

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

Saúde e crescimento econômico: uma análise para os estados  
brasileiros de 2002 a 2014

**Rafiza Fernanda Moreira de Oliveira**

Mariana, 2017

Rafiza Fernanda Moreira de Oliveira

Saúde e crescimento econômico: uma análise para os  
estados brasileiros de 2002 a 2014

Monografia apresentada ao Curso de  
Ciências Econômicas da Universidade  
Federal de Ouro Preto como parte dos  
requisitos para a obtenção do Grau de  
bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Profa. Dra. Cristiane Márcia dos Santos

Mariana  
DEECO / ICSA / UFOP

O482s Oliveira , Rafiza Fernanda Moreira de .  
Saúde e crescimento econômico [manuscrito]: uma análise para os  
estados brasileiros de 2002 a 2014 / Rafiza Fernanda Moreira de Oliveira . -  
2017.

45f.: il.: graf; tabs.

Orientadora: Prof. Dr. Cristiane Márcia dos Santos.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto  
de Ciências Sociais Aplicadas. Departamento de Ciências Econômicas

1. Saúde. 2. Crescimento econômico . 3. Tabua de mortalidade. I.  
Santos, Cristiane Márcia dos . II. Universidade Federal de Ouro Preto. III.  
Titulo.

CDU: 330.35:614(81)

Catálogo: ficha@sisbin.ufop.br

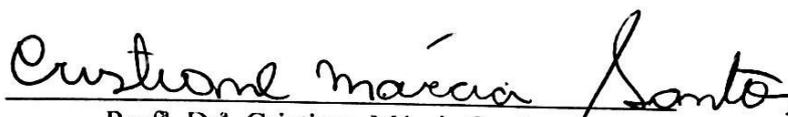
RAFIZA FERNANDA MOREIRA DE OLIVEIRA

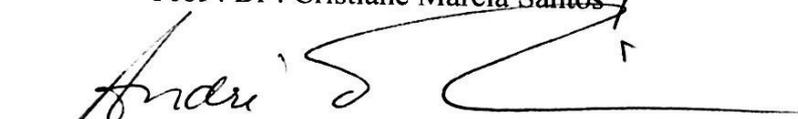
Curso de Ciências Econômicas - UFOP

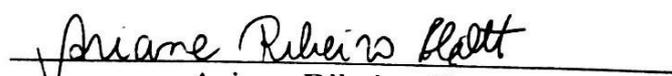
SAÚDE E CRESCIMENTO ECONÔMICO: UMA ANÁLISE PARA OS ESTADOS  
BRASILEIROS DE 2002 A 2014

Trabalho apresentado ao Curso de Ciências Econômicas do Instituto de Ciências Sociais e Aplicadas (ICSA) da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas, sob orientação da Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Cristiane Márcia Santos.

Banca Examinadora:

  
Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Cristiane Márcia Santos

  
Prof. Dr. André Mourthé de Oliveira

  
Ariane Ribeiro Hott  
PPEA-UFOP

Mariana, 25 de maio de 2017

## DEDICATÓRIA

*À minha avó, Cecília de Paula (em memória).*

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me permitido concluir mais essa etapa. À minha mãe Maria, que vive os meus sonhos como se fossem os dela, ao meu pai José por todo apoio e aos meus irmãos que nunca me deixaram desistir, sem vocês nada disso faria sentido.

À minha família de mariana, Choppana, especialmente Fransuellen, Thayanne e Valéria, que me acolheram e estiveram ao meu lado durante todo esse tempo e que me impulsionaram a continuar mesmo nos momentos mais difíceis. Ao Marcelo por todo o companheirismo e paciência.

À todos os professores que contribuíram para a minha formação, em especial a minha orientadora Cristiane, por todo o empenho, paciência e dedicação. Muito Obrigada!

## RESUMO

O presente trabalho parte do pressuposto de que a saúde tem impacto sobre a produtividade da economia, através disso, buscou-se evidenciar se o melhor estado de saúde pode contribuir para o aumento do PIB per capita dos estados brasileiros, entre 2002 a 2014, para isso, foi utilizando a técnica de dados em painel com modelagem de efeitos fixos, sendo fundamentado através da modelo ampliado de Solow. Em relação as variáveis utilizadas no modelo, com exceção da taxa de urbanização e da densidade demográfica, todas foram significativas e apresentaram sinais esperados. A variável utilizada para captar o estado de saúde foi a taxa de mortalidade por causas evitáveis da população em idade ativa e obteve sinal negativo, indicando que uma melhoria no estado de saúde, ou seja, queda da mortalidade por causas evitáveis, aumenta o produto interno bruto real per capita dos estados. O outro efeito indireto da saúde é observado através da variável fecundidade no qual o aumento desta variável causa uma redução do PIB per capita. Tais resultados ressaltam a importância da saúde, que implica além do bem-estar dos indivíduos, atingindo de forma relevante também o nível de produtividade e a economia do país.

Palavras-chave: Saúde; Crescimento Econômico; Taxa de mortalidade por causas evitáveis.

## **ABSTRACT**

The present study bases on the assumption that health has an impact on the productivity of the economy, through this, it was sought to highlight to evidence if the best health status can contribute to the increase of the per capita GDP of the Brazilian states, between 2002 and 2014, for this purpose, it was used the panel data technique with fixed effects modelling, being based on the extended model of Solow. Regarding the variables used in the model, except for the urbanization rate and the demographic density, all were significant and showed expected signs. The variable used to capture health status was the avoidable mortality rate of the working age population and obtained a negative sign, indicating that an improvement in health status, that is, a drop in mortality from preventable causes, increases the per capita real gross domestic product of the states. The other indirect effect of health is observed through the variable fecundity in which the increase of this variable causes a reduction of GDP per capita. These results highlight the importance of health, which implies beyond the well-being of individuals, reaching in a relevant way also the level of productivity and the economy of the country.

**Keywords:** Health; Economic growth; Mortality rate due to preventable causes.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	v
ABSTRACT .....	vi
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE SIGLAS.....	viii
INTRODUÇÃO .....	1
1 SAÚDE E CRESCIMENTO ECONÔMICO .....	3
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	6
2.1 CONCEITUAÇÃO DE SAÚDE .....	6
2.2 ANÁLISE SINTÉTICA DA TEORIA DO CRESCIMENTO ECONÔMICO .....	8
2.2.1 O MODELO BÁSICO DE SOLOW .....	9
2.2.2 MODELO DE SOLOW COM CAPITAL HUMANO .....	11
2.2.3 MODELO DE ROMER .....	12
2.2.4 MODELO DE LUCAS .....	13
2.3 EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS.....	14
3. METODOLOGIA.....	16
3.1 MODELO DE DADOS EM PAINEL .....	16
3.1.1 MODELO DE EFEITOS FIXOS .....	17
3.1.2 MODELO DE EFEITOS ALEATÓRIOS .....	18
3.2 MODELO ESTIMADO E DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS.....	21
4. RESULTADOS .....	23
5. CONCLUSÕES.....	27
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	28
ANEXOS .....	32

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 - Taxa de Mortalidade Infantil e Esperança de vida, por categoria de classificação dos estados brasileiro de acordo com a renda domiciliar per capita para o ano de 2015.....	4
TABELA 2 - Estatísticas descritivas .....	23
TABELA 3 - Modelo com efeitos fixos .....	25
TABELA 1A - Taxa de Mortalidade Infantil, Esperança de vida e Renda domiciliar per capita para os estados brasileiros referente ao ano de 2015. ....	33

## **LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1 - Função de produção Coob-Douglas .....	9
FIGURA 2 - Diagrama Básico de Solow .....	10

## **LISTA DE SIGLAS**

PIB – Produto Interno Bruto
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SUS – Sistema Único de Saúde
OMS – Organização Mundial da Saúde
MRW – Mankiw, Romer e Weil
PNB – Produto Nacional Bruto
MQG – Mínimos Quadrados Generalizados
DATASUS – Departamento de Informática do SUS
IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
MQO – Mínimos Quadrados Ordinários

## INTRODUÇÃO

A importância do campo da saúde é incontestável, visto que a saúde é um dos fatores determinantes do bem-estar dos indivíduos, dessa forma a preocupação com o estado de saúde torna-se cada vez mais relevante para os gestores de políticas públicas e pesquisadores em diversas economias. Nesse contexto, o âmbito da economia da saúde trata de várias controvérsias existentes nesse setor, dentre elas a relação da saúde com o crescimento econômico, sendo difícil encontrar um consenso sobre saúde ser uma causa ou um efeito do crescimento de uma nação.

Para Noronha (2005), o nível de saúde de uma pessoa afeta a sua disposição ao trabalho, ocorrendo uma correlação positiva entre o nível de saúde individual e sua capacidade de geração de rendimentos, ou seja, quanto melhor o nível de saúde de uma pessoa, maior a sua disposição ao trabalho. A perda de rendimento devido a saúde, causa impactos no bem-estar individual, como também no bem-estar da sociedade, influenciando sobre diversos indicadores macroeconômicos.

No Brasil observa-se mudanças sociais significativas nas últimas décadas, principalmente no que se refere a pobreza e a desigualdade. Entre 1990 a 2014 o índice de Gini, que mede o grau de desigualdade na distribuição da renda, variou de 0,614 para 0,518. Observa-se uma queda ainda mais acentuada na taxa de pobreza, em 1990 a taxa era de 41,92%, já em 2014 foi para 13,29% sobre a população total.

Melhorias também são observadas nos indicadores epidemiológicos, podendo ser notado através da expectativa de vida do brasileiro. De acordo com dados do IBGE, em 1991 a expectativa de vida ao nascer de uma pessoa era de 64,73 anos, já em 2016 a esperança de vida ao nascer passou para 75,72 anos.

