

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CIÊNCIAS ATUARIAIS - GRADUAÇÃO

JÚLIA MOREIRA HASTENREITER

O EFEITO DA COVID-19 NO EXCESSO DE MORTALIDADE NO BRASIL POR
ANOS DE ESTUDO EM 2020 E 2021

BELO HORIZONTE

2022

JÚLIA MOREIRA HASTENREITER

**O EFEITO DA COVID-19 NO EXCESSO DE MORTALIDADE NO BRASIL POR
ANOS DE ESTUDO EM 2020 E 2021**

Dissertação de Monografia a ser apresentado à disciplina de INU 022 - Monografia do curso de Ciências Atuariais do Instituto de Ciências Exatas (ICEX), da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Orientador: Bernardo Lanza Queiroz

Belo Horizonte

2022

JÚLIA MOREIRA HASTENREITER

**O EFEITO DA COVID-19 NO EXCESSO DE MORTALIDADE NO BRASIL POR
ANOS DE ESTUDO EM 2020 E 2021**

Dissertação de Monografia a ser apresentado à disciplina de INU 022 - Monografia do curso de Ciências Atuariais do Instituto de Ciências Exatas (ICEX), da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Orientador: Bernardo Lanza Queiroz

BANCA EXAMINADORA

Prof. Bernardo Lanza Queiroz
Departamento de Demografia - UFMG

Prof. Andre Braz Golgher
Departamento de Economia - UFMG

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	5
2. REVISÃO DA LITERATURA	6
2.1. Excesso de Mortalidade	6
2.2. Escolaridade no Excesso de Mortalidade	7
3. BASE DE DADOS	8
4. METODOLOGIA	9
5. RESULTADOS	10
5.1. Modelo Lee-Carter	10
5.2. Diferença da Esperança de Vida	11
5.3. Expectativa de Vida ao Nascer	12
5.4. Probabilidade de Morte	14
6. CONCLUSÕES	16
REFERÊNCIAS	18
ANEXO 1 – PROPORÇÃO DA POPULAÇÃO BRASILEIRA POR NÍVEL EDUCACIONAL DE 2000 A 2020	20
ANEXO 2 – ÍNDICE DE TENDÊNCIA TEMPORAL $k(t)$ PROJETADOS E ESTIMADOS POR NÍVEL DE ESCOLARIDADE, BRASIL 1999-2021	21
ANEXO 3 – NÍVEL MÉDIA DA MORTALIDADE $a(x)$ ESTIMADOS POR GRUPO ETÁRIO E NÍVEL DE ESCOLARIDADE, BRASIL 1999-2019	22
ANEXO 4 – PADRÃO DA VARIAÇÃO MÉDIA DA MORTALIDADE $b(x)$ ESTIMADOS POR GRUPO ETÁRIO, SEXO E NÍVEL DE ESCOLARIDADE, BRASIL 1999-2019	23

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Este estudo busca utilizar da projeção de mortalidade, ferramenta essencial para políticas públicas de saúde e previdência, para estimar o excesso de mortalidade no Brasil em 2020 e 2021 ao comparar com a mortalidade observada neste período, considerando idade e nível educacional. Objetiva avaliar a hipótese de que o nível de escolaridade esteja associado negativamente com a mortalidade, ou seja, a mortalidade diminuiria quando os anos de estudo aumentassem. Além disso, espera-se que o excesso de mortalidade se concentre nas idades mais avançadas.

É estimado que a pandemia da COVID-19 causou mais de 1,8 milhões de mortes mundialmente em 2020 (Aburto, 2021), resultando na diminuição na expectativa de vida mundial, com exceção da Noruega, Dinamarca, Nova Zelândia, Austrália e a população feminina da Finlândia. Apesar da expectativa de vida estar sujeita a flutuações temporais e costumam se recuperar rapidamente, a pandemia continuou em 2021 e 2022, se tornando mais heterogênea em 2021 (Schöley et al. 2022).

A primeira notificação de caso do vírus SARS-CoV-2 no Brasil foi no dia 26 de fevereiro de 2020 (Secretaria de Vigilância em Saúde, 2022). A reação à pandemia variou de acordo com o momento e jurisdição, se por um lado medidas foram tomadas para evitar a propagação da doença, como distanciamento social e uso de máscaras, (ISLAM, N. et al. 2021), as falas negacionistas do presidente Jair Bolsonaro influenciaram no relaxamento dessas medidas (Ajzenman et al. 2020).

