UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES

MÓNICA MARCELA ZULUAGA RAMÍREZ

Estudo da interação entre médicos e pacientes para um plano de saúde privado

São Paulo
2015

MÓNICA MARCELA ZULUAGA RAMÍREZ

Estudo da interação entre médicos e pacientes para um plano de saúde privado

Versão corrigida

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo, com o objetivo de obtenção do título de Mestre em Ciências do Programa de Pós-graduação em Modelagem de Sistemas Complexos

Área de concentração: Modelagem de Sistemas Complexos

Versão corrigida contendo as alterações solicitadas pela comissão julgadora em 27 de novembro de 2014. A versão original encontra-se em acervo reservado na Biblioteca da EACH-USP e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD), de acordo com a Resolução CoPGr 6018, de 13 de outubro de 2011.

Orientador: Prof. Dr.
Fernando Fagundes Ferreira

São Paulo

2015

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

CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

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

Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

Estudo da interação entre médicos e pacientes para uma plano de saúde privado / Mónica Marcela Zuluaga Ramírez ; orientador, Fernando Fagundes Ferreira. – São Paulo, 2015

85 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Modelagem de Sistemas Complexos, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, em 2014

Versão corrigida

1. Seguro de saúde – Simulação computacional. 2. Seguro de saúde – Colômbia. 3. Medicina – Prática – Modelagem computacional. 4. Médicos. 5. Pacientes. I. Ferreira, Fernando Fagundes, orient. II. Título.

CDD 22.ed. – 368.382011

Nome: ZULUAGA RAMIREZ, Mónica Marcela

Título: Estudo da interação entre médicos e pacientes para um plano de saúde privado

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo, com o objetivo de obtenção do título de Mestre em Ciências do Programa de Pós-graduação em Modelagem de Sistemas Complexos

Aprovado em: 27 de novembro de 2014

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fernando Fagundes Ferreira

Instituição: EACH- USP

Prof. Dr. Domingos Alves

Instituição: FMRP-USP

Prof. Dr. Flávia Mori Sarti

Instituição: EACH- USP

A minha mãe: Ana Ramírez, Com amor e admiração

AGRADECIMIENTOS

Agradeço a Deus por abençoar meus dias e sonhos.

À minha família e amigos, pelo amor e apoio incondicionais de sempre.

Ao professor doutor Fernando Fagundes por me orientar no desenvolvimento deste trabalho, pelas ideias, apoio e presença.

Agradeço aos professores doutores: Terry Ivanauskas, Camilo Neto. Pelas valiosas ideias, informações de campo e disposição em ajudar.

À Organização dos Estados Americanos (OEA) e à Universidade de São Paulo (USP) pela concessão da bolsa de mestrado para a realização desta pesquisa.

Agradeço à Fundação Instituto de Física Teórica pela hospitalidade e apoio.

Agradeço a minha equipe de trabalho na Colômbia por permitir o tempo certo para realizar este projeto.

RESUMO

ZULUAGA RAMIREZ, M. M. **Estudo da interação entre médicos e pacientes para um plano de saúde privado**. 2015. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

O presente trabalho aborda o problema da variabilidade da prática médica, entendida como as variações sistemáticas na utilização de um procedimento médico ou cirúrgico após terem sido descartadas como causas as diferenças entre as populações e os pacientes. Teoricamente se espera que o comportamento dos médicos seja uniforme, isto é, que frente a uma população fixa, a taxa de encaminhamento dos médicos a procedimentos diagnósticos ou tratamentos hospitalares seja muito parecida, mas na realidade a taxa de encaminhamento segue uma distribuição que dá conta da variabilidade na prática médica.

A partir do banco de dados de uma seguradora de saúde colombiana, foi realizada uma vasta análise estatística que permitiu encontrar variáveis importantes para a abordagem do problema. Dentre as variáveis estudadas, mereceram destaque a distribuição de pacientes atendidos pelos médicos (concentração) e a taxa de encaminhamento para cirurgia. A concentração foi empiricamente modelada por uma distribuição lognormal e a taxa de encaminhamento por uma distribuição gama. Verificou-se ainda uma correlação negativa moderada entre as duas variáveis: concentração e taxa de encaminhamento de cirurgia.

O trabalho procura, a partir de simulação computacional, utilizando modelagem baseada em agentes, reproduzir as funções de distribuição empíricas referentes a concentração e a taxa de encaminhamento para procedimentos cirúrgicos. O modelo está baseado na hipótese econômica da renda alvo, teoria da sociologia dos grupos e em dados empíricos. Os resultados corroboram as suposições teóricas da sociologia dos grupos e o mecanismo da renda alvo empregados para o desenho das regras do modelo. Assim, a interação entre médicos e o critério de decisão de pacientes aqui propostos conseguiram reproduzir satisfatoriamente os dados empíricos.

Palavras-chave: Modelagem baseada em agentes. Variabilidade na prática médica. Seguro-saúde privado. Renda alvo.

ABSTRACT

ZULUAGA RAMIREZ, M. M. **Study of interaction between physicians and patient for health insurance plan**. 2015. 85 f. Dissertation (Master in Science) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

This study addresses the problem of medical practice variation (MPV), which is the presence of variation in the use of a medical procedure that is not explained by environmental, demographic or epidemiological differences. Theoretically, it is expected that the behavior of physicians were uniform for a fixed population, the rate of remission for diagnostic procedures or hospital treatment must be very similar, but in practice the remission rate follows a distribution that account the variability in medical practice.

We used the data base of a Colombian health insurance company. Statistical analysis found important variables to approach the problem as: distribution of patients seen by the physician (concentration) and the rate of referral for surgery. The concentration was modeled like a lognormal distribution and the surgery rate for a gamma2 distribution. Additionally, it was found a moderate negatively correlated between the rate of referral for surgery and the concentration.

This study uses computational simulation, agent-based modeling in specific to reproduce the empirical distribution function to refer to concentration and surgical procedures remission. The model is based in the hypothesis of target income, the theory of sociology of groups and the empirical data. The results corroborate the theoretical assumptions of the sociology of groups and the mechanism employed income target for the design of the model rules. Thus, the interaction between doctors and patients decision and the criteria proposed to reproduce the empirical data successfully.

Key-words: Agent-based modelling.Variability in medical practice.Health insurance.Target income.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fatores que influenciam a decisão médica	20
Figura 2 - Agentes do sistema de saúde	35
Figura 3 - Agentes e fatores que afetam o comportamento destes	37
Figura 4 - Sistema de saúde colombiano	41
Figura 5 - Populações sujeitas aos diferentes serviços	61
Figura 6 - Passo da simulação	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição das taxas de encaminhamento cirurgia por especialidade e região ...	27
Gráfico 2 - Gasto na área da saúde na Colômbia como percentagem do PIB	39
Gráfico 3 - Concentração de atendimento por especialidade ano 2012	46
Gráfico 4 - Concentração de atendimento para o total de especialidades para o ano 2012.....	47
Gráfico 5 - Diagrama das Frequências do número de segurados pelos médicos	47
Gráfico 6 - Log(segurados) vs Log(frequências)	48
Gráfico 7 - Verificação lei de potencia sobre distribuição acumulada de probabilidade	49
Gráfico 8 - Função de distribuição concentração	50
Gráfico 9 - Diagrama de frequência da taxa de encaminhamento para cirurgia padronizada por especialidade para os anos 2008 a 2012	53
Gráfico 10 - Diagrama de frequência da taxa de encaminhamento de cirurgia total por especialidade.....	55
Gráfico 11 - Taxa de encaminhamento de cirurgia para o total das especialidades.....	55
Gráfico 12 - Função de distribuição taxa de encaminhamento de cirurgia	56
Gráfico 13 - Curva da aprendizagem no modelo.....	62
Gráfico 14 - Concentração de pacientes pelos médicos para dados simulados.....	68
Gráfico 15 - Histograma de frequências normalizadas da taxa de encaminhamento para cirurgias	69
Gráfico 16 - Correlação entre a concentração e a taxa de encaminhamento para cirurgia.....	70
Gráfico 17 - Evolução probabilidade de acerto	71
Gráfico 18 - Evolução da reputação vs. diferentes valores do MP.....	73
Gráfico 19 - Resultados do modelo sem πmt	74
Gráfico 20 - Histograma de frequência normalizada taxa de encaminhamento cirurgia	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Estudos sobre a Variabilidade da Prática Médica com enfoque econômico.....	21
Quadro 2 - Estudos sobre a Variabilidade da Prática Médica com enfoque clínico	24
Quadro 3 - Áreas de aplicação da simulação baseada em agentes	38
Quadro 4 - Parâmetros do modelo	59
Quadro 5 -Variáveis de estado do modelo.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Gastos em saúde como porcentagem do PIB	13
Tabela 2 - Razão de Variação por especialidade	26
Tabela 3 - Coeficiente de variação no ponderado	27
Tabela 4 - População total segurada por tipo de regime.....	40
Tabela 5 - Exemplificação Acumulado Segurados-Médicos por ano	45
Tabela 6 - Comparação entre frequências observadas e teóricas – variável concentração	50
Tabela 7- Correlação taxa de encaminhamento de cirurgias vs. taxa de encaminhamento exames diagnósticos (Software SPSS)	51
Tabela 8 - Exemplo de padronização de taxas por idade	52
Tabela 9 - Comparação entre frequências observadas e teóricas taxa de cirurgias	56
Tabela 10 - Correlação entre concentração e taxa de encaminhamento.....	57
Tabela 11 - Concentração vs. taxa de encaminhamento por faixas.....	58
Tabela 12 - Teste de ajuste χ^2 para a variável concentração	68
Tabela 13 - Teste de ajuste χ^2 para a variável taxa de encaminhamento para cirurgia	70
Tabela 14 - A análise de sensibilidade sobre o parâmetro MP frente a variações pequenas....	72
Tabela 15 - A análise de sensibilidade sobre o parâmetro MP para diferentes valores do parâmetro.....	73

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Os problemas econômicos relacionados a um seguro saúde.....	13
1.1.1 Problemas pré-contratuais: a seleção adversa.....	14
1.1.2 Problemas pós-contratuais.....	14
1.2 Objetivos do trabalho.....	17
1.3 Estrutura da dissertação.....	18
2 VARIABILIDADE DA PRÁTICA MÉDICA.....	19
2.1 Pesquisas com enfoque econômico.....	21
2.2 Pesquisas com enfoque clínico.....	23
2.3 Evidência da presença da variabilidade da prática médica no contexto de estudo.....	26
3 O SEGURO-SAÚDE COMO UM SISTEMA COMPLEXO.....	32
3.1 Características dos sistemas complexos.....	32
3.2 O seguro-saúde como um sistema complexo.....	32
3.3 Modelagens baseada em agentes.....	35
4 O SISTEMA DE SAÚDE DA COLOMBIA.....	39
5 ANÁLISE DESCRITIVA DO COMPORTAMENTO DOS AGENTES.....	44
5.1 Concentração de pacientes pelos médicos.....	44
5.2 A distribuição de encaminhamento como um indicador da variabilidade na prática médica.....	50
5.3 Correlação entre concentração e taxa de encaminhamento.....	57
6 MODELO DO COMPORTAMENTO MÉDICO-PACIENTE.....	59
6.1 Variáveis de estado do modelo.....	60
6.2 Dinâmica.....	62
6.3 Algoritmo.....	65
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	67
7.1 Resultados associados à variável concentração.....	67
7.2 Resultados associados à variável taxa de encaminhamento de cirurgia.....	69
7.3 A análise de sensibilidade.....	71
7.4 Aprendizagens do modelo.....	73
7.4.1 Interação Médico-paciente.....	74
7.4.2 Interação médico-médico.....	75
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
8.1 Limitações do modelo.....	79
8.2 Sugestões para trabalhos futuros.....	79
REFERÊNCIAS.....	81

1 INTRODUÇÃO

O financiamento e controle de gastos na atenção à saúde é uma questão prioritária na elaboração de políticas públicas, especialmente no atual contexto em que vários países se encontram com elevada dívida pública, déficit fiscal e fraco desempenho econômico. Por essa razão, há um grande esforço em encontrar alternativas que ajudem a aumentar a eficiência no fornecimento de bens e serviços de saúde.

Nas últimas décadas, os gastos em saúde cresceram significativamente em várias partes do mundo. Nos Estados Unidos, por exemplo, esses gastos foram de 5% do Produto Interno Bruto(PIB) em 1960 para 15% do PIB em 2005, o que representa um crescimento de aproximadamente 200% em cinco décadas. A Tabela 1 apresenta a evolução dos gastos em saúde como porcentagem do PIB para países desenvolvidos e em desenvolvimento. É possível observar a tendência crescente desses gastos. Muitos fatores são responsáveis por esse crescimento: o aumento médio da renda da população, o desenvolvimento tecnológico, fatores demográficos como o envelhecimento populacional, etc. (Mcbride, 2005).

Tabela 1- Gastos em saúde como porcentagem do PIB

Ano	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Austrália	8,5	8,4	8,5	8,5	8,7	9,1	..
Chile	7,1	6,9	6,6	6,9	7,5	8,4	8
Estados Unidos	15,8	15,8	15,9	16,2	16,6	17,7	17,6
França	11	11,2	11,1	11,1	11	11,7	11,6
Israel	7,8	7,8	7,5	7,5	7,6	7,5	..
Itália	8,6	8,9	9	8,6	8,9	9,3	9,3
México	6	5,9	5,7	5,8	5,8	6,4	6,2
Inglaterra	8	8,2	8,5	8,5	8,8	9,8	9,6

Fonte: OECD,2013

Nos mercados de saúde aparece o seguro como a ferramenta para administrar estes recursos econômicos. A ideia por trás de um segurosaúde é construir um fundo coletivo com as contribuições de seus associados que seja capaz de cobrir inteiramente ou parcialmente aqueles que porventura apresentarem tipos predeterminados de despesa médica. Porém, a informação inerentemente assimétrica na relação entre segurador e segurado gera dificuldades para que tal fundo possa existir. Estas dificuldades são conhecidas como os problemas econômicos relacionados com os seguros saúde.

1.1 Os problemas econômicos relacionados a um seguro saúde

A natureza assimétrica da informação entre as partes envolvidas em um contrato de segurosaúde traz uma série de obstáculos que fazem com que o aumento da cobertura de

gastos médicos tenda a piorar o controle desses mesmos gastos pelo fundo de seguro-saúde. Os problemas econômicos relacionados a um contrato de seguro-saúde podem ser pré-contratuais ou pós-contratuais.

1.1.1 Problemas pré-contratuais: a seleção adversa

Entende-se por problemas pré-contratuais aqueles que são produzidos no processo da seleção das pessoas que farão parte de um contrato específico de seguro-saúde.

O principal problema pré-contratual para se estabelecer um seguro-saúde é a possibilidade de vir a ocorrer uma seleção adversa de consumidores segurados. Permitir aos indivíduos escolher livremente entre diferentes planos de saúde pode atribuir às pessoas os planos apropriados e fornecer os incentivos suficientes para a provisão. Mas esta condição também pode gerar a seleção adversa que é a tendência das pessoas mais doentes de optar por planos mais amplos em cobertura, ou seja, que o risco percebido pelos indivíduos influencie a probabilidade de compra do seguro-saúde e o nível de cobertura selecionado (Davidet *al.*, 2000).

Os prêmios do seguro normalmente são calculados a partir de médias, pelo fato de que a seguradora não tem o conhecimento completo de todas as variáveis que permitem agrupar as populações exatamente com o nível de risco para determinar os preços. Isto produz agrupamentos de populações heterogêneas nos planos, em relação à probabilidade de ter um problema de saúde. Quando a tarifa dos planos representa os preços médios, os planos com uma cobertura maior podem agrupar os mais doentes, porém os planos com coberturas mais baixas têm as pessoas mais saudáveis. Este fenômeno é chamado de seleção adversa (Akerlof, 1970; Arrow, 1985).

Devido à possibilidade de seleção adversa, o equilíbrio num mercado competitivo de seguro-saúde tende a ser ineficiente ou pode não existir. Rothschild e Stiglitz (1976) estabelecem que num mercado de seguros pode não existir o equilíbrio porque os custos de separação dos grupos de alto e baixo risco é muito alto ou porque simplesmente as pessoas com risco neutro decidem não comprar o seguro ocasionando dificuldades de subsídios entre os grupos de alto e baixo risco.

1.1.2 Problemas pós-contratuais

Entende-se por problemas pós-contratuais aqueles gerados na operação do seguro-saúde por conta tanto do comportamento de seus consumidores segurados quanto do comportamento dos provedores médicos.

a) O risco moral

A proteção obtida por meio de acesso a um fundo coletivo pode incentivar o consumidor segurado a aumentar a demanda por bens e serviços de saúde para além do que era inicialmente previsto. Essa mudança de comportamento do consumidor segurado devido à proteção fornecida pelo seguro-saúde é denominada risco moral. Os fundos de seguro-saúde devem, portanto, considerar o benefício de aumentar a cobertura para os seus associados frente ao custo de aumentar o problema do risco moral, dado que indivíduos com mais cobertura tendem a demandar mais bens e serviços de saúde (Davidet *al.*, 2000).

b) A demanda induzida

A assimetria de informação inerente na relação entre consumidor paciente e provedor médico permite a este último influenciar ou até determinar parte significativa da demanda por bens e serviços de saúde. Sabendo disso, torna-se estratégico para o administrador de um fundo de seguro-saúde (segurador) interferir na forma de acesso e pagamento a provedores médicos com a finalidade de aumentar o exercício de controle sobre os gastos de seus consumidores segurados. Porém, também é preciso levar em conta os efeitos que essa interferência pode ter sobre a qualidade do atendimento prestado pelos provedores médicos.