Para Andrade et all (2011), essas melhorias estão ligadas tanto no contexto das políticas macroeconômicas, como também ao contexto institucional que preconizou as políticas sociais. Ressaltando, dentre as políticas implementadas, o programa de transferência de renda, expansão da cobertura escolar e a implementação do Sistema Único de Saúde (SUS).

De acordo com Abrahão, Mostafa & Herculano (2011), o efeito multiplicador do gasto com saúde no país é estimado em 1,7 para o PIB e 1,44 para a renda das famílias, ou seja, para cada R\$ 1,00 gasto em saúde, o PIB aumentará R\$ 1,70 e a renda das famílias R\$ 1,44. Entretanto, apesar das evidências de que a saúde é um fator importante na

economia, muitas vezes é tratada como se o gasto dispendido para o setor ocasionasse um efeito negativo sobre a economia, sendo menosprezado por vezes, até mesmo o seu papel primordial, que consiste em prevenir, promover e recuperar a saúde dos indivíduos, contribuindo para o bem-estar, desenvolvimento e crescimento de um país.

Diante do exposto, esse trabalho busca averiguar se o estado de saúde influi sobre o crescimento econômico. Para isso, será realizada uma análise dos efeitos do estado de saúde sobre o crescimento econômico para o período de 2002 a 2014. A análise será realizada através da utilização de dados em painel com efeitos fixos para todos os estados da federação. A equação estimada, possui como variável dependente o PIB per capita estadual. Nesse estudo é utilizado como *proxy* de saúde a taxa de mortalidade por causas evitáveis da população em idade ativa<sup>1</sup>, além dessa variável explicativa, o modelo também apresenta outras variáveis, que basicamente compreendem um conjunto de medidas socioeconômicas e demográficas.

Dessa forma, além da introdução, esse estudo é composto por mais cinco seções. Na primeira seção, é apresentado a relação da saúde com o crescimento econômico. A seção 2 consiste de uma revisão literária, onde a princípio é abordada a conceituação de saúde, seguido com a teoria do crescimento econômico e a apresentação de evidências empíricas. A metodologia é abordada na seção 3. A Seção 4 discute os resultados e por fim é apresentada a conclusão na seção 5.

---

<sup>1</sup> Na página 21 encontra-se a justificativa da utilização da taxa de mortalidade por causas evitáveis da população em idade ativa como proxy de saúde.

## 1 SAÚDE E CRESCIMENTO ECONÔMICO

Nas últimas décadas o Brasil apresentou melhorias consideráveis, tanto no que tange ao crescimento econômico, quanto em questões epidemiológicas, no entanto a situação de vida e saúde da população ainda é preocupante. Grande parte das melhorias na área da saúde da população ocorreram com o advento da constituição de 1988, na qual houve mudanças nas políticas de saúde no Brasil, onde assegurou-se que “A saúde é direito de todos e dever do Estado” (BRASIL, 1988, art. 196).

Dentre as políticas implementadas pela constituição de 1988, destaca-se a criação do Sistema Único de Saúde (SUS), que foi instituído a partir de 1990 com Lei Orgânica da Saúde (Lei n. 8.080), na qual ressalta dentre as suas disposições gerais que:

“A saúde tem como fatores determinantes e condicionantes, entre outros, a alimentação, a moradia, o saneamento básico, o meio ambiente, o trabalho, a renda, a educação, o transporte, o lazer e o acesso aos bens e serviços essenciais” (BRASIL, Lei nº. 8.080, 1990, art.3)

Para Bydlowsk, Westphal & Pereira (2004), apesar do SUS, ter sua base em um conceito abrangente, na operação ele ainda segue um conceito de saúde mais interligado a inexistência de doença, falhando na execução de ações que considere fatores sociais, econômicos e ambientais como influenciadores dos determinantes sociais, econômicos, culturais e políticos que afetam nas condições de vida e saúde da população.

Através do SUS, o Estado procura estabelecer um sistema de saúde universal, equitativo e descentralizado.

O princípio de universalidade indica que o SUS compete a atender a toda a população tendo nos serviços públicos a referência principal para a execução das atividades, podendo ter participação do setor privado em caráter complementar quando as suas disponibilidades não forem suficientes para garantir a cobertura assistencial de uma determinada população.

O princípio de equidade leva-se em consideração que as pessoas são diferentes e possuem necessidades diversas. Respeitando o direito de cada indivíduo segundo as suas diferenças, afim de alcançar a igualdade.

No que se refere a descentralização, implica-se na transferência de poder de decisões, antes centralizadas em nível federal e/ou estadual, para municípios. Dessa forma

o município torna-se dinamizador da implantação das ações e serviços de saúde, obtendo aumento de eficiência e possibilitando maior interação dos usuários com os tomadores de decisão, o que gera maior transparência e racionalidade administrativa. Por vez, a organização descentralizada do SUS, também pode contribuir para uma oferta desigual entre os estados federativos.

Apesar das melhorias notáveis nas últimas décadas, o Brasil ainda apresenta baixa taxa de crescimento econômico e uma grande desigualdade social, no qual reflete sobre as condições de saúde da população, ambos os fatores ocorrem de forma diferenciada entre as regiões, o que reforça a desigualdade inter-regional.

A desigualdade em saúde é presente entre as regiões e entre ricos e pobres, a Tabela 1, compreende as diferenças de saúde, no ano de 2015, entre grupos formados por estados brasileiros organizados de acordo com a renda domiciliar per capita, indo da maior para a menor<sup>2</sup>. Os estados foram categorizados em 4 grupos, de acordo com a renda domiciliar per capita<sup>3</sup>. As variáveis são dadas como médias dos estados nos respectivos grupos.

**Tabela 1 - Taxa de Mortalidade Infantil e Esperança de vida, por categoria de classificação dos estados brasileiro de acordo com a renda domiciliar per capita para o ano de 2015.**

	Renda domiciliar per capita média	Taxa de mortalidade infantil média	Esperança de vida ao nascer média
<b>R1</b>	1634,50	10,07	77,97
<b>R2</b>	1113,75	13,34	75,25
<b>R3</b>	786,18	17,91	72,87
<b>R4</b>	614,75	18,85	71,76

Fonte: Elaboração própria através de dados extraídos do IBGE.

A taxa de mortalidade do grupo R4, ou seja, dos estados com menor renda domiciliar per capita, é cerca de 87% maior do que a do grupo R1, estados com a maior renda domiciliar, ao mesmo tempo que o grupo R1 possui cerca de 6 anos a mais de

<sup>2</sup> Os dados por estados encontram-se na tabela 1A em anexos.

<sup>3</sup> R1: renda domiciliar per capita superior a R\$1300,00;  
R2: renda domiciliar per capita entre R\$1000,00 a R\$1300,00;  
R3: renda domiciliar per capita entre R\$700,00 a R\$1000,00;  
R4: renda domiciliar per capita inferior a R\$700,00.

esperança de vida com relação ao R4. Observa-se que quanto menor a renda domiciliar per capita, maior é a taxa de mortalidade e menor é a esperança de vida ao nascer.

A falta de saúde e a pobreza ocorrem de forma conjunta, essa relação é justificada empiricamente em diversos estudos, que apontam a ligação da riqueza com a saúde e da pobreza com a doença. É notável que a saúde contribui de forma positiva no desempenho da produtividade do trabalho, por sua vez a provisão de saúde requer recursos.

Albuquerque & Cassiolato (2002), acreditam que existem influências recíprocas entre saúde e crescimento econômico. Os autores citam o Relatório do Banco Mundial de 1993, que sintetiza algumas questões onde a saúde influi sobre o crescimento econômico. Destacando alguns pontos, tais como os ganhos na produtividade do trabalho, redução nos custos da assistência médica e a influência de investimentos em saúde sobre a redução da pobreza. De acordo com Albuquerque & Cassiolato, o relatório citado conclui que melhorias nas condições de saúde devem conduzir à melhoria do desempenho econômico no âmbito nacional e bem como representam crescimentos mais acelerados.

A saúde, respaldada como um direito, demanda ações de outros setores sociais e econômicos, tais como emprego e renda, moradia, educação, segurança física e ambiental, para que assim possa se alcançar resultados mais significativos.

O estado de saúde é apresentado como um componente do capital humano individual, dessa forma de acordo com Givisiez (2005), condições precárias de saúde estão relacionadas com baixos níveis de crescimento econômico, ao mesmo passo que piores condições de saúde estão ligadas a menor renda e com a carência social. Dessa forma, os objetivos da saúde pública seriam a redução das desigualdades e a viabilização do acesso, como uma forma de gerar bem-estar, desenvolvimento social e econômico. Faz-se necessário que a saúde da população seja considerada como uma forma de investimento, em que se entenda que a melhoria dos meios, tais como, saneamento básico, educação e condições de moradias são tão importante como a compra de novos equipamentos, ou novas unidade hospitalares, por exemplo.

Diante do exposto, esse trabalho, visa contribuir com a literatura do campo da economia da saúde, investigando a existência de uma relação positiva entre o estado de saúde e o crescimento econômico para os estados brasileiros.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Na primeira parte do referencial bibliográfico explora-se a conceituação de saúde. A segunda parte está baseada na teoria do crescimento, para posteriormente apresentar os estudos que relacionam saúde com crescimento econômico.