O Instituto de Métricas e Avaliações em Saúde (IHME) estima 689.005,02 óbitos por COVID-19 desde o início da pandemia até 09 de novembro de 2022, incluindo mortes reportadas e não reportadas. Já Castro et al. (2021) analisou a redução da expectativa de vida ao nascer por estado e sexo, estimando 1,31 anos perdidos entre 2019 e 2020 para o Brasil, sendo que a perda masculina foi de 1,57 anos e a feminina de 0,95 ano.

Apesar desses e outros resultados existentes sobre o efeito do coronavírus a sob mortalidade brasileira, não há muitas análises em relação ao impacto da COVID-19 em subgrupos populacionais, seja em relação ao Brasil ou em outros países. Portanto, este estudo visa entender o impacto da COVID-19 na mortalidade brasileira por nível de escolaridade, a fim de descobrir como esses subgrupos foram afetados de acordo com a idade e se houve diferença no nível e padrão de mortalidade entre eles, permitindo compreender mais profundamente o efeito da pandemia no território nacional.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Excesso de Mortalidade

O excesso de mortalidade é o nível de mortalidade em um determinado momento comparado a uma tendência recente ou a um valor projetado (Lima et al. 2022). Neste estudo, analisaremos o excesso de mortalidade para os diferentes grupos de anos de estudo, utilizando das medidas de probabilidade de morte e expectativa de vida.

Por sua vez, a expectativa de vida é o tempo de vida esperado que uma pessoa tem em determinada idade se as taxas de mortalidade observadas permanecessem constantes durante o resto de sua vida. Por causa dessa característica, a expectativa de vida não é ideal para projeção da mortalidade. Porém, como a expectativa de vida é uma medida padronizada, a comparação dela para diferentes locais, grupos e períodos é possível (Aburto et al. 2022).

A comparação da mortalidade por grupos etários é essencial, pois o Brasil atualmente está passando pelo processo de transição de mortalidade. A transição de mortalidade trata sobre as mudanças no nível e no padrão da mortalidade, em que há primeiro a diminuição da mortalidade por doenças infecciosas e parasitárias, afetando principalmente a população infantil, para posteriormente diminuir a mortalidade adulta e idosa e outras causas (Gonzaga et al. 2021).

Ademias, a transição de mortalidade afeta subgrupos populacionais distintivamente. Um exemplo clássico é a maior nível e o menor ritmo de queda da mortalidade masculina em relação à feminina. Isto porque conforme a mortalidade é reduzida através de melhoras no acesso a saúde, educação e nutrição, a desvantagem das mulheres no ambiente diminui e fatores genético-biológicos aumentam a longevidade feminina mais rapidamente que a dos homens. Além disso, os comportamentos adotados por sexo influenciam na expectativa de vida, ou seja, os hábitos em relação à consumo de bebida alcoólica, fumo ou adoção de outros comportamentos de risco tornam-se prejudiciais à longevidade masculina, que tendem a assumir mais esse tipo de conduta do que as mulheres, aumentando a diferença do nível e do ritmo da queda da mortalidade pela transição demográfica (Lopez, 1984).

No intuito de compreender a relação da mortalidade por subgrupo racial e por sexo durante a Grande Depressão nos Estados Unidos, Bruckner et al. (2019) utiliza do método Lee-Carter de projeção de mortalidade para examinar as variações da esperança de vida e descobriu que, ao contrário do que inicialmente esperado, a esperança de vida aumentou para todos os grupos sociais, principalmente para as mulheres não brancas, durante a crise.

Já no período da pandemia da COVID-19, Schöley et al. (2022) analisou 29 países, sendo que 13 países conseguiram recuperar a queda da expectativa de vida de 2020 e 11 continuaram tendo perdas contínuas em 2021, sendo que essa queda é majoritariamente ou totalmente explicada pelo aumento da mortalidade para as pessoas acima de 60 anos. Aburto et al. (2022) encontrou entre os 29 países estudados que a população feminina em 8 países e a população masculina em 11 países perderam mais de um ano na expectativa de vida ao nascer de 2019 para 2020, sendo que o tempo médio levado para o ganho de um ano de vida foi de 5,6 anos nesses mesmos países. Aburto et al. (2022) ainda notam que evidências de países de baixo e média renda (como o Brasil) sugerem que a perda na expectativa de vida pode ter sido ainda mais grave.