A seguradora dispõe de diferentes modelos de remuneração do recurso humano disposto para a prestação dos serviços de saúde. Os provedores médicos podem ser pagos segundo um valor fixo por cada pessoa atendida (per capita), serem assalariados, serem pagos por cada evento de consulta ou procedimento ou ainda serem aceso livre via reembolso. As diferentes modalidades de pagamento podem influenciar na maneira como o médico presta o serviço. Por exemplo, quando o profissional é remunerado por pagamentos per capita existe um menor incentivo de prover serviços marginais que no caso dos médicos pagos por evento (Davidet *al.*, 2000).

Na relação entre consumidor paciente e provedor médico, o paciente (principal) contrata o trabalho do médico (agente) para que este resolva da melhor maneira possível o seu problema de saúde. Nesta relação, a assimetria da informação desempenha um papel importante no fornecimento dos serviços de saúde. O médico (agente) conhece mais sobre o tratamento médico que o paciente. Normalmente, a teoria da agência aplicada num mercado caracterizado pela assimetria da informação assume que as funções de utilidade dos agentes são independentes. Contudo nos mercados de provisão de serviços de saúde, as funções de utilidade dos pacientes e os médicos são interdependentes. Na teoria, os médicos trabalham de acordo com os interesses dos pacientes. Esta premissa assume que o médico conhece o

melhor para o paciente e que isto pode ser quantificado e medido de alguma maneira. Se o médico e o paciente compartilham sua ideia de como deve ser o serviço, o problema da agência não tem relevância. Mas definir quais são os resultados adequados não é fácil (Smith *et al.*, 1997).

Na prática, medir as melhorias alcançadas no estado da saúde é difícil. Os resultados esperados só podem ser definidos como um processo. Os médicos normalmente expandem a utilização dos recursos até que o benefício marginal alcançado do último procedimento empregado num paciente seja igual a zero. Neste processo, é possível que o paciente não entenda o valor da atenção médica proporcionada em relação com os custos (Smith *et al.*, 1997). Uma relação de agência incompleta ou imperfeita no contexto da prática médica é mais provável devido as seguintes condições:

- O médico pode não responder ou responder erroneamente aos interesses do paciente.
- O médico pode não ter informações suficientes ou verídicas sobre a eficácia de tratamentos.
- O médico pode confundir o paciente sobre a eficácia de tratamentos (Mooney;Ryan, 1993, p.130).

A passividade do paciente frente ao médico pode ser compensada na relação entre segurador e provedor médico, a qual pode ser regulada por contratos formais que estabelecem preços, obrigações, ações de monitoramento, etc. Porém, a capacidade do segurador auditar o comportamento do médico é limitada. Muitas vezes, a eficácia de um tratamento somente se revela ao final do mesmo ou a longo prazo. Outras vezes, não é possível avaliar o que realmente aconteceria se o tratamento não tivesse sido administrado. Por fim, os custos de auditoria no mercado de saúde são mais elevados do que em outros mercados devido ao problema de informação assimétrica (Mooney;Ryan, 1993).

Na relação entre médico e paciente, o médico está em posição de influenciar ou até determinar parte significativa da demanda de seu paciente por bens e serviços de saúde. Logo, o provedor médico pode promover ou conter a mudança oportunista de comportamento do consumidor segurado. Sabendo disso, torna-se estratégico para o administrador do fundo de seguro-saúde (*i.e.*, o segurador), seja ele ente público ou privado, interferir na relação entre médico e paciente com o objetivo de aumentar o seu controle sobre os gastos de seus segurados. Esta interferência se concretiza nas diversas restrições de acesso aos provedores médicos e diferentes formas de pagamento aos mesmos.

É no contexto da relação de agência entre médico e paciente que se insere a questão da variabilidade na prática médica (VPM), entendida como a presença de variações sistêmicas no uso de um procedimento médico não explicado por diferenças ambientais, demográficas ou epidemiológicas (Bernal-delgado *et al.*, 2013).

Existem várias propostas que tentam explicar a VPM nos sistemas de saúde tanto pelo lado da oferta quanto da demanda. Normalmente, a abordagem da comprovação da existência do fenômeno da VPM é feito através de modelos estatísticos, mas os modelos não aprofundam a explicação das razões que originam as variações no fornecimento dos serviços de saúde. Alguns autores evidenciam as diferenças no estilo da prática médica como um fator importante para explicar as variações no gasto, mas de difícil incorporação nos modelos estatísticos pelo fato de ser uma variável cujas raízes encontram-se na interação social (Grytten;Sørensen, 2003). Uma abordagem metodológica que poderia brindar opções que incorpore este elemento de interação social é aquela que congrega ferramentas usadas para modelagem de sistemas complexos.

Pontualmente, estudar o fenômeno da VPM se justifica porque a aplicação padronizada de diferentes tratamentos conduz a um sistema com uma utilização mais racional dos recursos (Bernal-delgado *et al.*, 2013).

1.2 Objetivos do trabalho

O objeto deste trabalho é estudar a relação entre consumidores pacientes, provedores médicos e seguradores em um mercado de saúde. Mais especificamente, o trabalho tem como foco os problemas associados ao provedor médico que deve responder tanto aos interesses do paciente quanto do segurador (Mooney; Ryan, 1993).

O trabalho propõe realizar uma análise empírica sobre os dados de sinistros de uma firma seguradora para entender melhor as causas e efeitos da VPM sobre a demanda por certos serviços de saúde.

A abordagem metodológica inclui modelos estatísticos e a construção de um modelo de simulação capaz de ilustrar o comportamento de médicos, pacientes e segurador, bem como as consequências desse comportamento sobre a utilização de serviços de saúde.

Os objetivos específicos são: i) documentar o que é a VPM e quais as suas possíveis causas, ii) corroborar a existência da VPM nos dados empíricos através de modelos estatísticos, iii) realizar análise descritiva sobre os dados procurando variáveis importantes associadas com o fenômeno da VPM, iv) definir o comportamento dos agentes relevantes com base na revisão teórica e na análise descritiva, v) construir um modelo de simulação baseado em agentes que

possa replicar a taxa de encaminhamento de certos tipos de procedimentos e inferir possíveis causas da VPM, vi) analisar a sensibilidade dos resultados obtidos.

1.3 Estrutura da dissertação

A dissertação está estruturada da seguinte maneira: no capítulo 2 serão analisados o conceito de VPM, as metodologias de avaliação dos impactos da VPM na eficiência dos mercados. A seguir no capítulo 3 é apresentado teoricamente a modelagem do seguro de saúde como sistema complexo. O sistema da saúde da Colômbia é apresentado no capítulo 4. Análise descritiva do comportamento dos agentes (médico-paciente) bem como a sua modelagem são abordados nos capítulos 5 e 6 respectivamente. Os resultados do modelo são apresentados no capítulo 7. Finalmente as conclusões, limitações e possíveis trabalhos futuros estão discutidos no capítulo 7.

2 VARIABILIDADE DA PRÁTICA MÉDICA

O estudo de variações na prática médica começou na Inglaterra quando Alison Glover em 1938 descreveu em seu trabalho a frequência com que crianças de certa idade submetiam-se à amigdalectomia. Ele observou diferenças nas taxas de aplicação do procedimento entre cidades (2008). Desde então, outros pesquisadores documentaram variações em taxas de utilização de procedimentos entre populações semelhantes. Essas variações são geralmente persistentes e sugerem que possa haver pacientes recebendo atenção médica inadequada (*i.e.*, insuficiente ou excessiva).

Phelps (1992) apresenta os resultados de uma série de trabalhos sobre variações regionais. Estes estudos mostraram que, quando a doença é de fácil diagnóstico e com poucas alternativas de tratamento, os índices de variação são inferiores a 20% e quando a incerteza no diagnóstico é alta, as variações são superiores a 40% como em procedimentos de lesões de pele, bypass, extrações dentais, entre outros. Muitos destes procedimentos são inapropriados, por exemplo, no caso das angioplastias, procedimento no qual estudos estimaram, para os Estados Unidos e Reino Unido, que a proporção de procedimentos inadequados oscila entre 15% e 40%, o que conduz a uma perda econômica da sociedade (Lázaro; Azcona, 1996).

As causas da VPM não estão plenamente estabelecidas. Causas diretas e justificáveis estão relacionadas a características próprias dos pacientes, tais como diferenças de condição física e idade. Porém, essas variáveis não explicam o motivo de pacientes semelhantes receberem tratamentos diferentes. Há possíveis explicações teóricas tanto pelo lado da oferta (*i.e.*, diferenças na disponibilidade e gestão de recursos ou na formação e contratação do provedor médico) quanto pelo lado da demanda (*i.e.*, diferenças na educação e cobertura por seguro-saúde do consumidor paciente) (Peiró; Bernal-delgado, 2012). A figura 1 ilustra os fatores de oferta e demanda que influenciam a decisão médica. Além desses fatores, também são relevantes o desconhecimento (quando existem evidências científicas sobre a efetividade de procedimentos alternativos, mas o provedor médico as desconhece ou ignora) e a incerteza (quando as evidências não existem) (Davis *et al.*, 2000).

Figura 1 - Fatores que influenciam a decisão médica

Fonte: Adaptação de Marión *et al.*, 1998

Alguns dos fatores associados em particular ao provedor médico que podem afetar o seu comportamento são:

- a presença de incertezas no diagnóstico e tratamento;
- a sua faculdade;
- o seu nível de instrução científica;
- a divulgação de informações entre os seus pares profissionais;
- os costumes em sua região e no exercício de sua atividade;
- a interação e troca de informações com os seus colegas de trabalho (Marión *et al.*, 1998).

Há basicamente duas linhas de pesquisa sobre a VPM, uma com enfoque econômico e outra com enfoque clínico. Economistas da saúde se concentram em determinar a participação de interesses econômicos na decisão médica. Já pesquisadores clínicos estudam a ambiguidade clínica como um fator na decisão médica (Davis *et al.*, 2000).

Ambas as linhas de pesquisa enxergam a relação entre médico e paciente como um problema do principal-agente ou dilema da agência. Espera-se que o provedor médico (agente) aja de acordo com os interesses do consumidor paciente (principal), mas a assimetria de informação inerente na relação médico-paciente implica que o provedor médico possa influenciar ou mesmo determinar a demanda do consumidor paciente levando também em conta outros interesses (Davis *et al.*, 2000).

Será apresentado a seguir um resumo com a metodologia e os resultados de alguns trabalhos

realizados no contexto do problema com o objetivo de documentar as duas linhas de pesquisa expostas.

2.1 Pesquisas com enfoque econômico

A VPM pode ser parcialmente explicada pela influência do provedor médico sobre a demanda do consumidor paciente motivada por interesses econômicos. Vários trabalhos empíricos procuraram estabelecer essa relação. O quadro 1 apresenta a metodologia e os resultados de trabalhos recentes neste campo da economia da saúde.

Quadro 1- Estudos sobre a Variabilidade da Prática Médica com enfoque econômico

Variáveis de decisão	Objetivos do trabalho	Resultados	Referência
Diferenciação entre pacientes do setor público e privado, frequência dos serviços, incentivos.	Analisar o efeito da mudança no sistema de remuneração dos médicos com a introdução de uma remuneração chamada de orçamentos.	Os resultados sugerem que a introdução de orçamentos teve considerável impacto sobre o comportamento dos médicos. Não houve mudança na probabilidade de uma consulta, mas houve forte alteração no número de consultas feitas dada a ocorrência de pelo menos uma consulta.	SCHMITZ, 2013
Diferença no comportamento dos médicos para duas modalidades de remuneração: sistemas de pagamento por serviço (FFS) e capitação (CAP)	Os autores propõem fornecer respostas a duas perguntas: 1) FFS e CAP influenciam na maneira como os médicos fornecem os serviços de saúde? e 2) o estado de saúde dos pacientes influencia a oferta de serviços de saúde pelos médicos?	Os resultados do estudo empírico mostram como a decisão médica é afetada pelos sistemas de pagamento. Os médicos fornecem 33% menos serviços quando são remunerados por um sistema de pagamento per capita que quando seus serviços são pagos por evento.	HENNIG-SCHMIDT, H., SELTEN, R., WIESEN, D, 2011
Variável dependente: O tempo despendido por cada paciente. Variáveis independentes: Características do médico, características do paciente e informações sobre a visita médica.	Estimar o efeito do pagamento por capitação sobre o tempo despendido no atendimento ao paciente.	Os coeficientes do modelo indicam que pacientes capitados têm consultas que são 1,14 min. mais curtas do que pacientes que não são capitados.	MELICHAR, 2009
Variável Resposta: Média do gasto em serviços de saúde Para o paciente: Gênero, idade, diagnóstico. Para o médico: Tipo de contrato, região.	Determinar que fatores e em que proporção estes explicam a variação nos gastos de atendimento em saúde para o caso de estudo.	Características próprias dos médicos como o tipo de seus contratos explicam entre 47% e 66% da variação no gasto em laboratório e consulta, e entre 49% e 61% da variação no gasto em procedimentos específicos. Características próprias dos pacientes como idade e sexo só explicam 1% da variação nos gastos.	GRYTTE e SØRENSEN, 2003

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

As aproximações metodológicas empregadas nos trabalhos do quadro 1 correspondem fundamentalmente a modelos estatísticos. A seguir são apresentados os detalhes dos modelos e as fontes dos dados empregados:

Grytten e Sorensen (2003) empregam um modelo estatístico com duas funções para medir a variabilidade do gasto médio em saúde por área. No modelo, a variável resposta é o gasto médio em serviços de saúde por consulta médica e as variáveis de controle são a região do médico, o ano, o tipo de diagnóstico do paciente, o tipo do serviço prestado (laboratório, consulta ou procedimentos específicos), a proporção de pacientes masculinos, a média de idade dos pacientes, os fatores específicos da região, o tipo de contrato do médico e o erro residual estocástico.

Os autores propõem a construção de duas funções de regressão, uma incluindo as características do contrato do médico e outra que não as inclui como variável de controle. Depois realizam a diferença da variância explicada pelas funções. Esta diferença representa uma valoração da variabilidade que é explicada pelas características próprias dos médicos como seu tipo de contrato.

Na proposta de Hennig-Schmidt *et al.* (2011), a metodologia consiste na aplicação de questionários a estudantes de medicina que escolhem os serviços a serem fornecidos aos pacientes. O número e o estado de saúde dos pacientes são constantes. Assim procura-se diferenciar o comportamento dos médicos para duas modalidades de remuneração: FFS e CAP. No experimento, a quantidade de serviços fornecida ao paciente é escolhida pelo médico (estudante) e isso determina a sua renda e o benefício percebido pelo paciente.

O terceiro estudo exposto no quadro 1 corresponde ao feito por Melichar (2009). Os autores propõem um modelo estatístico para estimar o efeito do pagamento per capita sobre o tempo despendido no atendimento ao paciente. O modelo tem como variável dependente o tempo despendido por cada paciente. As variáveis independentes são características do médico (região, especialidade, tipo de remuneração), características do paciente (sexo, idade, raça, etc.) e informações sobre a consulta médica (frequência, duração, etc.). Os dados empregados pelo autor correspondem à base de dados do National Ambulatory Medical Care Survey (NAMCS) dos Estados Unidos. A hipótese dos autores é que se os médicos respondem a incentivos econômicos, deve ser possível observar como eles investem menos tempo em consultas com pacientes no sistema de remuneração per capita comparado a outro sistema.

Finalmente Schmitz (2013) analisa o efeito da mudança no sistema de remuneração dos médicos com a introdução de uma remuneração chamada de orçamentos. Para isso, o modelo

empírico separa os efeitos tanto do lado da demanda como da oferta e incorpora grupos de controle de pacientes afetados por só um fator da reforma. Os dados empregados pelo estudo correspondem aos dados do Painel Socioeconômico Alemão para o período 1995-2002.

2.2 Pesquisas com enfoque clínico

A prática clínica refere-se à ação médica no atendimento ao paciente e envolve o conjunto de informações médicas disponíveis, os dados clínicos dos pacientes, as percepções e os julgamentos dos profissionais médicos e a forma como estes profissionais mantêm o seu conhecimento e as suas habilidades. O objetivo básico da prática clínica é transformar o estado clínico do paciente. A história científica da medicina é caracterizada pela grande atenção à investigação das causas biológicas e dos mecanismos de doenças, mas pouca atenção à compreensão do funcionamento prático do conhecimento clínico (Lázaro; Azcona, 1996).