### 2.1 CONCEITUAÇÃO DE SAÚDE

O conceito de saúde é complexo e envolve várias definições dentro de uma perspectiva histórica, tornando-se difícil uma conceituação concreta. Segundo Batistella (2007), até meados do século XVIII, a doença era vista como uma entidade que subsistia no ambiente como qualquer outro elemento da natureza. A ruptura dessa linha teórica é realizada com a chegada da clínica moderna, onde o ambiente hospitalar, deixa de ser lugar de exclusão dos doentes do meio social e se transforma em um local de cura. Conseqüentemente, por muito tempo acreditou-se que a saúde era determinada apenas pela ausência de doença, em que os esforços eram concentrados na saúde curativa, tornando-se a saúde negligenciada, visto que o seu entendimento era ligado apenas a falta de doença e a prevenção não fazia parte desse contexto.

A Organização Mundial de Saúde (OMS, 1946), definiu saúde como o estado de completo bem-estar físico, mental e social e não somente a ausência de doença ou enfermidade, superando o conceito negativo ligado à inexistência de doença. Dallari (2008), ressalta que apesar da conceituação da OMS ter sido bem aceita, isso não evitou que surgissem críticos que a questionasse.

Especialmente os trabalhadores sanitários a questionaram, afirmando que ela corresponde à definição da felicidade, que tal estado de completo bem-estar é impossível de alcançar e que, além disso, ela não é operacional. Curiosamente, os trabalhos de crítica dessa conceituação terminam concluindo que, embora o estado de completo bem-estar não exista, a saúde deve ser entendida como a busca constante de tal estado, uma vez que qualquer redução na definição desse objeto o deformará irremediavelmente. (DALLARI, 2008, p.94)

Sobretudo, o conceito da OMS, torna claro o que antes era controverso, de que o meio influencia de forma determinante a saúde do indivíduo. A consequência dessa definição, de acordo com Dallari (2008), é a compreensão de que nenhum indivíduo é

responsável individualmente pela sua saúde, a autora cita como exemplo a existência dos mosquitos contaminados com o vírus da dengue, no qual ameaça à saúde de toda a população e que individualmente as pessoas pouco podem fazer para se protegerem, ou seja, se um indivíduo usar todos os meios e recursos para acabar com o mosquito e os seus vizinhos não fizerem o mesmo, ele continua correndo o risco de contrair dengue.

Posteriormente a definição da OMS surgiram várias propostas de conceituação de saúde, que realçaram o seu modo dinâmico e complexo, concentrando o entendimento de que a saúde depende de um contexto. Bastitella (2007), ressalta que durante a VIII Conferência Nacional de Saúde, em 1986, foi formulado o conceito ampliado de saúde, que surgiu como resposta aos regimes autoritários e à crise dos sistemas públicos de saúde. Em 1988, o conceito transformou-se em texto constitucional.

Em sentido amplo, a saúde é a resultante das condições de alimentação, habitação, educação, renda, meio ambiente, trabalho, transporte, emprego, lazer, liberdade, acesso e posse da terra e acesso aos serviços de saúde. Sendo assim, é principalmente resultado das formas de organização social, de produção, as quais podem gerar grandes desigualdades nos níveis de vida. (Brasil, 1986: 4)

Embora não seja desconsiderado a aceitação de que condições físicas e psicológicas individuais possam facilitar ou dificultar o adoecimento, a saúde é interligada não apenas a fatores pessoais/individuais, mas também ao meio social e econômico na qual o indivíduo encontra-se inserido. Sendo a responsabilidade sobre a saúde de âmbito coletivo e não meramente individual.

Ainda que o conceito de saúde seja impreciso e abrangente há o reconhecimento de que as dimensões e implicações sobre a saúde refletem na conjuntura econômica, social e cultural de uma época e lugar. Dessa forma é compreensivo entender que existem pontos nos quais a saúde influi sobre o crescimento econômico e vice-versa.

## 2.2 ANÁLISE SINTÉTICA DA TEORIA DO CRESCIMENTO ECONÔMICO

O desenvolvimento econômico de um país implica sobre o bem-estar dos indivíduos, podendo ser definido como o aumento da capacidade produtiva da economia, assim compreender quais são os determinantes que o influi é alvo de vários estudiosos. Esse campo da ciência econômica busca entender os principais fatores e mecanismos que causam o crescimento de uma nação, bem como busca justificar seu desequilíbrio entre países e regiões. Para Barro & Sala-i-Martin (1995), entender os motivos do crescimento é o caminho para entender a elevação do padrão de vida dos indivíduos no mundo e as causas de pobreza de determinadas regiões.

No campo da saúde, a relação com o crescimento econômico, de acordo Figueiredo, Noronha & Andrade (2003), pode ser ponderada por meio de pelo menos dois canais. O primeiro consiste na relação entre o estado de saúde médio da economia e o estoque de capital humano, no qual a literatura se refere ao modelo de Solow (1956) ampliado por Mankiw, Romer e Weil (1992). Esse canal tem sido a forma mais habitual de se incorporar o estado de saúde nos modelos de crescimento, nele o estado de saúde é visto como parte do capital humano, modificando diretamente a capacidade produtiva dos indivíduos.

O segundo canal, abordado do Figueiredo *et all* (2003), no qual a saúde afeta o crescimento econômico, está ligado à presença de externalidade em saúde, em que as principais fontes de influências são os modelos de Lucas (1988) e de Romer (1986). Em relação a saúde, essas externalidades estão presentes no alcance que o nível de saúde individual não depende apenas do indivíduo, mas também sofre alterações de acordo com o meio no qual ele encontrasse inserido, como no caso de doenças transmissíveis, por exemplo. Esses efeitos são mais acentuados em países menos desenvolvidos, nos quais observa-se uma relação bem próxima entre o mal estado de saúde e pobreza.

Diante do exposto, esse capítulo trata da teoria do crescimento econômico, com objetivo de considerar, nos modelos de crescimento econômico o capital humano, ao qual a saúde pode ser incorporada. O presente trabalho é fundamentado através da modelo ampliado de Solow, dessa forma será apresentado de forma mais detalhada o modelo básico de Solow e o modelo de Solow ampliado, também será abordada de forma sucinta os modelos de Lucas e de Romer.

## 2.2.1 O MODELO BÁSICO DE SOLOW

O modelo de Robert Solow, segundo Costa (2007) foi o ponto de partida para o estudo do crescimento econômico dentro da abordagem neoclássica, sendo fundamentado nas tradicionais hipóteses simplificadoras da realidade. Solow (1956), sugere em seu texto clássico que o estudo do crescimento econômico seja iniciado assumindo-se uma função de produção neoclássica convencional com rendimentos decrescentes do capital.

O modelo é construído em torno de duas equações, sendo uma função de produção e uma equação de acumulação de capital. A primeira descreve como insumos se combinam para gerar produto, sendo uma função de Coob-Douglas, onde o produto da economia ( $Y$ ) se relaciona com os insumos capital ( $K$ ) e trabalho ( $L$ ). Sendo representada da seguinte forma:

$$Y = F(K, L) = K^\alpha L^{1-\alpha} \quad (1)$$

A função de produção da equação (1) pode ser reescrita em termos de produto por trabalhador,  $y \equiv Y/L$ , e de capital por trabalhador,  $k \equiv K/L$ , assim tem-se:

$$y = k^\alpha \quad (2)$$

Sendo representada pela figura 1, observa-se que, no entanto, essa função apresenta retornos decrescentes ao capital por trabalhador, ou seja, a cada unidade adicional de capital oferecida ao trabalhador, o produto gerado por esse trabalhador, tende a crescer cada vez menos.

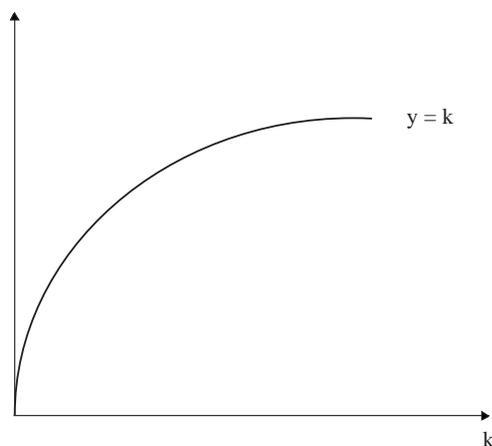


Figura 1 - Função de produção Coob-Douglas

Fonte: Jones (2000)

A segunda equação na qual o modelo de Solow é construído, descreve como o capital se acumula, sendo definida por:

$$\dot{K} = sY - dK \quad (3)$$

De acordo com equação de acumulação de capital (3), o estoque de capital,  $\dot{K}$ , varia de acordo com o montante do investimento bruto,  $sY$ , descontado pelo montante da depreciação que acontece durante o processo produtivo,  $dK$ .

O desenvolvimento do modelo, apresentado no Apêndice A, resulta na equação de acumulação per capita:

$$\dot{k} = sy - (n + d)k \quad (4)$$

De acordo com a equação, um aumento do investimento por trabalhador, aumenta o capital per capita, enquanto que a depreciação e o crescimento populacional, *ceteris paribus* causa uma redução de  $\dot{k}$ .

Após derivar as duas equações fundamentais do modelo básico de crescimento de Solow, pode-se utilizar como instrumento o seu diagrama, que permite determinar o valor do capital per capita e o produto por trabalhador. A figura 2 representa o diagrama de Solow, o qual consiste de duas curvas, a do montante de investimento per capita,  $sy$ , e a outra que representa a quantidade do novo investimento per capita necessário para manter constante o valor do capital por trabalhador, essa segunda curva é a linha constante,  $(n+d)k$ .