Em relação ao Brasil, Lima et al. (2021) observou que o excesso de mortalidade iniciou em abril de 2020 com picos entre maio e agosto dependendo da região, a qual decaiu no segundo semestre de 2020. Além disso, metade dos estados brasileiros apresentaram excesso de mortalidade acima de 25% considerando o ano de 2020. Lima et al. (2021) também revelaram que dentre os 10 estados com o maior excesso de mortalidade, oito deles estão na região norte e nordeste. Em relação à queda da expectativa de vida, esta deve reduzir em 1,3 anos no Brasil em 2020, sendo que alguns estados brasileiros no norte do país devem observar queda maior que 3 anos, segundo Castro et al. (2021b).

2.2. Escolaridade no Excesso de Mortalidade

Escolaridade elevada é ideal para obter empregos bem pagos e estáveis, o que aumenta a renda familiar, que por sua vez ajuda a pagar por comidas nutritivas, habitações de melhor qualidade e melhores cuidados médicos. Além disso, a educação promove estilos de vida mais saudáveis, evitando comportamentos de risco e fornecendo melhores recursos sociopsicológico (Luy et al. 2019). Elo e Preston (1996) encontraram diferenças significantes dos níveis de mortalidade por escolaridade para ambos os sexos nos Estados Unidos na década de 1980, sendo que a diferença se concentrou mais para as pessoas em idade ativa do que para as pessoas maiores de 65 anos.

Ao analisarem dados de 193 países, incluindo o Brasil, Bulled e Sosis (2010) encontraram resultados que sugerem que há aumentos correspondentes entre esperança de vida e investimento na educação, com exceção da educação primária, a qual eles sugerem ser causada pelas altas taxas gerais de matrículas. Camargos et al. (2006) também encontra uma associação entre escolaridade e esperança de vida de inválidos idosos para a cidade de São Paulo em 2000.

Estudos sobre mortalidade por escolaridade durante a pandemia são escassos devido à falta de dados disponibilizados por se tratar de um acontecimento recente. Entretanto, Chen et al. (2021) descobriram que a mortalidade observada para pessoas com ensino médio incompleto era maior do que tinham pelo menos o ensino médio completo nos Estados Unidos entre janeiro de 2020 e janeiro de 2021.

3. BASE DE DADOS

A fim de realizar esse projeto, será utilizada a base de micro dados do Sistema de Mortalidade (SIM) disponibilizado no site do DATASUS pelo Ministério da Saúde, considerando ano do óbito, idade e nível de escolaridade de 1999 a 2021. Vale mencionar que os dados de 2021 estão disponibilizados de forma preliminar pelo SIM, podendo apresentar sub-registro e outros problemas de qualidade de dados.

Durante a análise dos dados, observou-se a presença de informações *missing*, que representam ao todo 0,01% dos óbitos estudados (29.729.221 óbitos totais), sendo que estes foram redistribuídos de acordo com as informações presentes.

TABELA 1 – Distribuição dos Dados *Missing* por Variável para os dados de Mortalidade

Variável	Quantidade	Porcentagem
Ano	134	0,00%
Idade	123	0,00%
Escolaridade	3.341	0,01%
Combinações	133	0,00%

Fonte: SIM.

Para os dados populacionais, utilizou-se os Censos Demográficos do IBGE de 2000 e 2010, as Projeções Intercensitárias do IBGE para os anos de 1999 e de 2001 a 2010 e a Projeção de População do IBGE de 2018 para os anos de 2011 a 2021. Também foi observado valores *missing* para os dados populacionais, apenas para as informações da faixa etária, e que representam cerca de 0,06% dos dados. Estes dados foram redistribuídos de acordo com as suas respectivas informações.