Contudo, há mais de duas décadas, aumentaram os estudos respeito da incerteza no diagnóstico. É possível encontrar trabalhos sobre a existência de estilo (Epsteina; Nicholsonb, 2009) e variabilidade (Bernal delgado *et al.*, 2013) na prática médica. O quadro 2 apresenta alguns trabalhos recentes nesta linha de pesquisa, os quais seguem uma tradição que vem desde Biehn (1982) com o seu estudo sobre a incerteza na prática de médicos de família, e Stano (1986) com o seu estudo sobre a evolução do estilo da prática médica.

Quadro2 -Estudos sobre a Variabilidade da Prática Médica com enfoque clínico

Variáveis de decisão	Objetivos do trabalho	Resultados	Referência
Demanda de atividades clínicas classificadas em quatro tipos: Prescrição, re-consulta, encaminhamentopara exames diagnósticos e encaminhamentopara outras especialidades. Por tipo de remuneração do médico.	Os autores estudaram a variabilidade da prática médica para quatro tipos de pagamento (duas formas de pagamento por serviço, pagamento por capitação e salário fixo).	Apesar de haver pouca diferença sistemática das taxas de atenção pelo estado do paciente, a variação foi maior para pacientes de minorias étnicas e de áreas de baixo nível socioeconômico. Além disso, essa variação foi acentuada quando o tipo de contrato dos médicos foi de pagamento por serviço.	LAY-YEE, R.; SCOTT, A.; DAVIS, P, 2013
Taxa de aplicação de procedimentos cirúrgicos	O trabalho dos autores expõe o caso para a aplicação de quatro procedimentos cirúrgicos cuja efetividade é incerta segundo profissionais médicos: artroplastia do joelho, cirurgia proctológica, reparação de hérnia incisional e amigdalectomia. É apresentada a variação para 199 áreas na Espanha durante 2002-2007	Os resultados mostram que o coeficiente de variação oscila entre 3 para reparação de hérnia e 6,5 para amigdalectomia. O estudo apresenta uma variabilidade sistemática entre moderada e alta.	BERNAL-DELGADO <i>et al.</i> , 2013
O modelo procura captar a relação entre o nível de qualificação dos pais e a opção por cesariana.	Os autores propõem um modelo estatístico que avalia a probabilidade do médico optar por uma cesariana. O problema é determinar se pacientes com pais médicos são tratados da mesma maneira que pacientes sem pais médicos.	A principal descoberta é que os pacientes com pais que têm formação médica: obstetras, parteiras e médicos, têm uma maior taxa de cesariana do que os pacientes com formação não médica.	GRYTEN, J.; SKAU,I.; SØRENSEN,R. Do, 2011
Características do paciente como idade, tipo de seguro, condições médicas e condições da gravidez. Variáveis que dão conta das características próprias do médico como sexo, idade, tipo de contrato, etc.	Os autores propõem medir a variabilidade nos estilos de tratamento de obstetras. A questão é saber quão correlacionado esta a mudança na taxa de cesarianas de um médico frente às mudanças de seus colegas em um hospital ou centro de saúde.	Os resultados permitiram aos autores concluir que a variabilidade nas taxas de cesarianas entre os médicos de uma mesma região são duas vezes maiores do que a variabilidade entre regiões, controlando pelas características observadas dos pacientes.	EPSTEINA, A. e NICHOLSONB, S, 2009
O modelo emprega como variável de controle o estado de saúde da pessoa	O estudo consiste num modelo de regressão de efeitos fixos que explora a relação entre a prática médica e o gênero do médico	Existem diferenças significativas no estilo de médicos do sexo feminino e masculinos. Médicas fornecem mais serviços de prevenção e apoio psicológico enquanto que médicos dedicam mais tempo para rotinas técnicas	BERTAKIS, 2009

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

No primeiro estudo apresentado no quadro 2 de Epstein e Nicholson no ano 2009, a aproximação metodológica empregada corresponde a um modelo estatístico linear de probabilidade calculado independentemente para todos os anos do estudo (1992-2006). A variável resposta é igual a 1 se o paciente i é tratado por cesariana pelo médico j e 0 caso contrário. Além dos resultados apresentados no quadro, o estudo verifica que a mudança na prática de um profissional é baixa. A correlação do estilo de tratamento de um médico entre o ano t e o ano $t-1$ é alto: 0,79 no caso que o médico tenha, como estilo de prática, a cesariana e 0,68 no caso contrário.

O estudo de Lay-Yee, Scott e Davis (2013) foi feito sobre o sistema de médicos de família da Nova Zelândia. As mensurações foram feitas para pacientes classificados por características socioeconômicas e étnicas durante os anos de 2001 e 2002. Foram realizadas 9.272 consultas correspondentes a pacientes de 185 famílias.

Outros tipos de metodologias são os estudos de seguimento à variabilidade geográfica, que consiste em identificar se a taxa de aplicação de um procedimento específico tem diferenças por regiões. Estes estudos comparam as taxas de utilização padronizadas (geralmente por idade e sexo) (Bernal-delgado *et al.*, 2013). O estudo apresentado corresponde a um atlas de utilização de procedimentos no contexto do sistema de saúde espanhol que serão empregados para estabelecer estratégias de desinvestimento em procedimentos com valor clínico baixo ou incerto.

Os dados empregados por Bertarkis (2009) para seu estudo correspondem a U.S. National Ambulatory Medical Care Survey com 41.292 consultas e 1.470 médicos, e gravações de consultas médicas do Family Practice Clinic da Universidade da Califórnia. Enquanto o estudo apresentado de Grytten *et al.* Corresponde á uma base de dados que contém informações sobre a educação dos pais e detalhes sobre todos os nascimentos na Noruega durante o período de 1967-2005.

Em resumo, os trabalhos apresentados nos quadros 1 e 2 são de dois tipos: trabalhos que documentam a existência de determinados incentivos que impactam o comportamento do provedor médico e trabalhos que corroboram a presença da VPM. Em geral, os estudos apresentados procuram comprovar a existência da VPM e documentar seus efeitos em diferentes sistemas de saúde. É importante ressaltar o aumento do número de trabalhos nessa área nas últimas três décadas, o que mostra a relevância desse assunto e a preocupação em melhorar a eficiência do setor de saúde, cuja participação no orçamento de diferentes países é crescente. Por exemplo, nos países desenvolvidos, o setor de saúde passou de 6% na média do

PIB nos anos 70 para aproximadamente 12% do PIB no ano de 2011 (OECD, 2013).

2.3 Evidência da presença da variabilidade da prática médica no contexto de estudo

Este trabalho foi feito baseado nos dados de sinistros de uma companhia de seguros privados de saúde. Um primeiro passo na estratégia do trabalho é verificar se o fenômeno de variabilidade se constata nos dados. A metodologia a ser empregada é a proposta feita por Bernal-Delgado *et al.* (2013) que consiste num estudo descritivo das taxas de utilização dos serviços de saúde.

A metodologia consiste em analisar as taxas padronizadas por idade e sexo dos procedimentos. A magnitude da variação foi expressa através de duas estatísticas:

- Razão de variação: É a razão entre o mais alto e o mais baixo dos valores observados (valor máximo/valor mínimo).
- Coeficiente de variação não ponderado: quociente entre o desvio padrão e a média

$$CV_u = \frac{S_u}{Y_u}, \quad (2.1)$$

Onde,

$$S_u = \frac{\sqrt{\sum (Y_i - Y_u)^2}}{(k - 1)}$$

$$Y_u = \text{média não ponderada} \left(\frac{\sum Y_i}{k} \right) \text{ das regiões}$$

$$Y_i = \text{média da área } i$$

$$k = \text{número de áreas}$$

O CV_u expressa o valor do desvio padrão em unidades de média, com a vantagem, em frente do desvio padrão, de não depender das unidades de medida. Interpreta-se como uma variação relativa (maior variabilidade a maior coeficiente) (Beltranet *al.*, 2007).

A tabela 2 apresenta a razão de variação para as diferentes especialidades no nível de regional. Estes indicadores são muito altos, indicando que entre o médico que realiza mais encaminhamentos e o que realiza menos encaminhamentos existe uma diferença importante.

Tabela 2- Razão de Variação por especialidade

Região	Razão de Variação										
	Ginecologia	Ortopedia	Otorrino	Urologia	Oftalmologia	Cx Geral	Dermatologia	Cx Cardio	Neurocirurgia	Cx del Torax	Cx Plastica
Antioquia	91	98	83	88	80	90	90	66	57	53	83
Centro	45	42	86	33	94	90	39	75	6	8	22
Norte	96	88	61	85	30	83	85	55	25	9	90
Occidente	88	94	83	92	43	87	83	55	38	33	66

Da tabela 3, o fato dos coeficientes de variação serem maiores que 20% para todas as especialidades, a exceção da Ortopedia, permite concluir que existe um componente sistemático de variação não aleatória entre as quatro regionais analisadas. Estas diferenças entre as zonas sugerem a presença de variabilidade nos padrões de atenção para as diferentes populações.

Tabela 3 - Coeficiente de variação no ponderado

Coeficiente de variação	Ginecologia	Ortopedia	Otorrino	Urologia	Oftalmologia	Cx Geral	Dermatologia	Cx Cardio	Neurocirurgia	Cx del Torax	Cx Plastica
Coeficiente de variação não ponderado	0,21	0,06	0,29	0,45	0,45	0,37	0,31	0,27	0,69	0,24	0,38

A variação também pode ser apreciada no gráfico 1. Os gráficos representam a variabilidade da utilização de procedimentos cirúrgicos padronizados por idade e sexo para cada especialidade. Estes foram feitos em duas escalas. A primeira correspondente aos números naturais que podem apresentar problemas de visualização como, por exemplo, os procedimentos com menores taxas se agrupam na base do gráfico sugerindo menor variação. E a segunda escala, com o objeto de melhorar a visualização, corresponde à escala logarítmica. O gráfico 1 representa a dispersão das taxas de encaminhamento para cirurgia das especialidades.

Do gráfico 1 é possível observar diferenças tanto nas medianas das taxas de encaminhamento como na dispersão dos dados. Cada série corresponde a uma regional. No total são quatro séries. Encontram-se diferenças maiores para especialidades como urologia, cirurgia geral, cirurgia cardiovascular, neurocirurgia e cirurgia do tórax.

Gráfico 1 - Distribuição das taxas de encaminhamento para cirurgia por especialidade e região

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

O problema da VPM nos dados analisados anteriormente pode ser estudado porque para o caso de estudo no contrato de seguro privado os segurados tem a plena liberdade de decidir o fornecedor que ele quer para que responda a suas demandas de serviços, o que implica em acordos tácitos de confiança. Médicos e segurados agem de acordo com regras formais (estabelecidas pela seguradora no contrato do seguro) e informais (resultado da interação entre médicos e pacientes). A presença de regras informais de interação dos agentes garante a inexistência de um controle central total que faz com que o conceito de complexidade se apresente como uma perspectiva de abordagem do problema.

3 O SEGURO-SAÚDE COMO UM SISTEMA COMPLEXO

Neste capítulo são apresentadas as principais características dos sistemas complexos e como algumas dessas características estão presentes em sistemas de seguro de saúde.

3.1 Características dos sistemas complexos

Um sistema precisa ter certas características para ser reconhecido como um sistema complexo (Miller & Page, 2007; Boccarda, 2004 e Mitchell, 2009):

- Interação: os agentes interagem e se conectam uns com os outros por meio de redes de informação onde o comportamento de um agente pode interferir no comportamento de outro agente.
- Retroalimentação: a experiência passada influencia o comportamento futuro de modo que os agentes são capazes de aprimorar os seus comportamentos de acordo com os resultados anteriores.
- Adaptação: os agentes alteram as suas ações para melhorarem suas performances. A adaptação é consequência das regras de transição, as quais determinam os estados futuros dos agentes após verificar a situação corrente e as ações dos indivíduos na busca por seus objetivos.
- Emergência de comportamentos: o comportamento em uma escala do sistema pode não refletir o comportamento em outra.
- Auto-organização: o sistema é capaz de se auto-organizar formando padrões.
- Diversidade: os agentes podem apresentar comportamentos diferentes e características distintas.

Considerando em termos gerais essas características, um sistema complexo consiste em diversos agentes adaptativos que interagem entre si e com o meio em que se encontram. Os agentes podem ser pessoas, animais, células, etc. Alguns exemplos de fenômenos que envolvem complexidade são as relações econômicas, os conflitos ambientais, as doenças, etc. Em particular, este trabalho estudará o seguro-saúde como um sistema econômico complexo sujeito a uma série de problemas que interferem na sua eficiência.

3.2 O seguro-saúde como um sistema complexo

O seguro-saúde surge como resposta à pouca previsibilidade do gasto médico de um indivíduo. Ainda que uma pessoa conheça algo sobre a sua saúde, há significativa incerteza sobre qual será a sua demanda efetiva por bens e serviços médicos. O seguro-saúde busca aumentar a previsibilidade do gasto médico pela agregação de indivíduos, os quais devem contribuir para formar um fundo comum a ser usado para cobrir inteiramente ou parcialmente

as suas demandas médicas. Espera-se que o gasto médico médio entre os associados do fundo convirja para o gasto médico observado na população-alvo, devendo esse gasto médico médio entre os associados estar refletido em suas contribuições para o fundo.

O contrato de seguro-saúde estabelece que o segurador (*i.e.*, o administrador do fundo de seguro-saúde) se comprometa a cobrir inteiramente ou parcialmente a demanda médica do consumidor segurado por meio do reembolso de suas despesas ou fornecer bens e serviços (*i.e.*, internações, cirurgias, tratamentos, terapias, etc.) através de provedores médicos próprios ou contratados. Em geral, os contratos de seguro-saúde têm vigência anual e revisam as condições de cobertura em cada renovação. As dificuldades a que estão sujeitos esses contratos decorrem de:

- Incerteza e complexidade: os indivíduos não conhecem sua futura condição de saúde. Adicionalmente, as preferências dos indivíduos podem mudar dependendo do estado de saúde da pessoa, o que faz as avaliações da necessidade dos serviços impactarem na conduta do médico, tornando esta menos previsível.
- Dificuldades de informação: a informação é assimetricamente distribuída entre os principais atores do setor de saúde (consumidor, segurador e provedor médico), o que leva aos problemas de seleção adversa, risco moral e demanda induzida, explicada nos capítulos anteriores.
- Falhas do mercado: as dificuldades de informação fazem com que os mecanismos de mercado por si só falhem em auto-organizar a produção e distribuição de bens e serviços médicos de forma eficiente.
- Progresso tecnológico: o padrão de tratamento e o custo desse padrão de tratamento variam conforme a tecnologia médica avança.
- Mudanças na demanda: independentemente da tecnologia médica, a demanda por bens e serviços médicos tende a crescer por causa da evolução demográfica da população e mudanças dos padrões de preferências da população (Smith *et al.*, 1997)

A gestão de bens e serviços de saúde não é um problema simples e envolve diferentes níveis de tomada de decisão: macro (político), meso (administrativo) e micro (prática clínica). As decisões em geral estão sujeitas a certo grau de incerteza e complexidade, e precisam levar em conta a limitação de recursos e os diferentes interesses dos diversos agentes envolvidos. A ciência da complexidade oferece alternativas de modelos baseados em conceitos dinâmicos que são capazes de abordar os problemas associados a sistemas de saúde. Enquanto modelos econométricos tradicionais enfatizam a mensuração e a predição, a teoria da complexidade

trabalha a explicação e a compreensão de fenômenos (Lessard, 2007). Alguns dos elementos que definem sistemas de saúde como sistemas complexos e que justificam o estudo por meio da ciência da complexidade são os seguintes:

- Presença de rede: sistemas de saúde configuram-se como redes de informação assimetricamente distribuída entre consumidores, pacientes, provedores, médicos e seguradores.
- Sensibilidade às condições iniciais: as condições iniciais dos pacientes podem afetar significativamente a gestão de sistemas de saúde. Por exemplo, pacientes com doenças crônicas têm mais conhecimento sobre as suas opções de tratamento e, portanto, demandas mais exigentes.
- Banco de dados complexos: os bancos de dados sobre saúde (em especial, sobre seguro-saúde) são altamente complexos e envolvem séries de tempos multidimensionais que tornam difícil a aplicação de métodos estatísticos para detecção de padrões. Além disso, a principal preocupação não é prever, mas sim entender as dinâmicas refletidas nos dados para melhorar a gestão de sistemas de saúde (Lessard, 2007).
- Adaptação: a maioria dos problemas vinculados à economia dos custos de transação incorpora o conceito de adaptação de recursos e tomada de decisões sequenciais (Williamson, 1987). As decisões clínicas podem ser consideradas como um processo complexo com múltiplos fatores influenciados pelos contextos sociais e individuais.
- Emergência: nos sistemas adaptativos complexos, a emergência se define como uma característica do sistema em que a partir do comportamento dos indivíduos e de suas características surgem padrões macro que podem ser mais complexos do que os encontrados nos indivíduos (Railsback, 2001). Em termos de variabilidade médica, alguns estudos afirmam que médicos não revisam suas crenças prévias e dão mais importância à troca local de informações. Em outras palavras, os médicos aprendem com os seus colegas, e essa troca local de informações faz com que sejam produzidos padrões macro de tratamento e perfis de custo (Epstein; Nicholson, 2009).
- Participação de diferentes agentes: sistemas de saúde são caracterizados pela participação de vários tipos de agentes econômicos, tais como o segurador, o consumidor-paciente, o provedor ou fornecedor dos bens e serviços de saúde e o governo como ente regulador. A figura 2 mostra a maneira como esses agentes interagem (linhas sólidas representam fluxos monetários e linhas tracejadas representam fluxos de bens e serviços):

Figura 2 - Agentes do sistema de saúde

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

3.3 Modelagens baseada em agentes

A modelagem consiste em mapear um problema do mundo real em um mundo abstrato que o caracterize. Os modelos de simulação são criados por regras que definem os estados que certo sistema assumirá dependendo dos estados atuais e dos estados passados (Cavin, 2002).