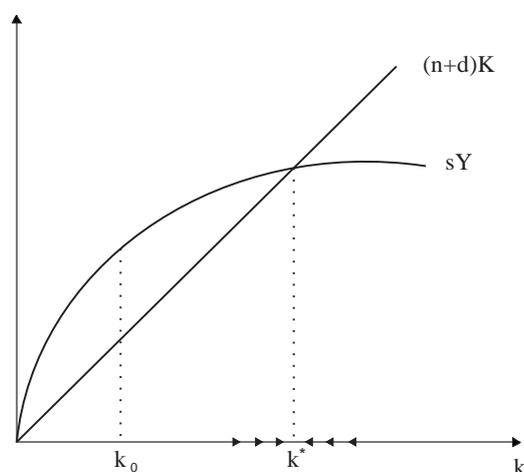


Figura 2 – Diagrama Básico de Solow  
Fonte: Jones (2000)

Quando a economia possui um montante de capital per capita,  $k_0$ , no momento inicial, como se observa na figura 2, o valor do investimento por trabalhador é maior do que à quantidade necessária para manter constante o capital por trabalhador. Ao longo do tempo,  $k$  aumentará e tenderá até o ponto em que as duas curvas se cruzam,  $k^*$ , esse ponto é denominado de estado estacionário, onde o montante de capital por trabalhador permanece constante. No entanto, se o montante de investimento por trabalhador, no momento inicial, for menor do que o necessário para manter constante a quantidade de capital per capita, o montante de capital por trabalhador, tende a cair, prosseguindo até que alcance o estado estacionário.

No modelo básico de Solow, de acordo com Jones (2000), não há crescimento per capita no estado estacionário, nessa versão do modelo, o produto por trabalhador é constante, assim o produto  $Y$  cresce, mas à mesma taxa do crescimento populacional.

### 2.2.2 MODELO DE SOLOW COM CAPITAL HUMANO

Pioneiros na introdução do capital humano na literatura do crescimento econômico, Gregory Mankiw, David Romer e David Weil, em 1992, após avaliarem as implicações empíricas do modelo de Solow, concluem que ele possui um bom desempenho, no entanto o seu ajustamento poderia ser melhorado com a inclusão do capital humano. MRW ampliam o conceito de capital usado por Solow, assumindo que o capital na função de produção não é representado apenas pelo capital físico, mas que parte desse capital também reflete os efeitos do capital humano. Assim, quanto mais tempo as pessoas dedicam acumulando habilidades, maior o progresso econômico.

Com a inclusão do capital humano na ampliação do modelo, temos uma função de Cobb-Douglas com retornos constantes:

$$Y = K^\alpha (AH)^{1-\alpha}, \quad (5)$$

em que o produto  $Y$  de uma economia é dado pela combinação do capital físico,  $K$ , trabalho qualificado,  $H$ , e a tecnologia aumentadora de trabalho,  $A$ .

Nesse modelo, o capital humano é abrangido basicamente como escolaridade. A educação torna as pessoas mais produtivas, aumenta os seus salários e influencia o progresso econômico. O capital humano é acumulado de acordo com o tempo dedicado

ao aprendizado de novas habilidades em vez do trabalho. Assim, o trabalho qualificado,  $H$ , é definido como:

$$H = e^{\psi u} L, \quad (6)$$

no qual,  $u$ , representa o investimento em capital humano, que consiste na fração do tempo gasto pelas pessoas no aprendizado de novas habilidade,  $\psi$ , é uma constante positiva que representa o retorno do investimento em capital humano, ou seja o aumento do capital humano por uma unidade adicional de  $u$  e  $L$  é a quantidade de trabalho usado na produção, independente do nível de qualificação.

O desenvolvimento do modelo, apresentado na Apêndice B, leva-nos ao valor da razão produto - tecnologia,  $\tilde{y}$ , no estado estacionário:

$$\tilde{y}^* = \left( \frac{s_k}{n+g+d} \right)^{\alpha/(1-\alpha)} \quad (7)$$

Ou, em termos per capita:

$$y^*(t) = \left( \frac{s_k}{n+g+d} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} hA(t) \quad (8)$$

A inclusão do termo  $t$  no produto por trabalhador,  $y^*$ , e no capital humano multiplicado pela tecnologia,  $hA$ , indica que elas estão crescendo ao longo do tempo. De forma geral, essa equação nos diz que um país será mais rico se investir uma maior fração do seu produto em acumulação de habilidades e conhecimento.

### 2.2.3 MODELO DE ROMER

As principais equações do modelo de Romer são semelhantes às apresentadas no modelo de Solow, no entanto existe uma diferença considerável, que consiste no termo de produtividade, no qual, no modelo neoclássico seu crescimento é dado como exógeno e constante, enquanto que no modelo de Romer o crescimento desse termo torna-se

endógeno através da introdução da busca de novos conhecimentos no modelo de Solow. O autor propõe que o progresso tecnológico seja determinado pelo transbordamento de conhecimento, dessa forma o estoque de capital e o trabalho se combinam para gerar o produto da economia usando o estoque de ideias, no qual, dado o nível de tecnologia, a função de produção apresentará retornos constantes à escala para o estoque de capital e para o trabalho. No entanto, assumindo-se que as ideias, também correspondem a insumos de produção, a função apresentará retornos crescentes.

A teoria do crescimento de Romer, assume que a economia enfrenta uma restrição de recursos, dado que a mão de obra é dedicada a gerar ideias ou produto, o modelo, também pressupõe que a produtividade média da pesquisa é determinada pelo número de pesquisadores.

O modelo apresenta um efeito de escala em níveis, em que uma economia mundial maior será mais rica. Esse efeito é decorrente da não rivalidade de ideias, pois uma economia maior oferece um mercado maior para uma ideia, gerando um maior retorno à pesquisa. Uma economia mundial mais populosa também possui uma maior oferta de criadores de ideias em potencial.

#### **2.2.4 MODELO DE LUCAS**

O modelo de crescimento de Lucas (1988) parte da proposição de que a educação é um fator determinante na taxa de crescimento de longo prazo. Seu modelo inicial baseia-se na ideia de que o crescimento do capital humano depende da alocação do indivíduo no decorrer do tempo entre a acumulação deste fator e a produção corrente. A trajetória de alocação de diferentes iniciativas do indivíduo ao longo do tempo afeta constantemente o seu nível de produtividade. O capital humano introduzido na função de produção por Lucas, implica na possibilidade de os indivíduos modificarem o nível de investimento em educação, sendo possível escolher quanto tempo dedicam aos estudos. Nesse modelo, a possibilidade de incentivos para investir no capital humano constitui de um elemento necessário para gerar crescimento.

## 2.3 EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS

Segundo Nero (1995) o campo da economia da saúde trata-se de uma área de denominação recente, com objetivos traçados a partir da década de 1970, no qual são poucos os pesquisadores que interessam e continuam interessado por tal área, devido a existência de conflitos entre profissionais da saúde e economistas, principalmente no que tange as questões que adentram na esfera da ética da saúde e ética econômica. No entanto ele observa que as condições de vida das populações e suas consequências sobre a saúde são objetos de estudo e pesquisa há muito mais tempo do que a denominação propriamente dita do campo. O autor cita o estatuto da aliança para o progresso, que em 1961, afirmava que a saúde constitui um requisito essencial e prévio ao desenvolvimento econômico. Neste caso, envolve uma relação de causa e efeito, onde saúde vem antes. Destacando a necessidade da aplicação das teorias do crescimento e do desenvolvimento ao campo da Saúde, com o objetivo de tornar mais claro os atritos sobre o tema.

Robert J. Barro é um dos precursores na abordagem sobre saúde e crescimento econômico. Em seu estudo de 1996, buscou por meio de um esboço conceitual formar uma base para uma maior teorização e para análises empíricas da determinação conjunta de saúde e crescimento. De forma geral o principal objetivo de seu estudo consiste em aplicar os avanços na teoria do crescimento à interação entre saúde e crescimento. As regressões aplicam-se a um painel de cerca de 100 países observado de 1960 a 1990, cujo a variável dependente é a taxa de crescimento do PIB per capita e as medidas do capital humano são representadas nas formas de escolaridade e saúde. O estado de saúde é representado pela expectativa de vida ao nascer, onde os resultados encontrados na estimação confirmam a relação significativa e positiva entre o estado de saúde e a taxa de crescimento econômico. O autor observa que encontrou resultados semelhantes utilizando indicadores agregados alternativos de saúde, como a taxa de mortalidade infantil, a taxa de mortalidade até os cinco anos de idade ou a esperança de vida aos cinco anos de idade. Os resultados também sugerem que uma queda exógena nas taxas de natalidade aumentaria a taxa de crescimento da produção per capita, o autor destaca que a determinação da fertilidade age como um efeito indireto adicional da saúde sobre o crescimento, no qual uma redução nas taxas de mortalidade provavelmente reduziria a fertilidade e, portanto, expandiria o crescimento.

A relação entre saúde e crescimento também é abordada por Ramalho (2003), onde é construído um argumento teórico sobre o impacto positivo causado pelo investimento em saúde preventiva da população sobre o produto da economia e testes empíricos para uma amostra de 149 países, sendo utilizado a média dos dados para cada país entre os anos 1990 e 1998. Aplicando-se na função do modelo de crescimento econômico de Mankiw Romer e Weil, o gasto em saúde per capita como acréscimo ao capital humano. A autora usa como variável dependente o PNB per capita, em US\$. É realizado dois testes, um no qual o produto da economia está dividido pela população total da mesma enquanto no outro o produto da economia está dividido pela população economicamente ativa. Em ambos os testes, observou-se que há forte evidência empírica de que os gastos em saúde per capita têm impacto significativamente positivo sobre o produto da economia. Dado que o gasto em saúde per capita contempla a saúde preventiva, a autora conclui que esta influencia positivamente e significativamente o produto da economia. Concluindo que o gasto em saúde tem natureza de investimento.