Porém, como os dados populacionais utilizados não possuem informações em relação à escolaridade, utilizou-se da população projetada por nível de escolaridade por período quinquenal de 2000 a 2020 do Instituto Internacional de Análise de Sistema Aplicados (IIASA) para encontrar a distribuição da população por nível escolar e faixa etária quinquenal, aplicando-a para o período quinquenal da população brasileira de referência. O gráfico com os valores da distribuição populacional no Brasil de 2000 a 2020 está presente no Anexo 1.

Como o IASA utiliza nível de escolaridade enquanto o SIM usa anos de estudo, tornou-se necessário a transformação do variável nível de escolaridade. Nessa questão, o IASA não distribui a população por nível educacional para menores de 15 anos, então se supôs que o nível de escolaridade não afetava aos menores de 15 anos e assumiu-se que as taxas de mortalidade brasileira para essas faixas etárias eram idênticas para todos os grupos de anos de estudo. A regra de transformação da variável mencionada anteriormente pode ser observada na Tabela 2.

TABELA 2 – Transformação do Nível de Escolaridade em Anos Estudados

Código SIM	Código IASA
Anos de Estudo	Nível de Escolaridade
Nenhum	No Education
1 a 3 anos	Incomplete Primary
4 a 7 anos	Primary Lower Secondary
8 a 11 anos	Upper Secondary
12 anos ou mais	Post Secondary

Fonte: SIM; IASA.

4. METODOLOGIA

A mortalidade será projetada utilizando o método Lee-Carter (Lee & Carter 1992). Este é um método estocástico que se baseia em padrões e tendências históricas persistentes e dá intervalos de confiança probabilísticos para projetar a mortalidade por idade. A projeção é feita através de um modelo de regressão bi linear para as variáveis tempo e idade, t e x , respectivamente:

$$\log \mu(x, t) = a(x) + b(x)k(t) + \varepsilon(x, t) \quad (1)$$

em que:

- $\mu(x, t)$ é a taxa de mortalidade central para cada idade;
- $a(x)$ é o nível médio das taxas de mortalidade para cada idade, o qual foi definido como a média do logaritmo das taxas de mortalidade de 1999 a 2019;
- $b(x)$ é o padrão médio da variação da mortalidade à idade x associado a $k(t)$;
- $k(t)$ é o índice de tendência temporal do nível de mortalidade geral;
- $\varepsilon(x, t)$ é o erro aleatório do tipo ruído branco associado a cada idade e tempo;

sendo que $b(x)$ e $k(t)$ foram calculados através de decomposição singular de valores dos resíduos a fim de minimizar os erros considerando os valores de $a(x)$.

O método Lee-Carter é atualmente o método principal para projetar mortalidade, devido a sua simplicidade de aplicação, fácil interpretação dos parâmetros, baixo julgamento subjetivo e por produzir projeções estocásticas com intervalos de predição probabilísticos. Apesar disso, como $b(x)$ é constante, Lee-Carter assume que a proporção da mudança da taxa de mortalidade permanece inalterável ao longo do tempo e, além disso, Lee-Carter carece de suavidade através das idades e tende a se tornar cada vez mais irregular quanto maior o período de projeção (Booth & Tickle 2008).

Utilizou-se as taxas de mortalidade por faixa etária quinquenal, com intervalo aberto aos 80 anos, e nível de escolaridade de 1999 a 2019 para a projeção de mortalidade para os anos de 2020 e 2021. Após a projeção, calculou-se a tábua de vida projetada e observada para 2020 e 2021 a fim de analisar o excesso de mortalidade através da diferença da expectativa de vida projetada e observada e através da diferença da probabilidade de morte, lembrando que os dados observados de 2021 são preliminares.

5. RESULTADOS

5.1. Modelo Lee-Carter

Os resultados do modelo Lee-Carter, $k(t)$, $a(x)$ e $b(x)$, podem ser observados no Anexo 2, Anexo 3 e Anexo 4, respectivamente. O primeiro resultado, o Índice de tendência temporal $k(t)$, demonstra a tendência da queda da mortalidade durante 1999 e 2019 para todos os anos de estudo, principalmente entre 2005 e 2006.

Já o nível médio da mortalidade, $a(x)$, tem uma mortalidade relativamente pequena para as crianças de 0 a 4 anos que cai para 5 a 9 anos para logo em seguida crescer nas faixas etárias seguintes. Observou-se que os maiores crescimentos são de pessoas que tem menos de 3 anos de estudo até os 44 anos de idade, quando o nível de mortalidade se aproxima dos demais anos de estudo, inclusive com o grupo com nenhum ano de estudo possuindo a menor mortalidade a partir dos 60 anos.