O problema abordado por este trabalho encontra-se num mercado descentralizado. Os mercados em geral podem ser modelados como sistemas adaptativos complexos, que consistem em um número grande de agentes adaptativos com interações locais. Essas interações fazem surgir o comportamento macroeconômico como resultado da aplicação de protocolos de mercado e normas de comportamento que retroalimentam a determinação das interações locais. O resultado é um sistema dinâmico de cadeias causais recorrentes que conectam os comportamentos individuais, as interações através de redes e os resultados sociais de bem-estar (Tsfatsion, 2003).

Em particular, o conceito de sistemas adaptativos aparece nos mercados de saúde porque as decisões futuras são adaptações de experiências passadas. Por exemplo, a decisão de ir novamente ao mesmo especialista depende da confiança obtida em uma consulta anterior e da melhoria percebida pelo paciente em sua saúde. As relações se baseiam em racionalidade limitada e adaptativa, e transações que dependem de confiança, custos e benefícios (Klos; Nooteboom, 2001).

Os problemas econômicos relacionados ao seguro-saúde estão associados ao conceito de rede social. Miller e Page (2007) afirmam que sistemas sociais são caracterizados pela heterogeneidade. De acordo com esses autores, a heterogeneidade cresce porque as pessoas têm uma ampla gama de comportamentos quando elas interagem com o meio e com os outros

agentes. Os modelos de agentes formalizam a heterogeneidade por meio de mecanismos adaptativos com regras comportamentais restritivas no lugar de comportamentos maximizadores. Tais modelos buscam capturar ações limitadas e localizadas similares às encontradas no comportamento do provedor médico, cujas decisões são mais influenciadas pelas interações locais com os seus colegas do que por experiências educacionais passadas.

A técnica de modelagem que melhor responde às condições particulares de um mercado de saúde com a participação de pelo menos três diferentes agentes (consumidores pacientes, provedores médicos e seguradores) é a simulação baseada em agentes (ABM), a qual pressupõe que padrões ao nível do sistema surgem de micro regras ao nível de seus componentes. A simulação baseada em agentes têm as suas raízes nos Sistemas Complexos Adaptativos, cujas principais propriedades são: diversidade de agentes, formação de grupo entre agentes, não linearidade das respostas e sistemas compostos por unidades mais simples.

A grande vantagem da simulação baseada em agentes é que as trocas entre os elementos estudados passam a ser uma parte do sistema juntamente com outras entidades do ambiente que também podem ser modeladas e simuladas. Os agentes são componentes autônomos com vontade própria e capacidade de interagir entre si e com o ambiente. A interação pode acontecer de duas maneiras: 1-) por meio de reações diretas a estímulos e 2-) por adaptações mais complexas e inteligentes, nas quais os agentes aprendem com outros agentes e com o ambiente. Os agentes tomam decisões individuais e coletivas, e podem ter diferentes graus de influência e perspectivas do ambiente. Nesse sentido, os agentes são frequentemente componentes heterogêneos (Niazi e Hussain, 2010).

Na última década, muitos trabalhos em economia foram publicados usando simulação baseada em agentes. A aplicação desses modelos permitiu:

- Abrir mão de pressupostos irrealistas da teoria do equilíbrio geral (*i.e.*, a concorrência perfeita). É possível estudar falhas de mercado advindas de assimetria de informação ou falta de concorrência e coordenação entre os agentes.
- Determinar o nível macroeconômico por meio da interação de agentes no nível microeconômico sem a necessidade de representações irrealistas ou agregações simplistas.
- Desenvolver uma escala entre o nível micro e macro que pode exercer um papel importante na descrição de sistemas econômicos.
- Simular um ambiente mais realista e adequado para o estudo dinâmico de perturbações causadas por alterações nos parâmetros.

Uma vez expostas as razões para o uso de simulação baseada em agentes no presente trabalho, é importante discutir os seus elementos básicos: o grupo de agentes, as regras de interação e o ambiente onde as interações ocorrem, sendo que este último elemento não precisa ser representado em alguns casos (Bargigli; Tedeschi, 2013).

Em um sistema de saúde, consumidor paciente, provedor médico e segurador estão inter-relacionados tanto por regras formais explícitas (contratos formais) quanto por regras informais baseadas na confiança. A figura 3 apresenta alguns fatores que afetam o comportamento dos agentes e, por conseguinte, as regras formais e informais pelas quais eles se inter-relacionam. A preocupação prioritária do consumidor paciente é ver a sua saúde melhorar. Além de atender o paciente, o provedor médico também tem preocupações econômicas e deseja ter boa reputação. O segurador, por sua vez, assume o papel de regulador e auditor da relação entre o paciente e o médico.

Figura 3- Agentes e fatores que afetam o comportamento destes

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

Da figura 3 pode-se resumir como o incentivo único e prioritário do paciente é alcançar a longo prazo os níveis adequados de saúde. Enquanto o médico, adicional a este objetivo, tem outros como: a utilidade econômica e o bom nome na comunidade científica. Finalmente o segurador deve regular tanto as condições do contrato realizado com o segurado como com o fornecedor que tem a responsabilidade da prestação do serviço.

A simulação baseada em agentes é apropriada porque permite incorporar os diferentes padrões do comportamento médico e diferentes preferências dos segurados. Adicionalmente permite seguir as decisões sequenciais dos diferentes agentes dependendo da aprendizagem

alcançada nos passos anteriores. Isern *et al.* revisaram 163 trabalhos de diferentes redes de difusão que empregam o conceito de agente e definiram as categorias de aplicações contidas no quadro 3 (2010).

Quadro 3 - Áreas de aplicação da simulação baseada em agentes

Área	Descrição
Gestão de dados médicos	Sistemas voltados para a recuperação e processamento de dados médicos (por exemplo, registro de saúde eletrônico)
Sistemas de apoio à decisão	Abordagens voltadas para auxiliar o profissional na execução dos processos de saúde, como tratamentos ou diagnósticos
Planejamento e alocação de recursos	Sistemas centrados na coordenação e programação de recursos humanos e materiais
Atendimento remoto	Abordagens que procuram monitorar remotamente o estado de saúde dos pacientes permitindo cuidados preventivos

Fonte: Isern *et al.*, 2010

De acordo com a classificação proposta por Isern *et al.* (2010), os objetivos deste trabalho enquadram-se em sistemas de apoio à decisão, planejamento e alocação de recursos. As próximas seções apresentarão o estudo das variáveis do problema, o exercício de modelagem e os resultados alcançados.

Embora seja o modelo de simulação de agentes a metodologia a ser empregada para alcançar os propósitos deste trabalho, também serão utilizadas ferramentas estatísticas como inferências para seguir as variáveis que serão definidas como relevantes no processo de tomada de decisões dos médicos. Nos capítulos 5 e 6 serão desenvolvidos a estratégia aqui exposta para a abordagem do problema, o exercício de modelagem e as aprendizagens alcançados neste processo.

4 O SISTEMA DE SAÚDE DA COLOMBIA

A OECD (1992) (Organização para a Cooperação Econômica e o Desenvolvimento) propôs uma metodologia para categorizar os sistemas de saúde através das interações entre seus diferentes atores. Dentre eles destacam-se os consumidores (pacientes), fornecedores de primeiro nível(médicos), fornecedores de segundo nível (hospitais, as seguradoras) e o governo no seu papel de regulador do sistema. As interações envolvendo os agentes se dão através do fornecimento dos serviços, encaminhamento do primeiro ao segundo nível, pagamento dos serviços e do seguro, e das diferentes alternativas de regulação.

A metodologia proposta também identifica a existênciade duas maneiras de financiamento: público e privado. Existem quatro métodos de pagamento aos fornecedores: pagamento direto dos consumidores do serviço (*out of pocket*), reembolso, indireto através de contratos, via orçamento e salários integrados numa organização. A combinação do financiamento e da forma de pagamento estabelece uma maneira de caracterizar o modelo de saúde de um país (OECD, 1992).

De acordo com a metodologia proposta pela OECD será feita uma descrição do sistema de saúde colombiano. Ele foi reformado pela lei 100 de 1993 para alcançar a cobertura universal da população. A iniciativa foi bem sucedida, pois a cobertura passou de 24% no ano 1993 para 90.1% no ano 2011 (DANE, 2013). Além disso, a lei promoveu um maior investimento de recursos públicos na saúde, de acordo com o indicador do gasto em saúde como porcentagem do PIB. Este apresentou um crescimento de 66% em cinco anos, alcançando um valor de 8.3% no ano 2011. Esta evolução é apresentada no gráfico 2.

Gráfico2 - Gasto na área da saúde na Colômbia como porcentagem do PIB

Fonte: Nuñez *et al*; 2012

Em geral, o Estado Colombiano fez um esforço financeiro para assumir o custo direto do sistema de saúde com o qual o gasto privado, como porcentagem do gasto total em saúde, passou de 52.3% no ano 1993 para 22% no ano 2011.

Inicialmente para avançar na caracterização do sistema de saúde serão expostos os tipos de populações do sistema, a saber:

- Os afiliados ao regime contributivo são as pessoas com carteira de trabalho, os servidores públicos, os aposentados e os trabalhadores independentes com capacidade de pagamento. Nesta categoria a cota por segurado é de 12% do seu salário. Se este for empregado, o empregador aporta dois terços da cota e o trabalhador paga um terço.
- Os afiliados ao regime subsidiado são as pessoas sem capacidade de pagamento, ou seja, aquelas mais pobres e em condição de vulnerabilidade de áreas rurais e urbanas. Estas pessoas estão isentas de pagamento.
- Os afiliados aos regimes especiais são aqueles que pertencem a uma organização que projeta seu seguro e o financia diretamente.
- Por fim, tem pessoas que, além do acesso ao regime contributivo, contrata uma cobertura privada para melhorar seu acesso aos serviços de saúde.

A tabela 4 apresenta a distribuição da população colombiana de acordo com o tipo de afiliação. 90% da população tem afiliação ao sistema geral de seguridade social distribuída entre as modalidades do regime contributivo ou do regime subsidiado. A participação é feita sobre o total da população, mas como as pessoas que estão seguradas no setor privado devem fazer parte do seguro subsidiado e contributivo a somatória da participação é superior a 100% pelo efeito de ter a possibilidade de estar segurado em dois sistemas ao mesmo tempo.

Tabela 4 - População total segurada por tipo de regime

Regime	2012	
	Nº Pessoas	Participação
SUBSIDIADO	22.605.295	47,4%
CONTRIBUTIVO	19.957.739	41,9%
REGIME ESPECIAIS	2.450.000	5,1%
SEM SEGURO	2.659.366	2,5%
PRIVADO	1.500.000	3,1%
TOTAL POPULAÇÃO	47.672.400	

Fonte: Ministério de seguridade social, 2013

Adicional às categorias de regime subsidiado e contributivo, encontram-se os regimes especiais constituídos por empresas privadas ou publicas que geram seus próprios planos e as pessoas sem seguro, que são aquelas que não têm nenhum tipo de cobertura. De acordo com estas populações cobertas pode-se determinar que este sistema tem um financiamento misto com recursos públicos e privados. A figura 4 apresenta a maneira como é financiado o sistema. Os impostos territoriais e nacionais são destinados para financiar o regime subsidiado através de uma subconta de solidariedade do FOSYGA¹. Além disso, o sistema conta com os aportes dos trabalhadores e empregadores (Nuñez *et al.*,2012).O dinheiro arrecadado dos impostos e das contribuições dos afiliados do regime contributivo são dirigidos para o FOSYGA que através de unidades gestoras EPS (Entidades Promotoras de Saúde) realizam a afiliação, o cadastro, a coleta, a atribuição dos afiliados as instituições que fornecem os serviços e o pagamento aos fornecedores. O país tem aproximadamente 60 EPS. A dimensão de como são feitos os pagamentos dos serviços de saúde segundo a metodologia proposta pela OECD também é apresentada na figura 4.

Figura 4 - Sistema de saúde colombiano

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

1. Fundo de Solidariedade e Garantia, conta especial da Nação, por meio da qual se produz a gestão dos recursos do Sistema Geral de Seguridade Social em Saúde

Na figura 4 pode ser observado que cada um dos sistemas tem diferentes alternativas de pagamento aos fornecedores. Por exemplo, no sistema contributivo, as prestações básicas como a consulta e alguns exames diagnósticos são pagos pelas EPS às empresas que prestam a atenção básica (IPS) como um valor fixo por pessoa. Serviços como consultas com especialistas, exames diagnósticos de maior complexidade e gastos hospitalares, são remunerados por modelos “fee for service”, ou seja, pagamento por serviço em vez de um valor fixo como no caso anterior. No caso das seguradoras privadas os modelos de retribuição aos fornecedores são de dois tipos fundamentalmente: pagamento por evento ou reembolso. A utilização de modelos de alíquotas é baixa.

Também observa-se na figura 4 a coexistência do sistema de seguro público de tipo universal com seus regimes contributivo e subsidiado e um sistema de seguro de saúde privado. A cobertura dos dois sistemas não apresenta grandes diferenças, mas o incentivo para que uma pessoa compre um seguro de saúde privado no país corresponde a melhores condições de acesso e conforto. Por exemplo, uma pessoa afiliada ao sistema geral de seguridade social sempre deve ir, inicialmente, ao médico de família que poderá encaminhá-la ao médico especialista, se necessário, enquanto no seguro privado, a pessoa vai livremente à especialidade desejada e ao profissional da sua preferência. Contudo o alto custo deste tipo de seguro faz que só 3,15% da população colombiana tenha um seguro privado de saúde.

Resumindo, o sistema de saúde colombiano é um sistema de competição com a premissa teórica que a introdução de elementos de concorrência em serviços públicos contribui para resolver a ausência de incentivos de eficiência. Porém, atualmente o sistema apresenta certas dificuldades no financiamento porque o plano básico não está definido claramente. O cidadão pode obter serviços através de certos instrumentos judiciais apelando pelo direito à saúde e ter benefícios adicionais aos contemplados no plano. Portanto a dinâmica do gasto é crescente e não existem novas fontes de financiamento. A não existência de atualizações na cobertura causa um excesso de gasto do sistema de saúde.

No contexto do custo crescente em saúde, uma alta população subsidiada, um baixo ritmo de crescimento de emprego formal (Chernichovski, 2010), se estabelece que incentivar o gasto privado em saúde da população pode ser parte das alternativas para melhorar o balanço de um setor que faz pressão orçamentária ao Estado. Contudo, a dinâmica do custo do seguro privado em saúde também é constantemente crescente o que constitui uma barreira de acesso. O estudo empírico proposto no desenvolvimento deste trabalho será feito para uma seguradora privada. O problema de pesquisa está enquadrado no setor ressaltado na figura

4.É importante realizar esta diferenciação visto que o seguro público e privado têm condições particulares de operação e de comportamento dos agentes, o que faz com que as conclusões de um setor não sejam iguais ao do outro setor. O que diferencia os dois setores fundamentalmente é que o consumidor privado no momento de realizar sua escolha, a faz diretamente enquanto que no seguro público as seguradoras agem como mediadoras e limitam o comportamento dos segurados. Uma vez definido claramente o sistema que circunscreve o problema de pesquisa, os seguintes capítulos apresentam os estudos empíricos e de modelagem definidos nos objetivos específicos.

5 ANÁLISE DESCRITIVA DO COMPORTAMENTO DOS AGENTES

Este trabalho estuda a relação entre paciente e médico regulada por um seguro de saúde privado. Um primeiro passo para abordar o desenvolvimento de um modelo de simulação baseado no processo de interação destes agentes corresponde ao estudo empírico de algumas variáveis que caracterizam tanto o comportamento dos pacientes como dos médicos com o objetivo de ganhar conhecimento sobre a variabilidade na taxa de encaminhamento. Encaminhar é o processo por meio do qual um médico estabelece que um segurado, após uma consulta médica, precisa de um procedimento adicional, seja do tipo diagnóstico ou cirúrgico. O comportamento dos agentes, médicos e pacientes, está regulado na maneira como os agentes realizam suas escolhas. No caso do segurado (paciente) sua decisão consiste em definir se vai ou não ao médico (consulta) e a qual dos médicos do plano ele escolhe. No caso do médico sua decisão consiste nos recursos que serão empregados, ou seja, se encaminha ou não o paciente para exames diagnósticos ou outros procedimentos como cirurgias. Estas escolhas estão representadas em duas variáveis. A primeira consiste na concentração definida como uma medida do número total de pacientes que o médico consulta. A segunda consiste na taxa de encaminhamento que representa a decisão do médico. Os dados empregados para a caracterização destas variáveis correspondem aos sinistros da companhia seguradora, para os anos 2008 a 2012.