No caso específico do Brasil, a relação de saúde e crescimento é investigada por Figueiredo *et all* (2003), através da utilização de dados em painel para a década de 90, usando como unidade de análise os estados federativos. Nesse estudo, os autores utilizam o modelo de Solow estendido, usando como *proxy* de saúde a taxa de mortalidade infantil, através de duas estimações, no primeiro a taxa de mortalidade infantil é incluída no modelo de crescimento para verificar o efeito direto dessa variável e se há alteração no efeito da escolaridade sobre o crescimento econômico. Já no segundo, a taxa de mortalidade infantil é interagida com a variável de escolaridade e com a taxa de fecundidade para avaliar se a saúde tem um efeito indireto sobre o crescimento do PIB per capita. Os principais resultados mostram que o estado de saúde afeta positivamente o crescimento econômico e que uma maior taxa de mortalidade infantil, tende a reduzir o efeito positivo da educação sobre a taxa de crescimento do PIB.

### 3. METODOLOGIA

Para a investigação da existência de uma relação positiva entre saúde e crescimento econômico, esse trabalho usa a técnica de painel. Dessa forma, o capítulo da metodologia consiste na explicação do método econométrico dos dados em painel e os procedimentos de estimação. Posteriormente é apresentada a descrição das variáveis e da amostra.

#### 3.1 MODELO DE DADOS EM PAINEL

O modelo em painel consiste em uma junção de dados em série temporal com dados em corte (cross-section). Tendo como característica principal dos dados o fato de que as mesmas unidades de corte cross-section (indivíduos, empresas, estados ou uma variedade de outras unidades, tomadas em um certo ponto no tempo) são acompanhadas ao longo de um determinado período. De modo específico, o modelo em painel visa estimar os efeitos de um vetor de variáveis  $X_i$  sobre outro vetor de variáveis  $Y_i$  para um grupo de indivíduos ao longo de vários períodos de tempo. Em síntese, de acordo com Gujarati (2006), os dados em painel têm uma dimensão espacial e outro temporal.

O modelo geral para os dados em painel é dado por:

$$Y_{it} = \beta_{0it} + \beta_{1it} X_{1it} + \dots + \beta_{kit} X_{kit} + u_{it} \quad (9)$$

No qual o subscrito  $i$  representa as diferentes unidades cross-section e  $t$  denota o período de tempo que está sendo analisado.  $\beta_0$  refere-se ao parâmetro do intercepto,  $\beta_k$  ao coeficiente angular correspondente à  $k$ -ésima variável explicativa do modelo e  $X_{kit}$  refere-se a  $k$ -ésima variável explicativa para o indivíduo  $i$  no instante de tempo  $t$ .

No modelo geral, o intercepto e os parâmetros resposta são diferentes para cada indivíduo e para cada período de tempo, ocasionando assim, mais parâmetros desconhecidos do que observáveis. Neste caso não é possível estimar os seus parâmetros, sendo necessário especificar suposições em torno do modelo geral com o intuito de torná-lo operacional. Entre os modelos que o torna mais funcional, os mais utilizados são o modelo de efeitos fixos e o modelo de Efeitos aleatórios.

### 3.1.1 MODELO DE EFEITOS FIXOS

O modelo de efeito fixo, visa controlar os efeitos das variáveis omitidas que variam entre indivíduos e se mantem constante ao longo do tempo. O modelo leva em conta a individualidade de cada unidade do corte transversal, variando o intercepto para cada indivíduo, considerando, no entanto, que os coeficientes angulares são constantes entre os indivíduos. De acordo com Gujarati (2006), o termo “efeitos fixos” é decorrente do fato de que, embora o intercepto possa diferenciar-se entre indivíduos, cada intercepto individual não se altera ao longo do tempo. Assim sendo, o modelo pode ser representado pela seguinte equação:

$$Y_{it} = \beta_{0i} + \beta_1 X_{1it} + \dots + \beta_k X_{kit} + u_{it} , \quad (10)$$

no qual,  $\beta_{0i}$  representa o intercepto a ser estimado no qual o subscrito  $i$  denota que o intercepto é diferente para cada uma das variáveis explicativas do modelo e a ausência do subscrito  $t$ , denota que o intercepto de cada indivíduo é invariante no tempo. A equação de efeito fixo (10), pressupõe que os coeficientes angulares não variam entre os indivíduos e nem em função do tempo.

Segundo Gujarati (2006) a técnica das variáveis binárias de intercepto diferencial, permite que o intercepto (com efeito fixo) varie entre os indivíduos. Assim, temos que (3.2) é escrita como:

$$Y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 D_{1i} + \dots + \alpha_n D_{ni} + \beta_1 X_{1it} + \dots + \beta_k X_{kit} + u_{it} \quad (11)$$

em que  $D_{ni}$  corresponde a uma variável binária para cada indivíduo, no qual equivale a um quando  $i=n$  e a zero caso contrário. A equação (11), apresenta uma variável binária para cada indivíduo, resultando no problema de colinearidade perfeita. Gujarati (2006) indica que para evitar cair nessa “armadilha das variáveis binárias” deve-se empregar  $n-1$  variáveis binárias no modelo. Essa variável omitida no modelo, conseqüentemente é utilizada como referência na análise e seu intercepto será representado por  $\alpha_0$ .

Para testar se o modelo se encontra adequado, é conveniente testar a hipótese de que os interceptos são diferentes entre os indivíduos, para isso, pode-se usar o teste F, onde as hipóteses nula e alternativa, são:

$$H_0: \beta_{01} = \beta_{02} = \dots = \beta_{0K}$$

$H_1$ : os interceptos  $\beta_{0i}$  não são todos iguais

Rejeitando-se o  $H_0$ , temos que os interceptos não são todos iguais, satisfazendo a suposição do modelo.

De acordo com Gujarati (2006), o modelo de dados em painel com efeitos fixos apresenta alguns problemas, tais como o fato de que quando o modelo possui muitas variáveis pode haver multicolinearidade, que pode dificultar uma estimação exata de um ou mais parâmetros. Dessa forma, o modelo não é recomendado quando o número de indivíduos observado é muito grande.

### 3.1.2 MODELO DE EFEITOS ALEATÓRIOS

A ideia central do modelo de efeitos aleatórios, consiste nas mesmas suposições do modelo de efeitos fixos, ou seja, o intercepto varia de um indivíduo para o outro, no entanto isso não ocorre ao longo do tempo, e os parâmetros respostas são constantes para todos os indivíduos e em todos os períodos de tempo. Isto é, a diferença entre os dois modelos refere-se ao tratamento do intercepto. Sendo representado como:

$$Y_{it} = \beta_{0i} + \beta_1 X_{1it} + \dots + \beta_k X_{kit} + u_{it} \quad (12)$$

em que o intercepto,  $\beta_{0i}$ , diferente do modelo anterior, onde é fixo, nesse modelo ele é tratado como uma variável aleatória com valor médio  $\beta_0$ . Assim sendo, os  $n$  interceptos serão modelados como:

$$\beta_{0i} = \beta_0 + \varepsilon_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

no qual  $\varepsilon_i$  é um termo de erro aleatório com média zero e variância  $\sigma_\varepsilon^2$ . Assim sendo, os indivíduos incluídos na amostra são retirados de um universo muito maior, possuem um valor médio comum para o intercepto e possui diferenças individuais, que são refletidas no termo de erro,  $\varepsilon_i$ .

Substituindo (13) em (12), tem-se:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \dots + \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it} + u_{it} \quad (14)$$

$$= Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \dots + \beta_k X_{kit} + \omega_{it}$$

onde,  $\omega_{it} = \varepsilon_{it} + u_{it}$  representa o erro composto, que consiste na soma do elemento de erro do corte transversal,  $\varepsilon_{it}$ , e o elemento combinado da série temporal e do corte transversal,  $u_{it}$ .

De acordo com Gujarati (2006), o modelo de componente dos erros, possui as seguintes pressuposições básicas:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{it} &\sim N(0, \sigma_\varepsilon^2) & (15) \\ u_{it} &\sim N(0, \sigma_u^2) \\ E(\varepsilon_i u_{it}) &= 0 & E(\varepsilon_i \varepsilon_j) = 0 \quad (i \neq j) \\ E(u_{it} u_{is}) &= E(u_{it} u_{jt}) = E(u_{it} u_{is}) = 0 \quad (i \neq j ; t \neq s) \end{aligned}$$

ou seja, os componentes de erro individuais não estão correlacionados entre si e nem estão correlacionados entre as unidades de corte transversal e as de séries temporais.

Diante das premissas (15), conseqüentemente, tem-se:

$$E(\omega_{it}) = 0 \quad (16)$$

$$var(\omega_{it}) = \sigma_\varepsilon^2 + \sigma_u^2 \quad (17)$$

Essas duas propriedades indicam que o  $\omega_{it}$  possui média zero e variância constante, ou seja, o erro é homocedástico. No entanto,  $\omega_{it}$  e  $\omega_{is}$ , onde  $t \neq s$ , são correlacionados, isto é, os erros do mesmo indivíduo em diferentes períodos de tempo é correlacionado.

A correlação é dada por:

$$corr(\omega_{it}, \omega_{is}) = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{\sigma_\varepsilon^2 + \sigma_u^2} \quad (18)$$

Como pode ser visto em (18), para qualquer unidade de corte transversal dada, o valor da correlação entre dois termos de erro em períodos diferentes se mantém inalterado

por mais distante que se encontre esses períodos, além disso, a estrutura de correlação dada por pela equação (18) permanece a mesma para todos os indivíduos. Assim sendo, o método mais eficaz para estimar os coeficientes do modelo de efeitos aleatórios é o de mínimos quadrados generalizados (MQG).