Além disso, dos 25 aos 59 anos de idade, o grupo com mais de 12 anos de estudo apresentaram a menor mortalidade. Por fim, a variação da mortalidade, $b(x)$, é maior para as pessoas menores de 14 anos, quando encontram seus menores valores entre 15 a 19 anos, para posteriormente voltarem a subir e se manterem relativamente estáveis.

5.2. Diferença da Esperança de Vida

Como visto na Figura 1 (a) as pessoas com 1 a 3 anos de estudo apresentaram ganhos de expectativa de vida em 2020 considerando intervalo de confiança de 80%. Esse resultado contraria tanto a suposição de perda de expectativa de vida durante a pandemia quando a suposição do efeito ser mais grave para os subgrupos com menos escolaridade.

Além disso, as pessoas com 12 anos de estudo também apresentaram pouca diferença na expectativa de vida em 2020, embora os resultados não sejam conclusivos. Isso é, o intervalo de confiança de 80% abrange os três casos possíveis: de aumento, perda ou imobilidade da esperança de vida.

Isto posto, o grupo com nenhum ano de estudo afirma ambas hipóteses, apresentando a maior perda de mortalidade em todas as faixas etárias em 2020 e como uma das maiores em 2021, dependendo da idade.

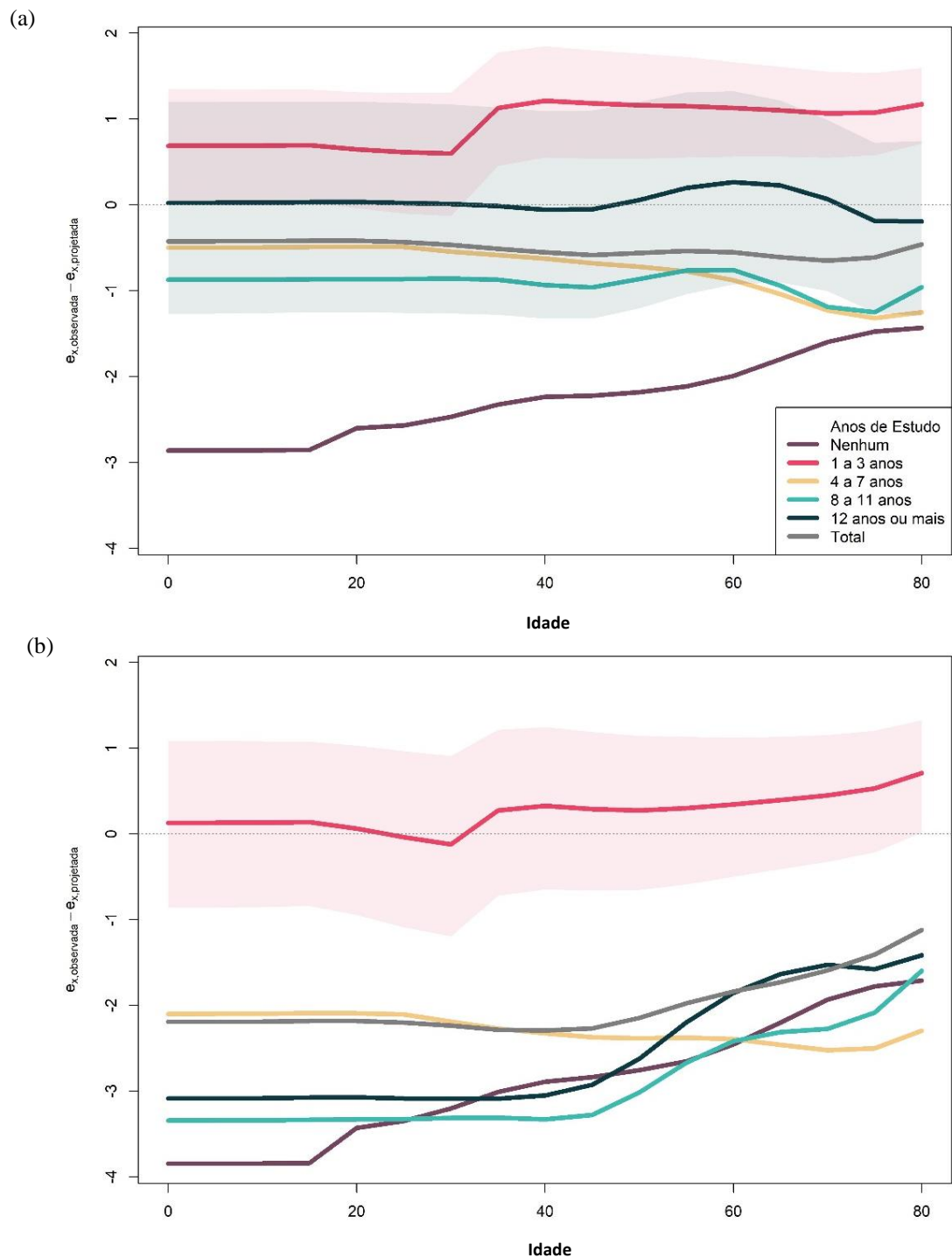
Já em 2021, momento do maior número de mortes devido a COVID-19, o excesso de mortalidade foi mais pronunciado para a maioria dos grupos de anos de estudo em relação a 2020. Visto que os subgrupos com 4 a 7 anos, 8 a 11 e 12 anos de estudo ou mais se aproximam da mortalidade apresentada pelo subgrupo sem escolaridade em 2020.