Em resumo, as variáveis que serão seguidas evidenciam fundamentalmente dois fenômenos a aglomeração dos pacientes pelos médicos e a função de distribuição da taxa de encaminhamento para procedimentos cirúrgicos, variável a ser reproduzida pelo modelo de simulação.

5.1 Concentração de pacientes pelos médicos

Da análise exploratória dos dados, verifica-se a existência do fenômeno de aglomeração de segurados para certos especialistas. Esta variável será denominada concentração pelo fato de que poucos médicos atendem a um número alto de segurados.

A tabela 5 apresenta os dados para a especialidade de ginecologia e obstetrícia para a Regional Centro. Na coluna participação de segurados observa-se que um só médico atendeu 6,7% dos segurados. De maneira acumulada (última coluna) se verifica que aproximadamente 40% dos segurados foram atendidos por 11% dos especialistas da área na região de análise e assim sucessivamente. A tabela 5 não compreende todos os dados, tem somente o propósito de exemplificar a maneira como foram tratados os registros.

Tabela 5 - Exemplificação Acumulado Segurados-Médicos por ano

Especialidade	Regional	Número de Segurados	Número de Médicos	Participação Segurados	Participação Médicos	Acumulado Segurados	Acumulado Médicos
GINECOLOGIA Y OBSTETRICIA	R. CENTRO	209	1	7%	1%	7%	1%
GINECOLOGIA Y OBSTETRICIA	R. CENTRO	135	2	4%	2%	11%	3%
GINECOLOGIA Y OBSTETRICIA	R. CENTRO	123	1	4%	1%	15%	4%
GINECOLOGIA Y OBSTETRICIA	R. CENTRO	121	1	4%	1%	19%	4%
GINECOLOGIA Y OBSTETRICIA	R. CENTRO	116	2	4%	2%	22%	6%
GINECOLOGIA Y OBSTETRICIA	R. CENTRO	111	1	4%	1%	26%	7%
GINECOLOGIA Y OBSTETRICIA	R. CENTRO	107	1	3%	1%	29%	8%
GINECOLOGIA Y OBSTETRICIA	R. CENTRO	106	1	3%	1%	33%	9%
GINECOLOGIA Y OBSTETRICIA	R. CENTRO	105	1	3%	1%	36%	10%
GINECOLOGIA Y OBSTETRICIA	R. CENTRO	102	1	3%	1%	39%	11%
GINECOLOGIA Y OBSTETRICIA	R. CENTRO	99	1	3%	1%	43%	12%
GINECOLOGIA Y OBSTETRICIA	R. CENTRO	96	2	3%	2%	46%	13%
GINECOLOGIA Y OBSTETRICIA	R. CENTRO	87	1	3%	1%	48%	14%
GINECOLOGIA Y OBSTETRICIA	R. CENTRO	86	2	3%	2%	51%	16%
GINECOLOGIA Y OBSTETRICIA	R. CENTRO	83	1	3%	1%	54%	17%
GINECOLOGIA Y OBSTETRICIA	R. CENTRO	76	1	2%	1%	56%	18%
GINECOLOGIA Y OBSTETRICIA	R. CENTRO	73	1	2%	1%	59%	19%
...	...	...	...	...	...	...	...

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

Nográfico 3 é apresentado o fenômeno de concentração para o caso de quatro especialidades (aquelas com uma participação significativa no número de consultas médicas). Estográficoapresenta a relação entre o número acumulado de segurados e o número de médicos considerados também de maneira acumulada (duas ultimas colunas da tabela 5). A linha azul em cada um dos gráficos ressalta o fato de sintetizar uma regra geral: aproximadamente 80% dos segurados no intervalo de um ano são atendidos por 20% dos médicos da especialidade de análise. Este fato se verifica para as diferentes regionais com exceção do caso das especialidades de ginecologia e obstetrícia para a Regional Centro conforme no gráfico 3 esquerdo superior. O caso da especialidade oftalmologia observa-se um pequeno desvio da relação 80/20.

Gráfico 3- Concentração de atendimento por especialidade ano 2012

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

Este fenômeno de concentração é reconhecido na teoria como o problema da confiança e dos mecanismos de reputação, onde uma pequena minoria emerge como os depositários da confiança. Na rede de membros, estes tendem a consultar e interagir com os mesmos parceiros de maneira recorrente (Skopik *et al.*, 2010). No contexto do seguro de saúde privado as pessoas escolhem livremente o médico. Assim o segurado cria vínculos de permanência com o profissional escolhido, aumentando a reputação do médico, o que aumenta a chance de conseguir um maior número de pacientes. Este mecanismo explica a concentração apresentada no gráfico 3.

O gráfico 4 apresenta a tendência da concentração para o total das especialidades, ou seja, o número de segurados acumulados frente ao número de médicos acumulados para todas as especialidades. A curva total evidencia que os 80% dos segurados são atendidos por uma

proporção perto dos 20% dos especialistas e reúne o total das regionais, que faz com que a curva tenha uma representação mais suavizada.

Gráfico4 - Concentração de atendimento para o total de especialidades para o ano 2012

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

Para aprofundar o estudo da variável concentração será construído o diagrama de frequências do número de segurados pelos médicos (Gráfico 5). Como resultado se observa que um alto volume de pacientes é atendido por um baixo número de médicos e por outro lado muitos médicos apresentam menos de 100 pacientes por ano.

Gráfico 5 - Diagrama das Frequências do número de segurados pelos médicos

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

Inicialmente a análise do gráfico 5 permite estabelecer a hipótese da existência de uma lei de potência entre a variável segurados e sua frequência. Esta lei estabelece que as frequências

mudam segundo um expoente quando a variável muda. Matematicamente uma variável x obedece a uma lei de potência se a função de distribuição de probabilidade segue a equação 5.1.

$$\Pr(x) = x^{-\alpha} \quad (5.1)$$

Normalmente uma lei de potência pode ser reinterpretada como uma linha reta num gráfico log-log da função 5.1 (Virkar;Clauset, 2014). Isto é feito no gráfico 6.

A alta dispersão dos dados observada na parte esquerda do gráfico 6 sugere a necessidade de realizar um reagrupamento dos dados.

De acordo com a proposta de Newman (2006) o ruído dos dados pode ser eliminado através da redefinição dos tamanhos dos “bins”, isto é o tamanho dos intervalos de classes das variáveis. O limite superior e inferior dos intervalos b_n é gerado com as regras apresentadas na equação (5.2). Os intervalos para a reclassificação das observações são linearmente crescentes. Um exemplo das classes geradas encontra-se no seguinte vetor [2,6,12,20,30,42,56,72,90,110...], as novas classes reclassificam o número de pacientes pelos médicos para reproduzir o gráfico 6 do lado direito.

$$b_{n+1} = b_n + \alpha_n \quad (5.2)$$

$$\alpha_n = 2 + \alpha_{n-1}$$

$$\alpha_0 = 2 \quad b_0 = 2$$

Gráfico 6 - Log(segurados) vs Log(frequências)

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

Contudo o ajuste alcançado no gráfico 6 não é muito bom para validar completamente a hipótese da existência de uma lei de potência. Por isso se realizou uma análise adicional com o software `powerlaws_full_v0.0.10-2012-01-17` (Instituto Santa Fe, 2012). O algoritmo realiza o teste de ajuste de uma lei de potência sobre a função de densidade de probabilidade dos dados (Equação 5.3).

$$\Pr(X > x) = \int_x^\alpha p(x') dx' = \left(\frac{x}{x_{\min}}\right)^{-\alpha+1} \quad (5.3)$$

O resultado esperado é que a partir de um valor mínimo ($x_{\min}$) da variável, a função acumulada siga uma linha reta, mas como se observa no gráfico 7, a linha preta resultado do ajuste dos dados empíricos obtido por um algoritmo de máxima verossimilhança não representa os dados.

Gráfico 7 -Verificação lei de potencia sobre distribuição acumulada de probabilidade

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

O passo seguinte foi verificar a existência de outra função de distribuição que explique o comportamento de agrupação dos segurados pelos médicos. O software empregado para a realização das provas de ajuste foi o `Xlstat 2012` o software permite testar o ajuste de diferentes funções de probabilidade aos dados.

Os testes estatísticos deram como resultado que a variável concentração segue uma distribuição Lognormal com média 3,323 e desvio padrão 1,479. A tabela 6 contém a comparação das frequências observadas e teóricas e o estatístico Chi-quadrado, enquanto

ográfico 8 apresenta o ajuste da função. O valor encontrado para χ_{obs}^2 foi igual a 0,82, que é inferior ao valor crítico de $\chi^2(95\%, 9) = 3,3251$. Por isso se conclui que os dados seguem uma distribuição Lognormal.

Tabela 6 - Comparação entre frequências observadas e teóricas – variável concentração

Clase	Frequência (Dados)	Frequência (Distribuição)	χ^2
1	86,6	87,4	0,01
2	8,1	7,3	0,09
3	3	2,4	0,15
4	1,2	1,2	0,00
5	0,7	0,6	0,02
6	0,1	0,4	0,23
7	0,1	0,3	0,13
8	0	0,2	0,20
9	0,1	0,1	0,00
10	0,1	0,1	0,00
Total χ^2			0,82

Gráfico8 - Função de distribuição concentração

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

5.2 A distribuição de encaminhamento como um indicador da variabilidade na prática médica

O encaminhamento é uma taxa que representa a percentagem do número de pessoas que foram indicadas para realizar outro tipo de serviço médico, como cirurgias e exames diagnósticos em relação ao número de pacientes do médico. A equação 5.4 estabelece a relação empregada para obter o grau de encaminhamento do médico. Por exemplo, uma taxa

de encaminhamento de 20% significa que da totalidade da clientela vista pelo médico, 20% delas precisaram passar por um outro procedimento (encaminhamento).

$$\frac{\text{Procedimentos totais do médico} - \text{ano}}{\text{Número total de segurados que tiveram pelo menos uma consulta médica no ano com o médico "x"}} \quad (5.4)$$

As decisões que pode tomar um médico são de dois tipos: encaminhamento a exames diagnósticos e/ou procedimentos cirúrgicos. A tabela 7 apresenta para o caso de estudo a relação das taxas de encaminhamento dos médicos, para o total das especialidades no ano 2012. A correlação significativa alcançada entre as duas variáveis (encaminhamento para exames diagnósticos e procedimentos cirúrgicos) é de 56,3%, então explicar uma das variáveis conduz indiretamente à explicação da outra numa proporção moderada. Por esta razão o modelo terá como variável a seguir a taxa de encaminhamento das cirurgias pelo fato de serem estas as de maior impacto nos custos do sistema.

Tabela 7- Correlação taxa de encaminhamento de cirurgias vs. taxa de encaminhamento exames diagnósticos (Software SPSS)

		Taxa cirurgia	Taxa exames diag.
Taxa cirurgia	Pearson correlação	1	0,563"
	Sig. (2-tailed)		0
	N	2229	2229
Taxa exames diag.	Pearson correlação	0,563"	1
	Sig. (2-tailed)	0	
	N	2229	2229

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

O esperado é que as taxas de encaminhamento dos médicos fiquem muito parecidas. Na prática podem existir diferenças significativas nas taxas entre os médicos de uma mesma especialidade. Isto é considerado variabilidade na prática médica desde que as populações atendidas pelos diferentes profissionais sejam controladas por variáveis demográficas como idade e sexo. Por esta razão deve-se padronizar a taxa de encaminhamento referente a cirurgia.

A padronização é necessária porque pode acontecer que um médico atenda principalmente pessoas de idade avançada, o que teria um impacto sobre a taxa de encaminhamento, posto que, quanto maior idade maior demanda de serviços de saúde. A padronização constitui uma

homogeneização das taxas para que fiquem comparáveis. Um exemplo de padronização de taxas é apresentado na tabela 8.

Tabela 8 - Exemplo de padronização de taxas por idade

Idade	Número de Segurados		Número de procedimentos		Taxa de encaminhamento x 1.000 segurados		Número de casos ajustados	
	Médico A	Médico B	Médico A	Médico B	Médico A	Médico B	Médico A	Médico B
0-4	1.500	2.500	63	90	42	36	168*	144
5-14	2.500	3.500	50	84	20	24	120	144
15+	6.000	4.000	12	8	2	2	20	20
Total	10.000	10.000	125	182	12	182	308	308

(*) $(42 * 4000) / 1.000 = 168$ casos em 1.000 pessoas

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

A ideia das taxas padronizadas é encontrar uma taxa global para o médico A e o médico B, ponderando a composição demográfica do grupo de pessoas que eles atenderam. Isto significa calcular novamente o número de casos sobre a população total dos médicos. O total de casos ajustados é dividido sobre o total da população para encontrar uma taxa global por médico. De acordo com os dados consignados na tabela 8 as taxas padronizadas são as seguintes:

Médico A = $(308 / 20.000) = 15.4$ por 1.000

Médico B = $(308 / 20.000) = 15.4$ por 1.000

O gráfico 9 apresenta o diagrama de frequência das taxas padronizadas de encaminhamento de cirurgia para todas as especialidades. A taxa esta expressa em cirurgias por cada 100 pessoas. Todos os histogramas para as diferentes especialidades se caracterizam por sua assimetria à direita, mas a densidade para certas taxas podem ser notavelmente diferentes. No geral taxas de encaminhamento inferiores a 30 por cem concentram um alto volume de dados.

Gráfico9 - Diagrama de frequência da taxa de encaminhamento para cirurgia padronizada por especialidade para os anos 2008 a 2012

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

Nográfico 10 se apresenta a agregação do total de especialidades. Da figura é possível observar como algumas taxas tem alta frequência como é o caso da taxa 0.5 e 1. Analisando os dados para saber o porque desta tendência, verifica-se que esta aglomeração se apresenta para médicos com baixo nível de pacientes. Por exemplo, se um médico atende dois pacientes no serviço de consulta e um deles é encaminhado para cirurgia isto leva a uma taxa de encaminhamento de 0.5.

Gráfico 10 - Diagrama de frequência da taxa de encaminhamento de cirurgia total por especialidade

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

Com o objetivo de corrigir a distribuição das distorções causadas pela baixa concentração de segurados pelos médicos se realiza um filtro que consiste em eliminar da mostra os médicos com cinco ou menos segurados atendidos durante o ano. O gráfico 11 apresenta a distribuição de frequências com a correção proposta. É possível evidenciar a emergência de uma forma de distribuição mais suave, com mediana aproximada de 20 procedimentos por cada cem pessoas.

Gráfico 11 - Taxa de encaminhamento de cirurgia para o total das especialidades

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

Com o objetivo de descrever melhor o comportamento da variável taxa de encaminhamento se realiza o ajuste dos dados a uma distribuição de probabilidade. Usando o software Xlstat, a função que melhor explica a variável é uma distribuição gamma2 com parâmetros k igual 1,610 e beta de 13,849. A tabela 9 apresenta a comparação entre as frequências observadas e teóricas. O valor encontrado para χ_{obs}^2 foi igual a 1,35, que é inferior ao valor crítico de $\chi^2(95\%, 9) = 3,3251$. Por isso se conclui que os dados seguem uma distribuição gamma 2.

Tabela 9 -Comparação entre frequências observadas e teóricastaxa de cirurgias

Clase	Frequência (Dados)	Frequência (distribuição)	χ^2
1	24,1	26,6	0,23
2	30,8	28,4	0,20
3	18,2	19,1	0,04
4	11,7	11,5	0,00
5	5,5	6,7	0,21
6	4,5	3,7	0,17
7	2,6	2	0,18
8	1,3	1,1	0,04
9	1	0,6	0,27
10	0,3	0,3	0,00
Total χ^2			1,35

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

O gráfico 12 apresenta graficamente as diferenças entre as frequências observadas e as frequências teóricas.

Gráfico 12 - Função de distribuição taxa de encaminhamento de cirurgia

A função Gama 2 é definida como $X \sim G_2(v, s) \equiv G\left(\frac{v}{2}, \frac{2}{s}\right)$ (Adjemian, 2010)

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

5.3 Correlação entre concentração e taxa de encaminhamento

Finalmente com o objetivo de compreender a relação existente entre o grau de concentração de pacientes pelos médicos e a taxa de encaminhamento a procedimentos cirúrgicos se analisa a correlação entre as duas variáveis para o total das especialidades no ano 2012. A tabela 10 registra uma correlação negativa significativa de 20%, o que indica uma tendência moderada dos médicos que atendem um alto volume de pacientes tenham uma taxa de encaminhamento a procedimentos cirúrgicos mais baixa.