Através do teste baseado no multiplicador de Lagrange, desenvolvido por Breusch e Pagan (1980), é possível testar se o modelo de efeitos aleatórios é apropriado. Temos a hipóteses nula e alternativa, dadas por:

$$H_0: \sigma_\alpha^2 = 0$$

$$H_1: \sigma_\alpha^2 \neq 0$$

Sendo a estatística de teste representada por:

$$LM: \frac{nT}{2(T-1)} \left[ \frac{\sum_{i=1}^n [\sum_{t=1}^T e_{it}]^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T e_{it}^2} - 1 \right]^2 \quad (19)$$

Perante a hipótese nula, LM possui distribuição qui-quadrado com um grau de liberdade. Assim, aceitando a hipótese nula, temos que o modelo de efeitos fixos é a melhor alternativa para os dados que estão sendo tratados. Caso ocorra o contrário, assume-se que o modelo de efeitos aleatórios é preferível ao modelo de efeitos fixos.

De acordo com Wooldridge (2011), é comum pesquisadores aplicarem tanto os efeitos fixos como os aleatórios e depois fazerem testes formais das diferenças estatisticamente significantes. Além do teste de Breuch- Pagan, também é possível utilizar o teste de Hausman para se decidir qual modelo é mais apropriado. O teste, consiste em checar a existência de correlação entre o efeito não observado,  $\alpha_i$ , e as variáveis explicativas. Caso o  $\alpha_i$  seja correlacionado com todas as variáveis explicativas, o modelo de efeitos fixos é o mais indicado. Assim sendo, as hipóteses nula e alternativa, são dadas como:

$$H_0: \alpha_i \text{ não é correlacionado com as variáveis explicativas}$$

$$H_1: \alpha_i \text{ é correlacionado com as variáveis explicativas.}$$

Dessa forma, se a hipótese nula é aceita, não existe evidências de que  $\alpha_i$  seja correlacionado com as variáveis explicativas, ou seja, conclui-se que o modelo de efeitos

aleatórios é o mais eficaz para os dados que estão sendo tratados. Em contrapartida, se a hipótese alternativa for aceita, é indicado que se use o modelo de efeitos fixos.

### 3.2 MODELO ESTIMADO E DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS

O escopo deste trabalho consiste em averiguar a existência de uma relação positiva entre o estado de saúde e crescimento econômico para os estados brasileiros, no período de 2002 à 2014, para tanto, o modelo econométrico pode ser expresso como:

$$\gamma_{it} = \beta_0 + \beta_1 SAÚDE_{it} + \sum_j \beta_j X_{jit} + \varepsilon_{it} \quad (20)$$

Onde o subscrito  $i$  refere-se às unidades federativas e  $t$  aos anos.

$\gamma_{it}$ : PIB real per capita;

$\beta_j$ : parâmetros estimados para as  $j$  variáveis independentes;

$\beta_0$ : intercepto;

$\beta_1$ : parâmetro estimado para a variável estado de saúde;

$SAÚDE_{it}$ : Estado de saúde, medido como a taxa de mortalidade por causas evitáveis. (Para a faixa etária de 15 a 64 anos)

$X_{jit}$ : Outras variáveis independentes especificadas no QUADRO 1.

$\varepsilon_{it}$ : choques aleatórios.

O modelo apresenta como variável dependente o produto interno bruto (PIB) real *per capita* estadual medido a preço de dólar fixo em 2002, tendo como fonte de dados o sistema de contas nacionais, disponibilizado pelo IBGE. A *proxy* de medida de saúde é dada pela taxa de mortalidade por causas evitáveis para a faixa etária de 15 a 64 anos de idade<sup>4</sup>. Essa taxa foi calculada através da razão entre o número de óbitos por causas evitáveis para cada 1000 indivíduos que compõe a população observada, os dados foram extraídos do DATASUS. A mortalidade por causas evitáveis, consiste em óbitos

---

<sup>4</sup> A delimitação da faixa etária partiu-se do intuito de considerar um indicador que medisse o estado de saúde da parcela da população que afeta diretamente a capacidade produtiva do país.

considerados teoricamente evitáveis através de intervenções de natureza preventiva ou curativa, podendo ser, segundo Duarte & Malta (2007), um importante indicador de efetividade dos serviços de saúde, além de representar o estado de saúde da população, pertinente às características socioeconômicas do meio em que se encontram inseridas.

Espera-se que a relação entre a variável dependente e a *proxy* de medida de saúde seja negativa, ou seja, quanto menor a taxa de mortalidade por causas evitáveis, maior é o PIB per capita, indicando que uma melhor condição de saúde causa um efeito positivo no produto da economia.

As demais variáveis independentes utilizadas no modelo, que de forma geral compreende como medidas socioeconômicas e demográficas, são apresentadas no quadro a seguir:

#### **QUADRO 1 - Variáveis Independentes**

<b>Variável</b>	<b>Descrição</b>	<b>Fonte de Dados</b>
Gini	Medida de desigualdade, calculada a partir da renda domiciliar per capita.	IPEA
Urbanização	Proporção de indivíduos que residem na área urbana.	IBGE
Migração	Corresponde à diferença entre o saldo de imigrantes e emigrantes dividido pela população observada	IBGE
Fecundidade	Número médio de filhos que uma mulher teria ao final de sua idade reprodutiva	IBGE
Demografia	População dividida pela extensão territorial da UF	DATASUS
Capital Físico	Medido como o consumo de energia elétrica	EPE
Razão de dependência	Proporção dos indivíduos menores de 14 anos e acima de 64 anos em relação à população em idade ativa (PIA). (Considerando como idade ativa a população de 15 a 64 anos)	IBGE
Estudo	Anos de estudos completos. Anos médio de estudos da população acima de 25 anos	IPEA

Com exceção da taxa de migração, todas as variáveis foram linearizadas. Esse procedimento permite analisar os parâmetros em termos percentuais, além de possibilitar a correção de problemas de normalidades.

## 4. RESULTADOS

O objetivo principal dessa pesquisa consiste em verificar se o estado de saúde afeta o produto da economia, contribuindo para o seu crescimento. Para isso, foram estimados o modelo de MQO, o modelo de dados em painel com efeitos aleatórios e o modelo com efeitos fixos. O estudo é composto por uma amostra de 351 observações, envolvendo os 27 estados brasileiros. A análise é realizada através da utilização de um painel balanceado, ou seja, o painel possui todas as observações de todas as variáveis no tempo, que consiste em um período de 13 anos, compreendidos de 2002 a 2014.

**Tabela 2 - Estatísticas descritivas**

Variável	Dimensão	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
PIB	<i>overall</i>	5110,9	3656,626	827,7626	23695,05
	<i>between</i>		2997,98	2053,003	15432,65
	<i>within</i>		2165,915	-1896,48	13373,27
Mortalidade	<i>overall</i>	2,198	0,422971	1,3636	3,7149
	<i>between</i>		0,406254	1,5408	3,1985
	<i>within</i>		0,139717	1,8399	2,7142
GINI	<i>overall</i>	0,5361	0,03985	0,421217	0,633764
	<i>between</i>		0,03053	0,45392	0,610631
	<i>within</i>		0,0228	0,468378	0,611529
Urbanização	<i>overall</i>	82,64	17,9152	58,31358	170,1515
	<i>between</i>		18,04893	63,8909	160,6904
	<i>within</i>		2,521821	75,62035	92,10171
Migração	<i>overall</i>	0,7235	3,727473	-5,41724	14,15858
	<i>between</i>		3,643714	-5,17081	8,968528
	<i>within</i>		1,035663	-4,09276	8,585388
Fecundidade	<i>overall</i>	2,156	0,43310	1,56544	3,553755
	<i>between</i>		0,380747	1,714334	2,9812
	<i>within</i>		0,218127	1,581519	2,793079
Demografia	<i>overall</i>	67,55	102,4349	0,955644	493,4901
	<i>between</i>		103,9528	1,095465	432,4528
	<i>within</i>		7,564573	14,01223	128,5891
Razão de dependência	<i>overall</i>	53,18	8,004795	38,2562	73,44651
	<i>between</i>		7,376453	42,213	67,22051
	<i>within</i>		3,395621	44,61901	60,79234
Capital Físico	<i>overall</i>	3718,11	8608,471	1,042	55989
	<i>between</i>		6373,293	15,76923	30364,15
	<i>within</i>		5905,891	-26596	29342,96
Estudo	<i>overall</i>	6,608	1,186505	3,98239	10,08203
	<i>between</i>		1,054614	4,883251	9,399515
	<i>within</i>		0,577682	4,992493	8,061014

Fonte: Elaboração própria através de dados do Datasus, IPEA, IBGE e EPE.

A Tabela 2 expõe a estatística descritiva de todas as variáveis utilizadas no modelo, apresentando três variações, a *overall* que corresponde em torno da média, a *between*, que é entre os estados e a *within*, que é a variação de um único estado ao longo do tempo. Através da análise da estatística descritiva das variáveis é possível notar a grande desigualdade interestadual. Por exemplo o maior valor do PIB per capita real, analisado na dimensão *between* (entre os estados), é cerca de 750% maior do que o valor mínimo. Essa extrema disparidade é encontrada em todas as variáveis.