Todavia, as pessoas com 1 a 3 anos de estudo continuam tendo ganhos na expectativa de vida em todas as idades em 2021 (exceto aos 30 anos de idade), embora agora o intervalo de 80% de confiança permita o caso de perda de expectativa de vida, diferentemente do intervalo de 2020.

Outro ponto interessante em 2021 é que os padrões da expectativa de vida para os grupos de 1 a 3 anos de estudo e de 4 a 7 anos de estudo são bastante diferentes dos demais. Enquanto a maioria apresentou maior diferença da esperança nos primeiros 20 anos de idade, o subgrupo com 1 a 3 anos de estudo se mantém relativamente constante ao longo das idades e o subgrupo com 4 a 7 anos de estudo se mantém quase constante até os 25 anos de idade, quando começa a apresentar maiores diferenças até atingir o pico do excesso de mortalidade aos 70 anos.

Por fim, o Brasil teve perda de expectativa de vida para todas as idades em 2020, sendo que as perdas se aproximaram de 0,5 ao longo das faixas etárias, apresentando um leve aumento nas idades mais avançadas. Em 2021, a perda da expectativa de vida ficou por volta de 2 anos até os 45 anos, quando começou a diminuir até se aproximar de 1 ano perdido aos 80 anos de idade.

FIGURA 1 – Diferença da Esperança de Vida observada e projetada com intervalo de projeção de 80% por idade e anos de estudo no Brasil de (a) 2020 e (b) 2021



Fonte: SIM; IIASA; Censo Demográfico 2000 e 2010 do IBGE; Projeção Intercensitária do IBGE e Projeção Populacional de 2018 do IBGE.

5.3. Expectativa de Vida ao Nascer

Em 2020, o grupo de 1 a 3 anos rejeita o caso que a esperança de vida observada seja igual a projetada considerando intervalo de 80% de confiança, afirmando aumento na

expectativa de vida, no entanto esse resultado não é conclusivo considerando nível de confiança de 95%. Além desse subgrupo, os grupos com 4 a 7 anos de estudo em 2020, 12 anos de estudo ou mais em 2020 e 1 a 3 anos de estudo em 2021 também não rejeitam a hipótese de que a esperança observada e a espera projetada sejam iguais.

Para o restante dos grupos, o que inclui os dois grupos com maior proporção populacional no Brasil em 2021 (4 a 7 anos e 8 a 11 anos de estudo), há a rejeição da hipótese de igualdade entre as expectativas de vida ao nascer, confirmando excesso de mortalidade para a maioria dos grupos estudados. Vale comentar que a perda da expectativa de vida para esses casos foi maior em 2021 em relação a 2020.