Tabela 10 -Correlação entre concentração e taxa de encaminhamento

		Concentração	Taxa
Concentração	Pearson correlação	1	-0,204"
	Sig (2-Tailed)		0
	N	3.124	3.124
Taxa	Pearson correlação	-0,204"	1
	Sig (2-Tailed)	0	
	N	3.124	3.124

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

Adicionalmente esta correlação negativa pode ser observada com mais detalhe na tabela 11 onde é apresentada para certas especialidades a média e o desvio padrão da taxa de encaminhamento de cirurgia. Verifica-se que para o caso da especialidade ginecologia a taxa média de encaminhamento de cirurgias para médicos que concentram mais do 3% dos pacientes é 57% menor que as taxas de encaminhamento dos médicos com uma concentração de pacientes menor a 1%.

As diferenças na taxa de encaminhamento para altas e baixas concentrações se verifica para todas as especialidades referenciadas na tabela 11, por exemplo, no caso de otorrino a taxa média de encaminhamento para concentrações no intervalo [0-1] é de 30 por cem pacientes e para concentrações superiores a 4% é de 14 por cem pacientes, o que significa que os médicos com maiores concentrações apresentam uma taxa média de encaminhamento menor em 54% frente aos médicos com concentrações menores o iguais a um.

Enquanto o desvio padrão da taxa de encaminhamento para os intervalos construídos, esta é menor na faixa de concentração de pacientes maiores a 3%, por exemplo, o desvio padrão da taxa de encaminhamento para médicos com concentrações maiores de 3% no caso de ginecologia é de 5 por cada cem pessoas, enquanto para concentrações inferiores a 1% é de 19 por cada cem pessoas. Desta maneira é possível concluir que médicos com concentrações

altas de pacientes apresentam menor dispersão no comportamento do encaminhamento de procedimentos cirúrgicos.

Tabela 11 - Concentração vs. taxa de encaminhamento por faixas

Taxa de Encaminhamento Ginecologia			Taxa de Encaminhamento Ortopedia			Taxa de Encaminhamento Otorrino		
Concentração	Média	Desv. padrão	Concentração	Média	Desv. padrão	Concentração	Média	Desv. padrão
[0-1]	25	19	[0-1]	31	19	[0-1]	30	18
[1-3]	16	14	[1-4]	23	17	[1-4]	18	14
>3	11	5	>4	16	12	>4	14	6
	-57.81%			-47.49%			-53.69%	

Taxa de Encaminhamento Urologia			Taxa de Encaminhamento Oftalmologia			Taxa de Encaminhamento Cx General		
Concentração	Média	Desv. padrão	Concentração	Média	Desv. padrão	Concentração	Média	Desv. padrão
[0-1]	30	20	[0-1]	30	18	[0-1]	28	21
[1-4]	19	14	[1-4]	19	14	[1-4]	15	16
>4	19	14	>4	15	18	>4	16	19
	-34.80%			-50.20%			-42.00%	

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

As variáveis selecionadas para seguir o comportamento do médico em termos da sua capacidade de atração de segurados e seu comportamento no processo de encaminhamento são todas apresentadas em unidades de quantidade como número de pacientes e número de procedimentos. Não foram empregadas unidades monetárias pelo fato da complexidade do tratamento impactar o valor dos honorários, por esta razão a renda do médico como variável de análise não foi utilizada porque impõe a necessidade de introduzir a variável diagnóstico o que não permitiria as agregações feitas para representar as decisões dos agentes.

No modelo se realiza uma simplificação ao definir que o preço pago pelos procedimentos é um preço médio, eliminando o fato de ter procedimentos mais ou menos complexos também impacta na renda alcançada pelos médicos.

Uma vez descritas as variáveis relacionadas com as escolhas dos agentes vinculados ao problema da variabilidade da prática médica, o próximo capítulo apresenta o modelo que procura dar conta da maneira como os agentes interagem e trocam informações que levam a reproduzir as variáveis aqui documentadas.

6 MODELO DO COMPORTAMENTO MÉDICO-PACIENTE

No presente capítulo se apresenta o modelo de simulação que reproduz as distribuições da taxa de encaminhamento para cirurgia e da concentração de pacientes por médico. O modelo será calibrado com os dados de uma companhia de seguro privada.

Uma das suposições do modelo é que a população permanece constante ao longo das iterações, ou seja, o modelo não segue as modificações sobre o perfil demográfico. Desta maneira a seguradora não deve realizar atividades que procurem fazer controle sobre o risco de forma pré-contratual.

As regras do segurador se limitam a garantir que a cobertura não muda para todos os períodos da simulação. As atividades de correção se concentram em regular o preço que a seguradora paga pelos procedimentos aos fornecedores dos serviços. O mecanismo de ajuste do preço do procedimento será exposto mais detalhadamente no algoritmo do modelo. O que se quer destacar aqui é que as regras da seguradora estão enquadradas na regulação de preços do ponto de vista da oferta e sem nenhum impacto sobre o segurado, pois conserva sua cobertura a um preço fixo.

Com o objetivo de estabelecer as notações a serem empregadas na explicação do modelo são apresentadas os quadros 4 e 5 os parâmetros e as variáveis de estado. Os parâmetros referem-se a populações de segurados e médicos, frações relacionadas ao comportamento de encaminhamento do médico, taxas de aprendizado e regras da seguradora. As variáveis de estado dão conta das regras de evolução.

Quadro 4- Parâmetros do modelo

Parâmetros	Descrição	Valor
N	Número Total de segurados simulados	40.000
M	Número de médicos por mil segurados	2.4
f_p	Fração de pessoas que assistem ao serviço de consulta externa	0.8
$f_m^{(1)} \sim N(\mu, \sigma)$	Fração de pessoas que são encaminhadas ao serviço de exames diagnósticos. Cada médico terá uma proporção diferencial de encaminhamento ao serviço. Valor que se inicializa para cada simulação com números aleatórios baseados numa distribuição normal	$\mu=0.3; \sigma=0.2$
Λ	Fator de aprendizagem	0.5
MP	Fator de melhora na probabilidade de acerto em função da curva de aprendizagem	0.0005
Γ	Taxa de encaminhamento de cirurgia esperada pela seguradora	0.125
α	Valor fixo que paga a seguradora por cada serviço de consulta médica	50
β	Valor fixo que paga a seguradora por cada procedimento cirúrgico	500

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

Os valores dos parâmetros contidos no quadro 4 resultam da análise descritiva da base de dados, com exceção dos valores para Λ e MP que são atribuídos arbitrariamente. Adicionalmente, os valores de α e β são definidos conservando a proporcionalidade entre os custos dos serviços. Do produto dos parâmetros N e m se determina o número total de médicos que serão parte da simulação, notados com a letra M . Os parâmetros M e N conservam a proporção de 2,4 médicos por cada mil pessoas, valor obtido da análise dos dados empíricos.

O quadro 5 representa a notação das variáveis de estado do modelo. Entende-se por variável de estado todas aquelas variáveis endógenas e que seguem a maneira como evoluem os agentes através do tempo.

Quadro 5 - Variáveis de estado do modelo

Variáveis de Estado	Descrição
$NS_m(t)$	Número de segurados atribuídos aos médicos no tempo de simulação t
$FA_m(t)$	Retorna o fator de aprendizagem ao nível do médico em função do número de segurados acumulados alcançado no período t
$\pi_m(t)$	Probabilidade de acerto dos médicos. No tempo $t=1$ esta probabilidade é atribuída aleatoriamente. Para os períodos seguintes esta variável é função da probabilidade alcançada no período anterior, MP e FA_m
$f_m^{(2)}$	Fração de segurados encaminhados para cirurgia
$RCR_m(t)$	Vetor que indica o número de pessoas por médico encaminhadas para procedimento cirúrgico
$R_m(t)$	Reputação dos médico. Esta associada ao número de segurados agregados por médico ponderado pela probabilidade de acerto $\pi_m(t)$
$W_m(t)$	Renda alcançada pelo médico no período. Produto das consultas e cirurgias feitas
$\bar{W}(t)$	Renda média dos médicos do sistema no tempo t

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

6.1 Variáveis de estado do modelo

O modelo apresenta dois níveis: o primeiro nível são os pacientes (segurados) os quais são agregados pelos médicos que formam o segundo nível. Além dos agentes segurados e médicos, existe outro agente chamado seguradora que estabelece as regras de cobertura e que indica os valores médios de pagamento por cada um dos serviços e as frequências esperadas de utilização para definir o valor do seguro. A seguradora não entrará explicitamente. O modelo esta focado na caracterização do médico e seu comportamento, suas características são representadas tanto em parâmetros como variáveis de estado descritas a seguir.

O médico como agente está caracterizado inicialmente por um perfil de encaminhamento determinado pelas frações $f_m^{(1)}$ e $f_m^{(2)}$. A figura 5 apresenta o processo para determinar a taxa de encaminhamento dos médicos. Inicialmente, uma fração f_p do total de segurados vão assistir ao serviço de consulta. Os segurados escolhem os médicos em função da reputação alcançada por estes. Cada médico está caracterizado por $\{f_m^{(1)}, f_m^{(2)}\}$ que indica a proporção dos segurados atribuídos para cada médico que vão ser encaminhados para os serviços de exames diagnósticos e cirurgias.

O perfil do médico será definido pelas frações $\{f_m^{(1)}, f_m^{(2)}\}$ que determinam como o médico age. O modelo proposto procura seguir o processo de como os médicos mudam seu perfil de encaminhamento para cirurgia ($f_m^{(2)}$).

Figura 5 - Populações sujeitas aos diferentes serviços

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

Um aspecto importante do modelo é que os médicos possuem uma capacidade de aprendizado em fazer um melhor diagnóstico à medida em que estes têm um maior contato com os pacientes. A seguir se apresenta a abordagem teórica e a função empregada para introduzir este conceito no modelo.

Fator de aprendizagem de cada médico ($FA_m(t)$)

$FA_m(t)$ é um valor no intervalo $[0,1]$ associado a cada médico. O valor 1 indica que o médico está no topo da curva de aprendizado, ou seja, ele tem muito talento, o que faz que sua probabilidade de acerto tenha uma tendência de crescimento melhor que a do profissional com fatores de aprendizagem menores.

A $FA_m(t)$ depende do número de pacientes que o médico tem acumulado. Este fator funciona como uma proporção que pondera a melhora na probabilidade de acerto de cada médico m . A proposta para a modelagem dos efeitos da experiência será feita através da função representada pela equação:

$$FA_m(t) = \max \left[0, 1 - \frac{1}{NSE_m(t)+1-\Lambda} \right], (6.1)$$

onde Λ constitui um parâmetro de entrada e corresponde ao fator de aprendizagem. Este parâmetro adquire valores no intervalo $[0,1]$ e seu efeito é fazer a curva de aprendizagem mais ou menos inclinada (Klos; Nooteboom, 2001). $ANSE_m$ corresponde ao número de segurados que cada médico consegue acumular ao final de cada passo de simulação e escalados para um intervalo $[0-10]$ com o fim de aplicar a equação (6.1).

De acordo com o número de segurados acumulados que o médico tem atendido ele ganha maior eficiência. O gráfico 13 apresenta o exemplo do perfil da curva da aprendizagem. Assim cada médico no tempo t terá um fator de aprendizagem ($FA_m(t)$) que será função do número de segurados acumulados e será empregado como ponderador para o cálculo da melhora da probabilidade do acerto vinculada a cada médico.

Gráfico 13 - Curva da aprendizagem no modelo

Fonte: Curva inspirada na proposta de Klos e Nooteboom, 2001

6.2 Dinâmica

Para cada período de tempo uma fração fixa f_p de segurados demanda o serviço de consulta externa. Os segurados escolhem livremente seu médico e estes são remunerados pela companhia de seguros de acordo com os valores tabelados por serviço. O comportamento dos médicos, segurados e da companhia de seguros é o resultado da interação entre os agentes e o ambiente. Esta interação está regulada tanto por regras contratuais como informais. O segurado tem como objetivo receber um tratamento apropriado e recuperar a saúde, enquanto os médicos buscam melhorar sua reputação e alcançar uma renda alvo (Mcguire, 2000). Já a companhia de seguros regula as relações entre os segurados e os médicos.

Cada médico tem uma reputação $R(t)$, definida a partir do número de segurados que consultaram até a iteração t e a probabilidade de acerto associada a cada médico. A probabilidade que um determinado médico seja selecionado, também conhecida como fitness, esta baseada na reputação alcançada por cada médico é dada pela equação:

$$r = \left\langle \frac{R_m(t)}{\sum_{i=1,M} R_m(t)} \right\rangle_{\Delta t=L} . \quad (6.2)$$

O fitness expressa a reputação no intervalo $[0,1]$ empregando a equação 6.2. Desta maneira a reputação se traduz numa probabilidade, condição necessária para guiar o processo de escolha do médico pelo paciente. Os médicos com maior fitness têm a capacidade de atrair um maior número de pacientes.

O fitness é calculado adicionalmente como uma média móvel para L períodos e inicializada como $(1/M)$, ou seja, como uma probabilidade igual para todos os médicos no primeiro momento ($t=0$). A reputação é inicializada $R_m(0) = 0$.

O modelo define o número de segurados que demandaram o serviço de consulta a partir da fração f_p . Estes segurados são alocados para cada médico seguindo a probabilidade r (fitness), o qual permite calcular a variável $NS_m(t)$, ou seja, o número de segurados atribuídos aos médicos na iteração t . Adicionalmente, pode-se calcular o número de pacientes encaminhados para o procedimento de cirurgia como:

$$RCR_m(t) = f_m^{(1)} f_m^{(2)} NS_m(t), \quad (6.3)$$

Os médicos também tem uma probabilidade de encaminhar acertadamente um procedimento cirúrgico (probabilidade de acerto π). Esta probabilidade é inicializada para cada médico a partir de uma distribuição uniforme $[0,1]$. Esta probabilidade é função de $FA_m(t)$ apresentada na equação 6.1, assim:

$$\pi_m(t+1) = \min[1, \pi_m(t) + MP * FA_m(t)]. \quad (6.4)$$

Esta equação reflete o fato de que o médico encaminha o paciente para um procedimento cirúrgico quando é necessário. Por exemplo, uma probabilidade de acerto de 90% indica que 90 de cada 100 consultas o médico realizou cirurgias para pacientes que efetivamente as

precisavam. Cada médico m será inicializado com uma probabilidade de acerto no diagnóstico atribuída aleatoriamente a partir de números aleatórios uniformemente distribuídos no início da simulação.

O médico presta serviços em cada período de tempo os quais são remunerados pela companhia seguradora. Esta variável indica a remuneração alcançada pelo médico em cada período da simulação. A renda de cada médico ($W_m(t)$) esta vinculada com seu nível de reputação. Um nível maior de reputação implica que o profissional terá mais pacientes, o que significa um maior número de procedimentos e consultas. Para qualquer iteração a renda é função do número de segurados que consultam $NS_m(t)$ e do número de pessoas encaminhados para cirurgia $RCR_m(t)$, o que permite escrever:

$$W_m(t) = \alpha NS_m(t) + \beta RCR_m(t), \quad (6.5)$$

onde α e β são valores pagos pela companhia de seguros tanto para o serviço de consulta médica como para o procedimento cirúrgico.

A taxa de encaminhamento para cirurgias apresenta variações no tempo como resultado das diferentes estratégias de comportamento dos médicos. Esta taxa pode aumentar ou diminuir ao longo do tempo.

O modelo assumiu que a companhia de seguros não pode modificar a cobertura a qual é fixa em 100%, então sua estratégia para conservar o equilíbrio do fundo é ajustar o valor de β procurando alcançar a sustentabilidade financeira. O valor de β é ajustado em cada iteração de acordo com a equação:

$$\beta_{t+1} = \frac{\Gamma N \beta_t}{\sum_{m=1, M} RCR_m(t)}. \quad (6.6)$$

A reputação dos médicos também é atualizada ao final de cada iteração com o objetivo de incorporar o efeito da aprendizagem dos médicos devido à evolução da taxa de acerto ($\pi_m(t)$). A reputação é calculada de acordo com o número de pacientes acumulados por cada médico em cada período de tempo.

Uma unidade adicional de pacientes implica no aumento da reputação. A reputação também esta impactada pela probabilidade de acerto do médico, já que os novos segurados atendidos pelo médico para cada período são ponderados pela probabilidade de acerto para atribuir os novos pontos de reputação. Neste caso a função que se propõe é uma função aditiva de acordo

com os modelos de agregação de avaliações sociais apresentados por Sabater-Mir e Paolucci em 2007, assim:

$$R_m(t+1) = \max\{1, R_m(t) + \pi_m(t)[NS_m(t)]\}, \quad (6.7)$$

A última atualização corresponde ao ajuste da fração $f_m^{(2)}$, que mede a população que finalmente vai ser encaminhada para cirurgia. Neste processo cada médico procura ajustar seu $f_m^{(2)}$ de modo a atingir a renda típica de seus colegas com reputação semelhante (hipótese da renda alvo). Para isso, cada médico compara seu rendimento ($W_m(t)$) com a média dos rendimentos de todos os médicos ($\bar{W}(t)$). Se seu rendimento for menor que a média, ele seleciona $\eta = 5$ dos médicos com a reputação mais próxima à sua (seus vizinhos de reputação) e copia o $f_m^{(2)}$ do vizinho com maior rendimento, desde que este seja maior do que o seu, caso contrário não altera.