Para atingir o objetivo proposto, foram realizados alguns testes. Após a estimação do modelo de MQO, foi realizado o teste de heterocedasticidade, Breusch Pagan e Cook-Weisberg, onde aceita-se a hipótese nula de que a variância dos resíduos é homogênea. Após a estimação do modelo com efeitos aleatórios, foi realizado o teste de Breusch-Pagan, com o intuito de testar a presença/ausência de efeitos não observados, no qual foi rejeitada a hipótese nula de ausência de efeitos não observados. No entanto, deve-se considerar que os Estados brasileiros possuem características típicas, podendo, por vezes, não serem observadas e variar entre as unidades cross-section. Os efeitos não observados podem ser modelados por meio dos efeitos fixos ou aleatórios.

Para o procedimento de estimação, foram realizados testes com o intuito de verificar qual a modelagem que melhor se enquadra ao estudo. Através do teste de Hausman, foi rejeitada a hipótese nula de que os efeitos aleatórios são consistentes, indicando o modelo de efeitos fixos como melhor opção. Posteriormente, foram realizados o teste de Chow e o teste de multiplicador de Lagrange, onde ambos evidenciaram que o modelo de Efeitos Fixos é a modelagem mais apropriado a ser utilizada.

Desse modo, com base nos testes realizados, no qual indicaram a escolha do modelo adequado, serão analisados os resultados da estimação do modelo com efeitos fixos. Destes resultados, pode observar, pelo valor do  $R^2$ , um elevado grau de explicação das variáveis independentes ao valor de Y. Além disso, com exceção da Taxa de Urbanização e da Densidade demográfica, todas as variáveis foram significativas e apresentaram sinais esperados (Tabela 3).

**Tabela 3 - Modelo com efeitos fixos**

Variável	Coefficiente	T
Mortalidade	-0,25892**	-2,88
GINI	-0.73329***	-5,56
Urbanização	-0,01538	-0,10
Migração	0,0350358***	7,42
Fecundidade	-2,104866***	-7,27
Demografia	0,2440495	0,93
Razão de dependência	-1,217044*	-2,50
Capital físico	0,0066939***	4,41
Estudo	1,170128***	9,27

Número de observações: 351  
F(26,315): 69,49  
Prob>F: 0,0000  
R quadrado:0,96664  
R quadrado ajustado: 0,96294

\*Significativo a 10%, \*\*Significativo a 5%, \*\*\*significativo a 1%

Fonte: Elaboração própria, através de resultados da estimação.

O coeficiente da taxa de mortalidade, apresentou uma relação negativa em relação ao PIB per capita, sendo significativo ao nível de 5%, confirmando que um pior estado de saúde é prejudicial ao crescimento econômico. Um aumento de 1% nessa variável, reduz em 25,89% o produto da economia. O outro efeito indireto da saúde é observado através da fecundidade, que segundo o IBGE, corresponde ao número médio de filhos que uma mulher teria ao final de sua idade reprodutiva, sendo o seu resultado condizente com a literatura, no qual o aumento da fecundidade causa uma redução do PIB per capita. De acordo com Figueiredo *et all* (2013), a fecundidade reflete o cuidado com a saúde, na medida que esse envolve a tomada de decisão em relação ao planejamento familiar, sendo possível que em sociedades com nível de saúde inferior, sejam observadas taxas de fecundidade mais elevadas. A queda da fecundidade, também pode ser influenciada pela maior participação da mulher no mercado de trabalho. Tais resultados ressaltam a importância da saúde, que implica além do bem-estar dos indivíduos, atingindo de forma relevante também o nível de produtividade e a economia do país.

Outras variáveis que também apresentaram sinal negativo e significativo, foram o Índice de Gini e a Razão de dependência. O índice de Gini, usado para medir a concentração de renda, variando de 0 a 1, onde quanto mais próximo de 0 maior a igualdade de renda, no modelo essa variável apresenta sinal esperado ao nível de 1% de significância, indicando que um aumento da desigualdade, causa um efeito negativo no

produto da economia. No que se refere a razão de dependência, o resultado indica que quanto menor a razão de dependência, considerada como a soma da população de 0 a 14 anos com a população acima de 65 anos em relação ao número da população em idade ativa (15 a 64 anos), maior será o PIB per capita.

A taxa de migração, apresentou uma relação positiva com o crescimento do produto per capita dos estados brasileiros. No estudo de Figueiredo e Garcia (2003), foi encontrado resultado diferente. Os autores não encontraram sinais de que a taxa líquida de migração afetou a renda per capita dos estados no período de 1960 a 1990, no entanto, eles ressaltaram que a evidencia é nítida de que o processo migratório afetou positivamente o crescimento da renda total dos estados brasileiros.

No que se refere a educação, o efeito de anos completos de estudo da população acima de 25 anos é como previsto, quanto maior o nível de educação, maior é o PIB per capita. Um ano adicional de estudo, aumenta mais de 100% o valor de  $Y$ . No entanto, a média dos anos de estudos da população acima de 25 anos ainda é baixa, sendo que em 2014 essa média em nível nacional, foi dada por 7.4 anos de estudos, o que corresponde ao ensino fundamental incompleto, sendo a maior média, nesses 13 anos analisados, representada pelo Distrito Federal, 10,01 para o ano de 2014, e a menor corresponde a 4 anos, no estado de Alagoas em 2002, no ano de 2014 o estado ainda apresenta a menor média de anos de estudos entre todos os estado brasileiro, sendo dada por 5.7 anos.

O Capital físico, representado nesse trabalho como o consumo de energia, foi significativo ao nível de 1%, apresentado relação positiva com o produto da economia, esse resultado é condizente com a literatura. Segundo Cunha e Nunes (2016), a economia cresce se forem realizados investimentos em capital físico, no entanto apesar da ênfase dada à essa variável, a contribuição do capital humano deve ser considerada para a explicação mais completa do processo de crescimento das economias. Em seu estudo, os autores encontraram que o retorno do capital físico é menor do que o retorno do capital humano, esse resultado também é encontrado nessa pesquisa e em outros trabalhos citados pelos autores.

Desta forma, pode-se verificar que as variáveis utilizadas no modelo foram importantes para explicar o crescimento do PIB per capita real dos Estados brasileiros no período de 2002 a 2014, e as variáveis utilizadas como *proxy* da saúde tiveram impacto direto no crescimento econômico, ou seja, o estado de saúde de um país ou região exerce grande influência no produto, criando condições para um ambiente favorável ao crescimento e ao progresso econômico.

## 5. CONCLUSÕES

Esse trabalho buscou averiguar a relação do estado de saúde com o crescimento econômico dos Estados brasileiros, em uma escala de 13 anos, compreendidos de 2002 a 2014. A principal hipótese desse estudo é de que a saúde influi sobre a capacidade produtiva do indivíduo, contribuindo de forma relevante sobre o crescimento do PIB. Para analisar a influência da saúde no crescimento do produto dos Estados brasileiros foi utilizado a técnica de dados em painel com modelagem de efeitos fixos, sendo fundamentado através da modelo ampliado de Solow. Assim, a *proxy* de saúde foi escolhida com o intuito de captar o estado de saúde da população em idade ativa, sendo representada pela taxa de mortalidade por causas evitáveis, diferenciando-se das demais pesquisas que relacionam saúde e crescimento. A maioria dos trabalhos utilizam como *proxy* de saúde a taxa de mortalidade infantil ou a esperança de vida ao nascer, no entanto, por serem taxas que não incide diretamente sobre a população ativa, os resultados não foram tão significativos.

Com os resultados encontrados nessa pesquisa verificou-se que o coeficiente da taxa de mortalidade, apresentou uma relação negativa em relação ao PIB per capita, confirmando que um pior estado de saúde é prejudicial ao crescimento econômico. O outro efeito da saúde é analisado de forma indireta através da fecundidade, no qual o aumento na variável causa uma redução do PIB per capita.

Outras variáveis que também apresentaram sinal negativo e significativo, foram o Índice de Gini e a Razão de dependência. O índice de Gini apresentou sinal esperado, indicando que um aumento da desigualdade, causa um efeito negativo no produto da economia. Em relação a razão de dependência, o resultado indica que quanto menor a razão de dependência maior será o PIB per capita.

A taxa de migração, apresentou uma relação positiva com o crescimento do produto per capita dos estados brasileiros. O retorno do capital físico encontrado foi menor do que o retorno do capital humano.

Assim, a conclusão desse trabalho é de que o estado de saúde influi de forma significativa sobre o crescimento econômico dos estados, ressaltando dessa forma a importância do investimento em saúde a fim de ocasionar melhorias, tanto no que se refere ao produto, tanto no que se refere a qualidade de vida da população. Assim o melhor entendimento da contribuição do estado de saúde sobre o produto da economia, pode auxiliar na formulação de políticas públicas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, J., MOSTAFA, J., & HERCULANO, P. (2011). **Gastos com a política social: alavanca para o crescimento com distribuição de renda.** Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&id=7110](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&id=7110)>. Acesso em: 16/10/2016.

ALBUQUERQUE, E. D. M., & CASSIOLATO, J. E. (2002). **As especificidades do sistema de inovação do setor saúde.** Revista de Economia Política, 22(4), 88. Disponível em: <<http://www.rep.org.br/PDF/88-9.PDF>>. Acesso em: 22/11/2016.

ANDRADE, M. V., DE SOUZA NORONHA, K. V. M., DE MIRANDA MENEZES, R., SOUZA, M. N., DE BARROS REIS, C., MARTINS, D. R., & GOMES, L. (2011). **Equidade na utilização dos serviços de saúde no Brasil: um estudo comparativo entre as regiões brasileiras no período 1998-2008.** Belo Horizonte: UFMG. Disponível em: <<http://www.cedeplar.ufmg.br/pesquisas/td/TD%20445.pdf>>. Acesso em : 10/08/2016.