Observando os valores da esperança de vida ao nascer, o grupo de 1 a 3 anos apresenta a segunda menor esperança de vida ao nascer em comparação aos outros grupos em 2020 e 2021, apesar de ser o único grupo que teve aumento na expectativa de vida durante a pandemia em ambos os anos. Por outro lado, o grupo com mais de 12 anos de estudo apresenta a segunda maior expectativa em 2020 e o terceiro maior em 2021, contrariando novamente a hipótese da relação inversa entre nível educacional e mortalidade, embora não seja um resultado conclusivo por si só.

Por fim, o Brasil observou perda de 0,42 ano na expectativa de vida ao nascer em 2020 e perda de 2,19 anos em 2021. Vale ressaltar que os intervalos de confiança de 80% e 95% de confiança rejeitam a hipótese de não ter existido perda na expectativa de vida.

TABELA 3 – Expectativa de Vida ao Nascer observada e projetada para o Brasil em 2020 e 2021

Ano	Anos de Estudo	e_0 observado	e_0 projetado	Diferença	Intervalo de 80% de confiança		Intervalo de 95% de confiança	
2020	Nenhum	78,46	81,32	-2,86	80,21	82,44	79,62	83,05
	1 a 3	76,43	75,74	0,69	75,08	76,42	74,73	76,78
	4 a 7	81,02	81,52	-0,50	80,61	82,46	80,14	82,98
	8 a 11	75,27	76,14	-0,87	75,91	76,37	75,77	76,49
	12 ou mais	80,34	80,32	0,02	79,14	81,61	78,55	82,35
	Total	79,39	79,81	-0,42	79,02	80,62	78,60	81,06
2021	Nenhum	77,81	81,66	-3,85	80,05	83,31	79,20	84,22
	1 a 3	76,06	75,93	0,13	74,97	76,92	74,46	77,46
	4 a 7	79,70	81,80	-2,10	80,48	83,20	79,80	83,98
	8 a 11	72,87	76,21	-3,34	75,87	76,53	75,67	76,70
	12 ou mais	77,65	80,74	-3,09	79,01	82,72	78,17	83,91
	Total	77,86	80,05	-2,19	78,90	81,24	78,30	81,89

Fonte: SIM; IIASA; Censo Demográfico 2000 e 2010 do IBGE; Projeção Intercensitária do IBGE e Projeção Populacional de 2018 do IBGE.

5.4. Probabilidade de Morte

Analisando a diferença das probabilidades de morte por faixa etária e grupos de anos de estudo em 2020, houve o aumento do risco de morte para as idades de 15 a 19 anos (essa apenas para o grupo com nenhum ano de estudo), 30 a 34 e de 40 a 49 anos. Posteriormente a diferença da probabilidade varia de acordo com o nível de escolaridade.

Para 12 anos de estudo ou mais, há queda da probabilidade de morte a partir dos 60 anos, apresentando o menor valor aos 70 a 74 anos de idade, queda que também foi observada para o grupo de 1 a 3 anos de estudo, desta vez com a maior diferença absoluta aos 75 a 79, anos e que apresentou a menor redução do risco de morte em várias faixas etárias. Já os demais grupos apresentaram aumento no risco de morte em 2020, sendo o maior crescimento para as pessoas de 8 a 11 anos de estudo aos 75 a 79 anos de idade.

Nota-se que o grupo com maior representação nacional (4 a 7 anos de estudo) apresentou queda do risco de morte entre 40 a 69 anos em 2020, mas possuindo o segundo maior aumento do risco de morte aos 75 a 79 anos de idade. Ademais, o segundo maior subgrupo educacional (8 a 11 anos de estudo) apresentou o maior aumento.

Para 2021, todas as faixas etárias e todos os grupos de estudo tiveram o mesmo risco de morte projetado caso não tivesse pandemia ou apresentaram aumentos do risco de morte. Os picos de 2021 para as faixas etárias de 15 a 19 anos, 30 a 34 anos e 75 a 79 anos foram maiores em comparação aos picos de 2020, apresentando inclusive um pico a mais aos 50 a 54 anos em relação a 2020. Além disso, o grupo com mais de 12 anos de estudo passa a ter um dos riscos de morte mais altos aos 75 a 79 anos em 2021, enquanto possuía um dos riscos mais baixos em 2020.

