective dynamics of small world networks', *Nature* (393), 440–442.