6.3 Algoritmo

A descrição do algoritmo do modelo apresentado na seção 6.2 representa a rotina seguida por cada período de tempo t , passos que serão realizados n vezes e para um determinado número de simulações. Os resultados do modelo serão agregados em variáveis como a taxa de encaminhamento de cirurgia e reputação para o último período t , ou seja, ao final de cada simulação. Desta maneira se garante capturar as variáveis como resultado de alcançar um estado de equilíbrio. O agregado das variáveis para as 100 simulações será a base para avaliação do modelo. A figura 6 representa os passos e o processo de simulação do modelo.

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

O algoritmo que sintetiza o modelo é exibido a seguir:

Parâmetros e inicialização

- Defina os parâmetros $N, M, f_p, f_m^{(1)}, \lambda, MP, \Gamma, \alpha, \beta$
- Inicializa $R_m = 0, \pi_m$ e $f_m^{(2)}$, como número aleatório uniformemente distribuído $(0,1), r=1/M$

Dinâmica (para cada iteração faça)

- Cada paciente escolhe um médico com uma probabilidade fitness r
- Calcule o RCR_m para cada médico de acordo com as taxas de encaminhamento
- Atualize para cada médico: FA_m, π_m, R_m, r
- A seguradora atualiza β
- Calcula W_m e $\bar{W}$
- Se $W_m < \bar{W}$ o médico atualiza $f_m^{(2)}$ (local ou global)

t= t+1

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O objetivo fundamental do modelo é reproduzir o comportamento das variáveis apresentadas nas seções 5.1 e 5.2 que correspondem à concentração de pacientes pelos médicos e a distribuição da taxa de encaminhamento para cirurgias. Os resultados serão apresentados num plano comparativo entre as saídas da simulação contemplando inicialmente os parâmetros apresentadas no quadro 4 e os dados empíricos.

Para realizar as comparações dos resultados das simulações frente aos dados empíricos para todas as variáveis será empregado o teste qui-quadrado na qual a hipótese nula assume que a distribuição dos dados simulados não são estatisticamente diferentes das distribuições dos dados empíricos, assim:

Ho: Os dados simulados se ajustam à distribuição dos dados empíricos

Ha: Os dados não se ajustam

A estatística de teste corresponde a χ^2_{obs} apresentado a seguir

$$\chi^2_{obs} = \sum_{i=1}^m \frac{(n_i - e_i)^2}{e_i} \quad (7.1)$$

Onde,

m : número de categorias de agrupação dos dados

n_i : frequência observada na categoria A_i

e_i : frequência esperada na categoria A_i

α : nível de significância

Finalmente a hipótese nula é aceita quando $\chi^2_{obs} \leq \chi^2_c(1 - \alpha, m - 1)$ (Montgomery; Runger 2012).

7.1 Resultados associados à variável concentração

No gráfico 14 da seção 5.1 se constatou como regra geral sobre os dados empíricos que para a maioria das especialidades 80% dos segurados estão sendo atendidos por 20% dos médicos. O gráfico 14 apresenta a variável concentração dos segurados acumulados pelos médicos reproduzida pelo algoritmo. Observa-se no gráfico abaixo como a regra geral de 80%-20% foi replicada pela simulação.

Gráfico14 - Concentração de pacientes pelos médicos para dados simulados
Dados Simulados

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

Embora se corrobore a reprodução da regra geral de agregação, com o objetivo de calcular de uma maneira mais detalhada o grau de ajuste do modelo para a variável concentração decidiu-se comparar os histogramas de frequências do número de pacientes agregados pelos médicos dos dados simulados com os dados empíricos. As duas distribuições foram normalizadas com o fim de torná-las comparáveis.

A tabela 12 representa o qui-quadrado para a variável concentração. O valor observado para a estatística é alto frente ao valor crítico corresponde a $\chi^2(95\%, 5) = 1,1455$, o que indica que os dados simulados não se ajustam aos dados empíricos, apesar de que qualitativamente se corrobora a regra geral de agrupação 80%-20%. Os valores simulados têm problemas fundamentalmente na replicação da calda da função empírica o que impacta a reprodução total dos dados simulados.

Tabela 12- Teste de ajuste χ^2 para a variável concentração

Número de pacientes	Número de pacientes normalizados	Dados Empíricos	Dados simulados	χ^2
145	0,7	0,87	0,74	1,75
339	1,7	0,08	0,08	0,00
533	2,6	0,03	0,03	0,09
727	3,6	0,01	0,02	0,82
921	4,5	0,01	0,01	0,08
1.115	5,5	0,00	0,02	58,54
1.309	6,4	0,00	0,02	7,88
1.503	7,4	0,01	0,03	3,43
1.697	8,3	0,00	0,02	82,33
1.891	9,3	0,00	0,02	53,57

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

7.2 Resultados associados à variável taxa de encaminhamento de cirurgia

O modelo de simulação foi desenhado visando reproduzir a taxa de encaminhamento de cirurgias apresentada no gráfico 11 da seção 5.2. O gráfico 15 mostra comparativamente o histograma de frequência dos dados empíricos frente ao histograma dos dados simulados. As duas distribuições foram normalizadas para permitir sua comparação, já que o número de itens é diferente em cada conjunto de dados, o que impacta a frequência absoluta.

Gráfico 15 - Histograma de frequências normalizadas da taxa de encaminhamento para cirurgias

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

O gráfico 15 permite fazer uma análise qualitativa da similaridade dos dados. Para estabelecer o grau de ajuste dos dados simulados frente aos dados empíricos, como foi dito na introdução desta seção, emprega-se o teste estatístico chi-quadrado. Na tabela 13 apresenta-se o cálculo da estatística χ^2_{obs} sobre as frequências normalizadas. O valor encontrado para χ^2_{obs} foi igual a 3,48, que é inferior ao valor crítico de $\chi^2(95\%, 19) = 10,1170$. Isto permite afirmar que os dados simulados se ajustam à distribuição empírica.

Tabela 13 - Teste de ajuste χ^2 para a variável taxa de encaminhamento para cirurgia

TE	Dados Empíricos	Dados Simulados	χ^2
3	13,08%	14,57%	0,17
8	14,22%	14,82%	0,03
13	16,89%	14,29%	0,40
18	13,56%	11,99%	0,18
23	9,12%	9,97%	0,08
28	8,15%	8,48%	0,01
33	5,66%	7,08%	0,36
38	4,12%	5,11%	0,24
43	3,96%	3,99%	0,00
48	1,71%	2,71%	0,58
53	2,87%	2,25%	0,13
58	1,61%	1,18%	0,12
63	1,47%	1,87%	0,11
68	0,97%	0,61%	0,13
73	0,85%	0,54%	0,12
78	0,43%	0,10%	0,25
83	0,52%	0,23%	0,16
88	0,52%	0,13%	0,30
93	0,23%	0,08%	0,10
98	0,06%	0,03%	0,0198
Total			3,48

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

Finalmente na tabela 10 mostrou uma correlação negativa entre a taxa de encaminhamento para cirurgia e o grau de concentração de -0,204 para os dados empíricos. O histograma de frequência das correlações simuladas encontra-se no gráfico 16. A média da taxa de correlação alcançada nas simulações foi de -0,065, mas é possível observar no histograma que algumas das simulações alcançam valores muito perto ao valor empírico de -20%.

Gráfico 16 - Correlação entre a concentração e a taxa de encaminhamento para cirurgia

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

Dos resultados obtidos se constata que embora o modelo não tenha capturado de forma precisa a variável concentração de segurados pelo fato de não atingir a calda da distribuição. Pode-se dizer que ele é bem sucedido para reproduzir o comportamento da variável encaminhamento e a regra geral de concentração médico-segurado, na qual o 80% dos segurados são atendidos pelo 20% dos médicos. Isso pode ser uma evidência em prol da hipótese que os médicos realizam trocas de informação que direcionem sua tomada de decisão sobre o grau de recursos que vão empregar, dão conta da variabilidade apresentada na taxa de encaminhamento nos procedimentos de cirurgia.

Finalmente o gráfico 17 apresenta a evolução da probabilidade de acerto para o período inicial da simulação (lado esquerdo) e o último período da simulação (lado direito). A variável passa de uma organização aleatória, produto da inicialização do modelo, para uma organização que responde ao modelo de aprendizagem empregado, onde os médicos com alto número de segurados acumulados conseguem altas probabilidades de acerto.

Gráfico 17 - Evolução probabilidade de acerto

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

7.3 A análise de sensibilidade

No modelo existem três tipos de parâmetros: em primeiro lugar os parâmetros que estão associados com os tamanhos da população simulada, o segundo grupo de parâmetros representam os preços e as probabilidades esperadas dos serviços e finalmente o parâmetro *MP* que representa a velocidade como evolui a probabilidade de acerto (Equação 6.4). O valor do parâmetro *MP* não é possível de ser calibrado com base nos dados empíricos. Por isso se propõe realizar uma análise de sensibilidade para avaliar seu impacto nos resultados.

O valor inicial selecionado para o parâmetro foi de 0.0005, um valor pequeno que permite alcançar valores de ajuste adequados para as duas variáveis do exercício de simulação: taxa

deencaminhamento e reputação. A tabela 14 apresenta os resultados do ajuste das funções empíricas vs. simuladas frente a pequenas variações do parâmetro *MP*.

O cenário inicial corresponde a uma variação de 0% e se realizam modificações com variações de 5% de maneira crescente e decrescente. Observa-se como a taxa de encaminhamento é mais insensível às variações do parâmetro que no caso da reputação. Neste último caso o nível de ajuste medido pelo χ^2 apresenta variações significativas à medida que o parâmetro cresce ou decresce.

Tabela 14 - A análise de sensibilidade sobre o parâmetro *MP* frente a variações pequenas

MP	Variação vs. cenário inicial	Ajuste empírico vs. simulado taxa encaminhamento	Ajuste empírico vs. simulado reputação
0.000375	-25%	5,22	33,25
0.000400	-20%	5,53	24,31
0.000425	-15%	6,44	20,60
0.000450	-10%	5,24	21,94
0.000475	-5%	6,63	21,88
0.000500	0%	5,17	13,81
0.000525	5%	8,54	8,46
0.000550	10%	6,91	22,57
0.000575	15%	4,74	35,83
0.000600	20%	5,85	36,15
0.000625	25%	7,49	39,94

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

A tabela 15 e o gráfico 18 apresentam a evolução da distribuição da variável reputação frente a modificações do valor de *MP*. Observam-se como valores altos de *MP* produzem um crescimento das frequências na parte superior da distribuição o que impacta os níveis de ajuste, ou seja, valores muito altos de *MP* não permitem que o modelo gere a regra de Pareto (poucos médicos atendem um alto grau de pacientes). Se o parâmetro é muito alto não se alcança a gerar uma evolução progressiva para uns poucos médicos da probabilidade de acerto.

Tabela 15 - A análise de sensibilidade sobre o parâmetro MP para diferentes valores do parâmetro

MP	Ajuste empírico vs. simulado taxa	Ajuste empírico vs. simulado reputação
0.0005	5.2	13.8
0.0050	6.3	34.6
0.0500	8.8	115.6
0.5000	7.2	104.2

Gráfico 18 - Evolução da reputação vs. diferentes valores do MP

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

7.4 Aprendizagens do modelo

A revisão bibliográfica apontou que a literatura empírica que estuda a relação entre o acesso aos serviços de saúde e o grau de interação social dos agentes é limitada. Todos os artigos encontrados expõem que a ligação entre o suporte social e o acesso aos serviços de saúde é realizada via transmissão de informação de uma fonte confiável. Este tipo de estudo emprega regularmente modelos estatísticos que permitem concluir que a interação da rede social pode contribuir no jeito como se produz a ligação entre os médicos e os possíveis pacientes (Devlin; Rudolph-zbarsky, 2014). Estes resultados sustentam a aproximação empregada no modelo de simulação. Na proposta realizada, os agentes-pacientes são dotados da capacidade de seguir os médicos com uma melhor avaliação do mercado constatada no número de

pacientes que eles conseguem atrair. O fato de que os pacientes conheçam os médicos com maior reputação é justificado porque eles interagem socialmente e os agentes dispõem desta informação e a disseminam na rede social.

7.4.1 Interação Médico-paciente

O modelo reproduziu com sucesso a regra de concentração de médicos-pacientes achada nos dados empíricos. 80% dos pacientes residentes numa região geográfica são atendidos pelos 20% dos médicos. A reprodução da regra respondeu à seguinte regra lógica: quanto maior for o número de pacientes atendidos por um médico melhor a qualidade do serviço. Daí o sentido da variável probabilidade de acerto. Este mecanismo no modelo representa a dinâmica de aprendizado.

Quando se elimina a probabilidade de acerto do modelo, a concentração não segue mais a distribuição empírica. No gráfico 19 se observa a reputação resultado deste cenário. A reputação segue um processo gaussiano. Isto acontece porque ao ser eliminado a probabilidade de acerto, todos passam a ter as mesmas chances de serem escolhidos pelos pacientes. Isso faz com que cada médico tenha um valor médio de pacientes a serem atendidos e uma certa dispersão. Assim, a reputação segue um processo aleatório e pelo teorema do limite central leva a distribuição gaussiana.

Gráfico 19 - Resultados do modelo sem $\pi_m(t)$

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

O primeirográfico faz relação com o seguimento da variável concentração pelos médicos. No segundográficoa variável concentração é representada como um histograma de frequência. No último gráfico apresentado se verifica o resultado do ajuste da taxa de encaminhamento para cirurgia quando o modelo fica sem a variável $\pi_m(t)$. O resultado da eliminação do processo de aprendizado permite concluir que o modelo reproduz quantitativamente ou qualitativamente os resultados graças à capacidade dos agentes de aprender.

7.4.2 Interação médico-médico

No modelo, as avaliações sociais também são feitas pelos médicos. Em termos econômicos os recursos a serem administrados são definidos diretamente pelos médicos e não pelo nível de preços. A afirmação anterior é uma aproximação inspirada no modelo de preço e na quantidade dos serviços médicos (Farley, 1986). Esta definição combina uma componente de competição com a teoria de uma renda alvo(Mcguire, 2000). O médico é caracterizado como um agente que procura um benefício econômico x , que compete com outros por pacientes e que socialmente tem o interesse do bem estar dos seus pacientes no fato de procurar melhorar suas qualidades técnicas.

As regras do algoritmosão baseadas teoricamente na hipótese da renda alvo.A hipótese da renda alvo supõe que os médicos fazem ações no mercado com o objetivo de fixar um preço suficientemente alto para atender algum nível de renda. Na medida em que ingressam mais médicos ao mercado, os médicos buscam pressionar os preços para cima,para manter uma renda (Mcguire, 2000).

A hipótese da renda alvo esta enquadrada na “teoria do comportamento” cujo pioneiro é Simon(1958). Ela se contrapõe a abordagem neoclássica baseada na maximização da função utilidade, no caso a renda. A teoria do comportamento determina que as firmas operam seguindo regras formais e informais em lugar do conceito de maximização.

A hipótese da renda alvo é incorporada especificamente, nas regras que definem como os médicos ajustam sua taxa de encaminhamento para cirurgia ($f_m^{(2)}$). Esta aproximação é válida porque se considera que os médicos contam com certa independência na tomada de decisões, sempre e quando continue seu compromisso de atuar da melhor maneira frente ao interesse do paciente (Mcguire, 2000).

Para introduzir o conceito da renda alvo no modelo se aplicou a seguinte regra lógica:

$$\text{Se } W_m < \bar{W}, \text{ o médico atualiza } f_m^{(2)}. (6.9)$$

Uma vez que o médico determina se deve ou não mudar sua taxa $f_m^{(2)}$, ele pesquisa na comunidade médica as rendas dos profissionais com reputação similares e adaptam sua taxa de encaminhamento de acordo com esta vizinhança.

Este processo de comparação com o mercado para definir uma nova taxa de encaminhamento esta sustentado na teoria da sociologia dos grupos. O conceito de sociologia dos grupos se refere às interações não contratuais e informais que acontecem entre os membros de uma equipe de trabalho. Estas interações podem ser do tipo de ajuda mútua ou monitoramento mútuo e de experiência psicológicas como pressão de grupo, invejas entre outras.

A sociologia dos grupos de médicos normalmente esta analisada em três tipos de interações informais: a comparação intragrupo das rendas, o qual conduz a normas de rendas; a comparação intragrupo do esforço realizado por cada um dos membros da equipe e a constante monitoração mutua o que resulta em normas de esforço e as atividades de ajuda recíproca.