BARRO, E. J. AND X. SALA-I-MARTIN (1995), “**Economic Growth**”, New York: McGraw-Hill.

BARRO, R. (1996). **Health and economic growth.** World Health Organization. Disponível em: <<http://aefweb.net/aefarticles/aef140202Barro.pdf>>. Acesso em: 13/01/2017.

BATISTELLA, C. (2007). **Abordagens contemporâneas do conceito de saúde. O território e o processo saúde-doença.** Disponível em: <[http://www.epsjv.fiocruz.br/pdts/headers/header\\_pdf.php?id=505&ext=.pdf&titulo=Cap%EDtulo%202.](http://www.epsjv.fiocruz.br/pdts/headers/header_pdf.php?id=505&ext=.pdf&titulo=Cap%EDtulo%202.)> . Acesso em: 29/11/2016.

BRASIL. CONGRESSO NACIONAL. **Lei Federal nº 8.080, de 19/09/1990**. Diário Oficial da União 20 set. 1990, p.18055. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1990/lei-8080-19-setembro-1990-365093-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acesso em: 29/11/2016.

BRASIL. CONSTITUIÇÃO (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil – Título VIII, Capítulo II, Seção II. Brasília: Senado**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm)>. Acesso em: 29/11/2016

BYDLOWSKI, C. R., WESTPHAL, M. F., & PEREIRA, I. M. T. B. (2004). **Promoção da Saúde. Porque sim e porque ainda não!**. Saúde e sociedade, 13(1), 14-24. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/sausoc/article/view/7104>>. Acesso em: 29/11/2016.

COSTA, J. (2007). **Teorias de crescimento econômico: um estudo comparado. 2007**. 116f (Tese de Dissertação (Mestrado em Economia) -Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Estadual Paulista, Araraquara). Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp052351.pdf> >. Acesso em: 14/11/2016.

CUNHA, A. F., & NUNES, S. F. (2016). **Educação e Crescimento Econômico: Análise dos Municípios da Região dos Campos Gerais do Paraná**. Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas, 17(3), 232-239.

DALLARI, S. G. (2008). O conteúdo do direito à saúde. **O direito achado na rua: introdução crítica ao direito à saúde**. Brasília: Cead/UNB, 91-101. Disponível em: <http://prodisa.fiocruz.br/publi/O%20Direito%20Achado%20na%20Rua.pdf>. Acesso em: 11/01/2017.

DEL NERO, C. R. (1995). O que é economia da saúde. **Economia da saúde: conceitos e contribuição para a gestão da saúde**.

FIGUEIRÊDO, L., & GARCIA, R. A. (2003). **Impactos de diferentes metodologias para o cálculo da taxa líquida de migração sobre o estudo do crescimento econômico e da distribuição da população dos Estados brasileiros.** ENCONTRO TRANSDISCIPLINAR ESPAÇO E POPULAÇÃO. Disponível em: <[http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/eventos/transdisciplinar/mig\\_figueiredo.pdf](http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/eventos/transdisciplinar/mig_figueiredo.pdf)> . Acesso em: 17/05/2017

FIGUEIRÊDO, L., NORONHA, K. V., & ANDRADE, M. V. (2003). **Os impactos da saúde sobre o crescimento econômico na década de 90: uma análise para os estados brasileiros.** Texto para discussão, (219). Disponível em: <<http://econpapers.repec.org/paper/cdptexdis/td219.htm>> . Acesso em: 10/08/2016

GIVISIEZ, G. H. N. (2005). **Alguns aspectos sobre demandas sociais: educação, habitação e saúde.** Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/MCCR-6W9J3G>> . Acesso em: 22/11/2016

GUJARATI, D. N. (2006). **Econometria Básica.** Tradução de Maria José Cyhlar Monteiro.

JONES, C. I. **Introdução à teoria do crescimento econômico**, 7. tradução de Maria José Cyhlar Monteiro. Rio de Janeiro: Elsevier, 2000.

NORONHA, K. M. S. (2005). **A relação entre o Estado de saúde e a desigualdade de renda no Brasil.** Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar: Tese de Doutorado. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/MCCR-6W8LED>> . Acesso em : 11/08/2016.

MALTA, D. C., & DUARTE, E. C. (2007). **Causas de mortes evitáveis por ações efetivas dos serviços de saúde: uma revisão da literatura.** Ciência Saúde Coletiva, 12(3), 765-76.

RAMALHO, C. M. (2003). **Saúde preventiva, crescimento e produtividade: uma análise da literatura e um estudo empírico**: Tese de Doutorado. Disponível em : <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/1776>> . Acesso em: 11/08/2016.

SILVEIRA, M., PADILHA, J. D., SCHNEIDER, M., AMARAL, P. S. T., CARMO, T. F. M. D., NETTO, G. F., & ROHLFS, D. B. (2012). **Perspectiva da avaliação de impacto à saúde nos projetos de desenvolvimento no Brasil: importância estratégica para a sustentabilidade**. Cad Saude Coletiva, 20(1), 57-63.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução à econometria: uma abordagem moderna**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

## **ANEXOS**

**TABELA 1A** - Taxa de Mortalidade Infantil, Esperança de vida e Renda domiciliar per capita para os estados brasileiros referente ao ano de 2015.

	<b>Estado</b>	<b>Renda domiciliar per capita</b>	<b>TMI</b>	<b>EV</b>
<b>R1</b>	Distrito Federal	2254	10,76	77,85
	São Paulo	1482	10,16	77,79
	Rio grande do Sul	1434	9,88	77,50
	Santa Catarina	1368	9,49	78,74
<b>R2</b>	Rio de Janeiro	1284	11,89	75,88
	Paraná	1241	9,71	76,78
	Minas Gerais	1128	11,41	76,97
	Goiás	1078	15,35	74,00
	Espirito Santo	1074	9,19	77,85
	Mato Grosso	1053	17,30	73,97
	Mato Grosso do Sul	1044	14,48	75,28
	Roraima	1008	17,39	71,22
<b>R3</b>	Amapá	840	23,45	73,66
	Pernambuco	825	13,26	73,48
	Rondônia	823	20,38	71,14
	Rio grande do Norte	819	15,34	75,48
	Tocantins	816	16,32	73,11
	Sergipe	782	17,02	72,41
	Paraíba	774	17,01	72,93
	Amazonas	753	18,77	71,67
	Acre	752	17,63	73,61
	Bahia	736	18,11	73,23
	Piauí	728	19,72	70,87
<b>R4</b>	Ceará	681	15,07	73,62
	Pará	671	17,09	71,91
	Alagoas	598	20,86	71,23
	Maranhão	509	22,37	70,28

Fonte: Elaboração própria através de dados extraídos do IBGE.

## APÊNDICE A - O MODELO BÁSICO DE SOLOW

Equação 3 – Acumulação de capital

$$\dot{K} = sY - dK \quad (\text{a})$$

$\dot{K}$ , é a versão contínua do tempo de  $K_{t+1} - K_t$ . O termo “ponto” é utilizado para indicar a derivada com relação ao tempo, assim:

$$\dot{K} \equiv \frac{dK}{dt}$$

Reescrevendo a equação de acumulação de capital em termos de capital per capita:

$$k = \frac{K}{L} \rightarrow \log k = \log K - \log L$$

Logo,

$$\frac{\dot{k}}{k} = \frac{\dot{K}}{K} - \frac{\dot{L}}{L} \quad (\text{b})$$

no qual a taxa de crescimento da força de trabalho,  $\dot{L}/L$ , é dada por  $n$ .

Dividindo a equação (a) por  $K$ , temos:

$$\frac{\dot{K}}{K} = \frac{sY}{K} - d \quad (\text{c})$$

Substituindo a equação (b) em (c):

$$\frac{\dot{k}}{k} = \frac{sY}{K} - n - d \rightarrow \dot{k} = \left( \frac{sY}{K} - n - d \right) k$$

Que resulta na equação de acumulação per capita:

$$\dot{k} = sy - (n + d)k$$

## APÊNDICE B – MODELO DE SOLOW COM CAPITAL HUMANO

Função de Produção:

$$Y = K^\alpha (AH)^{1-\alpha}, \text{ (a)}$$

Reescrevendo a função de produção em termos de produto por trabalhador e tecnologia (habilidade), temos:

$$\frac{Y}{AH} = \frac{K^\alpha (AH)^{1-\alpha}}{AH} \rightarrow \tilde{y} = \tilde{k}^\alpha, \text{ (b)}$$

Função de acumulação de capital:

$$\dot{K} = s_k Y - dK, \text{ (c)}$$

onde  $s_k$ , representa a taxa de investimento em capital físico.

Seguindo o raciocínio do apêndice A.1, a equação de acumulação de capital pode ser escrita em termos de variáveis estacionárias como:

$$\dot{\tilde{k}} = s_k \tilde{y} - (n + g + d)\tilde{k} \text{ (d)}$$

Onde,  $\frac{\dot{A}}{A} = g$ .

Para encontrar o estado estacionário, temos que:

$$\dot{\tilde{k}} = 0, \text{ logo } \rightarrow s_k \tilde{y} = (n + g + d)\tilde{k} \text{ (e)}$$

Substituindo (b) em (e), temos:

$$\frac{s_k}{(n+g+d)} = \frac{\tilde{k}}{\tilde{k}^\alpha} \rightarrow \tilde{k} = \left( \frac{s_k}{(n+g+d)} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} \text{ (f)}$$

Substituindo (f) em (b), encontramos o valor da razão-tecnologia,  $\tilde{y}$ , no estado estacionário:

$$\tilde{y}^* = \left( \frac{s_k}{n + g + d} \right)^{\alpha/(1-\alpha)}$$