O modelo explorou as interações produto das comparações de rendas. Nesta via os estudos experimentais têm encontrado uma dependência referencial na qual a utilidade é determinada tanto em termos absolutos como relativos. Um incremento da renda do grupo de referência reduz a utilidade individual, isto aplica para um nível dado de renda. O efeito na utilidade da comparação das rendas dentro da equipe se incrementa com as semelhanças individuais, a proximidade e exposição do grupo de referência (Encinosa, 2007).

O processo de comparação das práticas médicas para ajustar as taxas de encaminhamento pode ser feito com troca de informação global ou local. Como se explica a seguir.

Troca global de informação: o médico compara seu rendimento com a média dos rendimentos de todos os médicos. Se seu rendimento for menor que a média, o médico copia o $f_m^{(2)}$ do médico com o maior rendimento do mercado.

Troca local de informação: neste caso os médicos procuram ajustar seu $f_m^{(2)}$ de modo a atingir a renda típica de seus colegas com reputação semelhante. Para isso cada médico compara seu rendimento com a média dos rendimentos de todos os médicos. Se seu rendimento for menor que a média, ele seleciona $n=5$ dos médicos com a reputação mais próxima a sua, seus vizinhos de reputação, e copia o $f_m^{(2)}$ do vizinho com maior rendimento, se este rendimento. Caso ele não encontre um vizinho com renda maior, ele não altera. Este caso foi o apresentado na seção 7.2.

Os resultados da simulação para os dois cenários no caso da variável taxa de encaminhamento para cirurgia mostrou que o processo de troca local de informação é mais adequada para replicar os dados empíricos que a troca global de informação. Enquanto o Chi-cuadrado alcançado para o cenário de troca global é de 10,99, o Chi-cuadrado alcançado para o caso da troca local foi de 3,48 muito inferior ao valor crítico $\chi^2(95\%, 19) = 10,1170$. No gráfico 20 se observa o resultado da distribuição de frequência da variável taxa de encaminhamento para cirurgia para os dois cenários frente à curva dos dados empíricos.

Gráfico 20 - Histograma de frequência normalizada taxa de encaminhamento cirurgia

Fonte: Zuluaga Ramírez, Mónica Marcela

O melhor resultado alcançado correspondente à troca local de informação que pode estar sustentado na proposta de alguns autores que estabelecem que os agentes econômicos aprendem com a experiência incluindo processos de retroalimentação e competição. Estas interações a nível local produzem resultados mais regulares, contrário ao que aconteceria no caso da troca global, onde as decisões podem ser mais aleatórias (Yang; Lester, 2008).

O resultado alcançado também é evidência da racionalidade limitada dos agentes, ou seja, o médico não tem as condições para realizar a leitura do que acontece com todo o mercado, só pode chegar a conclusões sobre uma fração deste. Pode-se concluir que os dados empíricos foram compatíveis com a hipótese da renda alvo enquadrada no contexto da racionalidade limitada para o caso da prática médica.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fenômeno da variabilidade da prática médica (VPM) é altamente estudado porque homogeneizar a utilização dos recursos na área da saúde é imperativo para os governos e as pessoas em geral, sobretudo pelo fato do cenário atual ser de crescimento da participação dos gastos da saúde sobre os orçamentos totais dos países. A VPM se divide em duas linhas de pesquisa econômica e clínica. A perspectiva econômica é a empregada neste trabalho porque as perguntas de pesquisa estão orientadas a descobrir o mecanismo de decisão que causa a variabilidade na atenção em saúde.

No desenvolvimento do trabalho foram realizadas análises estatísticas para caracterizar as variáveis a serem modeladas: concentração e taxa de encaminhamento. Em primeiro lugar, encontrou-se que a concentração segue o princípio de Pareto. Isto indica que a confiança e a reputação jogam um papel importante na hora em que os segurados escolhem o profissional para realizar a atenção. Além disso, o ajuste estatístico dos dados encontrou que a concentração segue uma distribuição lognormal. Verificou-se ainda que a taxa de encaminhamento segue uma distribuição gamma 2. A flutuação desta taxa é uma medida da variabilidade da prática médica.

O conceito da aprendizagem utilizado para melhorar a probabilidade de acerto do médico é um fator muito importante para garantir os bons resultados na replicação da taxa de encaminhamento. A análise de sensibilidade do parâmetro MP mostrou que o modelo é robusto para um intervalo deste parâmetro, ou seja, a taxa de encaminhamento continua apresentando um bom ajuste. O mesmo não ocorreu para a variável reputação. Provavelmente, porque valores de MP altos favorecem o aumento da probabilidade de acerto dos médicos. Consequentemente, mais médicos experimentam melhoras significativas na reputação. Isto leva a um aumento na calda da distribuição da concentração.

Partindo do fato da presença da variabilidade da prática médica para o mercado do seguro de saúde analisado, o modelo de simulação de agentes foi bem sucedido na reprodução da taxa de encaminhamento para cirurgia. Portanto, as regras sociais introduzidas no modelo para levar em conta a interação dos médicos constitui uma boa estratégia para explicar o comportamento dos agentes e as diferenças nas taxas de utilização dos recursos. Assim, considerar que os médicos realizam atividades de comparação de suas rendas e que se auto regulam para alcançar uma remuneração adequada é uma hipótese plausível, pois os médicos fazem parte de uma rede social que troca informação.

Mostrou-se ainda que o modelo de comparação entre colegas a nível local apresentou melhores resultados que o caso global. Isto permite concluir que os agentes têm maior dificuldade de conhecer a tendência do sistema para a variável taxa de encaminhamento. Assim, a hipótese de racionalidade limitada dos agentes se aplica ao problema, uma vez que os agentes só tem acesso às informações da sua rede social. Tratar este problema do ponto de vista sociológico e não simplesmente do ponto de vista individual, é uma abordagem promissora para conseguir uniformizar a prática médica na busca de eficiências na utilização dos recursos.

8.1 Limitações do modelo

- Os resultados alcançados e o comportamento das variáveis são válidos só para o caso de uma companhia atuando no mercado. Mas os médicos normalmente atende muito planos de saúde tanto públicos como privados ao mesmo tempo. Esta condição poderia impactar o comportamento de variáveis documentadas como é o caso da concentração de pacientes pelos médicos. Por isso as conclusões obtidas não podem ser generalizadas para o mercado como um todo.
- O modelo não incorpora o fato que os médicos têm uma temporalidade de permanência no mercado, ou seja, que podem sair médicos com alta reputação porque já terminou o período de sua vida laboral, ou ingressar novos médicos como produto da realização de novos convênios.

8.2 Sugestões para trabalhos futuros

Uma das vantagens da modelagem baseada em agentes é a facilidade com a qual se consegue mudar parâmetros e realizar adaptações para testar novas hipóteses. Possíveis trabalhos futuros são:

- A variável taxa de encaminhamento para cirurgia seguida pelo modelo consistiu na agregação de todas as especialidades. Uma alternativa ao trabalho apresentado seria determinar se existem diferenças quando se segue o comportamento do médico ao interior de cada especialidade.
- A regra de escolha do médico pelos pacientes, baseada na reputação, partiu do suposto que todos os agentes seguem o mesmo critério. Existem alternativas de modelagem para operacionalizar os mecanismos de como o paciente escolhe o médico, como por exemplo, a existência de uma rede social dos pacientes ou modelos de fidelização médico-pacientes.

Incorporar este tipo de mecanismos poderia melhorar o nível do ajuste do modelo à variável reputação.

- Introduzir outros processos de aprendizagem de maior complexidade com conceitos como: imitação, comparação social, repetição e a introdução de heurísticas.
- Para o caso da troca da fração $f_m^{(2)}$ também poderiam ser introduzidas heurísticas para otimizar os resultados econômicos do médicos como alternativa ao processo decisório de troca da probabilidade

REFERÊNCIAS

- Adjemian, S. Prior distributions in dynare [homepage on the Internet]. [acesso em:2014 Nov. 3].Disponível em:<http://www.dynare.org/stepan/dynare/text/DynareDistributions.pdf>
- Akerlof G. The market for 'Lemons': qualitative uncertainty and the market mechanism. *Quarterly Journal of Economics*,1970;74:488-500
- Alison Glover J. The incidence of tonsillectomy in school children. Reprints and reflections. *International Journal of Epidemiology*, 2008;37:9-19
- Arrow K. The economics of agency. Principals and agents: the structure of business. Cambridge: Harvard Business School Press;1985, 51p
- Bargigli L, Tedeschi G. Major trends in agent-based economics. *Journal of Economic Interaction and Coordination*, 2013; 8(2):211-217
- Beltran Peribañez J, Martínez Lizaga N, Abadía B, Villaverd MV. Variabilidad en el tratamiento quirúrgico del cancer de mama y de prostate. Documento de trabajo. 2-2007
- Bernal-delgado E, Garcia-Arnesto S,Campillo-Artero C. ¿Sirven los estudios de variabilidad geográfica de la práctica para informar la desinversión? Varias cautelas y algunas reflexiones. *Gaceta Sanitaria*, 2013;27:7-11
- Bertakis K. The influence of gender on the doctor–patient interaction. *Patient Education and Counseling*, 2009; 76: 356–360
- Biehn J. Managing uncertainty in family practice. *Canadian Medical Association Journal*, 1982; 126: 915-917
- Boccara N. Modeling Complex Systems. New York: Springer; 2004. 389 p
- Cavin D, Sasson Y, Schiper A. On the accuracy of MANET simulators. In: Proc. ACM Workshop on Princ. Mobile Computing (POMC'02); New York: ACM; 2002. p.38-43
- Chernichovski D. El sistema de salud en Colombia: “Una sinfonía inconclusa y arriesgada”. Polis, Observatorio de Políticas Públicas, Universidad de Ben Gurion. 2010. In press
- Devlin R, Rudolph-Zbarsky J. Social networks and the probability of having a regular family doctor. *Social Science & Medicine*, 2014; 115: 21-28
- David M, Cutler R, Zeckhauser J. The anatomy of health Insurance-handbook of health economics, 2000; 1(Part A): 563-643
- Davis P, Gribben B, Scott A , Lay-ye R. The “supply hypothesis” and medical practice variation in primary care: testing economic and clinical models of inter- practitioner variation. *Social Science & Medicine*, 2000; 50: 407- 418
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística: DANE. [Base de Datos]. Encuesta de Calidad de Vida [homepage on the internet]. Colombia.[acesso em:2013 oct. 20]. Disponível em:http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=1678&Itemid=66
- Encinosa W, Gaynor M e Rebitzer J. The sociology of groups and the economics of incentives: Theory and evidence on compensation systems. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2007; 62:187–214
- Epsteina A, Nicholsonb S. The formation and evolution of physician treatment styles: An application to cesarean sections. *Journal of Health Economics*, 2009;28:1126–1140

- Farley P. Theories of the price and quantity of physician services. National Center for Health Services Research and Health Care Technology Assessment (NCHSR), Rockville, MD 20857, USA. 1986
- Gaynor M, Gertler P. Moral hazard and risk spreading in partnerships. *Rand Journal of Economics*, 1995; 26:591–613
- Grimm, *et al.* A standard protocol for describing individual-based and agent-based models. *Ecological Modelling*, 2006;198:115–126
- Grytten J, Skau I, Sørensen R. Do expert patients get better treatment than others? Agency discrimination and statistical discrimination in obstetrics. *Journal of Health Economics*, 2011; 30:163–180
- Grytten J, Sørensen R. Practice variation and physician-specific effects. *Journal of Health Economics*, 2003; 22:403–418
- Hennig-Schmidt H, Selten R, Wiesen D. How payment systems affect physicians' provision behavior-An experimental investigation. *Journal of Health Economics*, 2011; 30: 637– 646
- Isern D, Sánchez D, Moreno A. Agents applied in health care: A review. *International journal of medical informatics*, 2010; 79: 145–166
- Klos T, Nooteboom B. Agent-based computational transaction cost economics. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 2001; 25: 503-526
- Lay-ye R, Scott A, Davis P. Patterns of family doctor decision making in practice context. What are the implications for medical practice variation and social disparities?. *Social Science & Medicine*, 2013;76:47-56
- Lázaro P, Azcona B. Clinical practice, ethics and economics: the physician at the crossroads. *Health Policy*, 1996; 37: 185-198
- Lessard C. Complexity and reflexivity: Two important issues for economic evaluation in health care. *Social Science & Medicine*, 2007; 64:1754–1765
- Marión J, Peiró S, Marquez S, Meneu R. Variaciones en la práctica médica. Importancia, causas e implicaciones. *Med Clin (Barc)*, 1998; 110: 382-390
- Mcbride T. Why Are Health Care Expenditures Increasing and Is There A Rural Differential?. RUPRI Rural Policy Brief. 2005;10(7).[cited 2013 Nov 15]. Disponible em: <http://support.public-health.uiowa.edu/rupri/publications/policybriefs/2005/PB2005-7.pdf>
- Mcguire T.G. "Physician agency", in: A.J. Culyer and J.P. Newhouse, eds. *Handbook of Health Economics*. Amsterdam; 2000. Chapter 9
- Melichar L. The effect of reimbursement on medical decision making: Do physicians alter treatment in response to a managed care incentive?. *Journal of Health Economics*, 2009; 28:902–907.
- Miller J, Page S. *Complex Adaptive Systems: An introduction to computational models of social life*. New Jersey: Princeton University; 2007. 288 p.
- Ministerio de Seguridad Social. Estadísticas de afiliación al sistema de seguridad social [homepage on the Internet]. Colombia. [acceso em: 2013 oct.22]. Disponible em: <http://www.minsalud.gov.co/estadisticas/default.aspx>
- Mitchell M. *Complexity: A guide tour*. New York: Oxford University Press; 2009

- Montgomery D, Runger G. Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros. Editora LTC; 2012. 518 p.
- Mooney G, Ryan M. Agency in health care: Getting beyond first principles. *Journal of Health Economics*, 1993;12: 125- 135.
- Newman M. Power laws, Pareto distributions and Zipf's law. Department of Physics and Center for the Study of Complex Systems, University of Michigan, Ann Arbor, MI 48109. U.S.A, 2006. In press.
- Niazi M, E hussain A. A novel agent-based simulation framework for sensing complex adaptive environments. *IEEE Sensor Journal*, 2010;1(2): 404-412.
- Núñez J; Zapata JG. La sostenibilidad financiera del sistema de salud colombiano. Dinámica del gasto y principales retos de cara al futuro. Bogotá: Fedesarrollo; 2012. 218 p.
- OECD. The Reform of Health Care: A Comparative Analysis of Seven OECD Countries. *Health Policy Studies OECD*, 1992; 2:19-30.
- OECD. Total expenditure on health as a percentage of gross domestic product [homepage on the Internet]. França. [acesso em:2013 Sep. 10]. Disponível em: http://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/total-expenditure-on-health_20758480-table1
- Power-law Distributions in Empirical Data. Instituto Santa Fe: Software. Códigos. Disponível em: <http://tuvalu.santafe.edu/~aaronc/powerlaws/>
- Peiró S, Bernal-delgado E. Variaciones en la practica medica: Apoyando la hipótesis nula em tiempos revueltos. *Rev Esp Salud Pública*, 2012; 86(3): 213-217.
- Phelps C.E. Diffusion of information in medical care. *Journal of Economic Perspectives*, 1992;6(3): 23-42.
- Railsback S. Concepts from complex adaptive systems as a framework for individual-based modelling. *Ecological Modelling*, 2001;139:47–62.
- Rothschild M, Stiglitz J. Equilibrium in competitive insurance markets: An essay on the economics of imperfect information. *Quarterly Journal of Economics*, 1976:629-649
- Sabater-Mir J, Paolucci M. On representation and aggregation of social evaluations in computational trust and reputation models. *International Journal of Approximate Reasoning*, 2007; 46: 458–483
- Schmitz H. Practice budgets and the patient mix of physicians – The effect of a remuneration system reform on health care utilisation. *Journal of Health Economics*, 2013; 32: 1240– 1249.
- Skopik F, Schall D, Dustdar S. Modeling and mining of dynamic trust in complex service-oriented systems. *Information Systems*, 2010;35:735–757.
- Smith P. *et al.* Principal-agent problems in health care systems: an international perspective. *Health Policy*, 1997;41:37–60.
- Stano M. A further analysis of the variations in practice style phenomenon. *Inquiry*, 1986; 23:176-182.
- Tesfatsion L. Agent-based computational economics: modeling economies as complex adaptive systems. *Information Sciences*, 2003;149:263–269.

Virkar Y, Clauset A. Power-law distributions in binned empirical data. *Annals of Applied Statistics*, 2014;8(1): 89 - 119.

Yang, B e Lester, D. Reflections on rational choice—The existence of systematic irrationality. *The Journal of Socio-Economics*, 2008; 37: 1218–1233

Williamson O. *The Economic Institutions of Capitalism*. New York: Collier Macmillan Publishers; 1987. 450 p.

XLSTAT. Addinsoft: Software. 2013. Disponível em:
<http://www.xlstat.com/es/descargar.html>