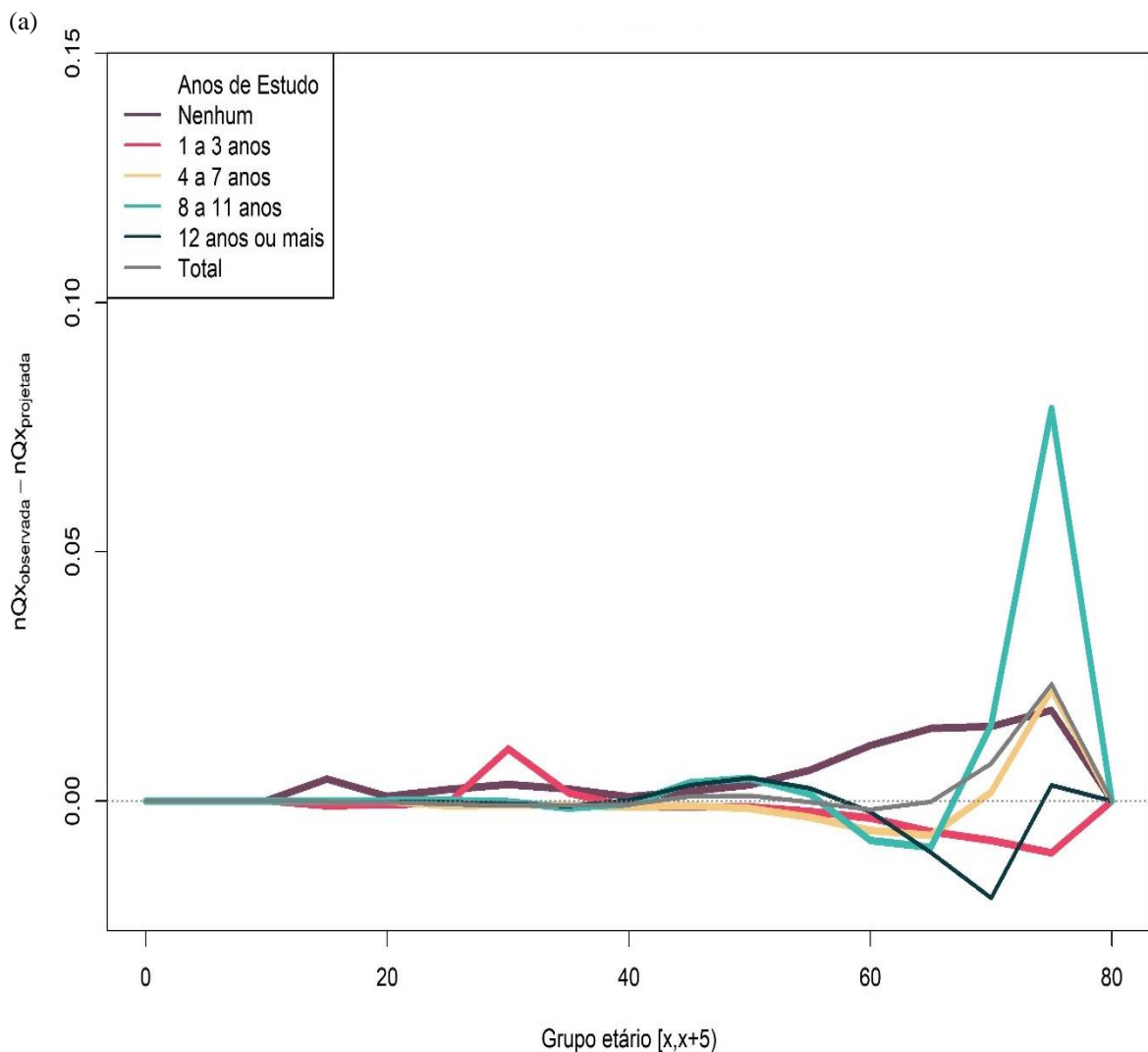
O grupo de 8 a 11 anos de estudo apresentou a maior mortalidade a partir dos 40 anos, com o maior aumento do risco de morte em 2021. Já as pessoas com 1 a 3 anos de estudo, apresentaram as menores diferenças de probabilidade de morte para todas as idades, exceto aos 30 a 34 anos de idade, quando apresentam o maior ganho no risco de morte.

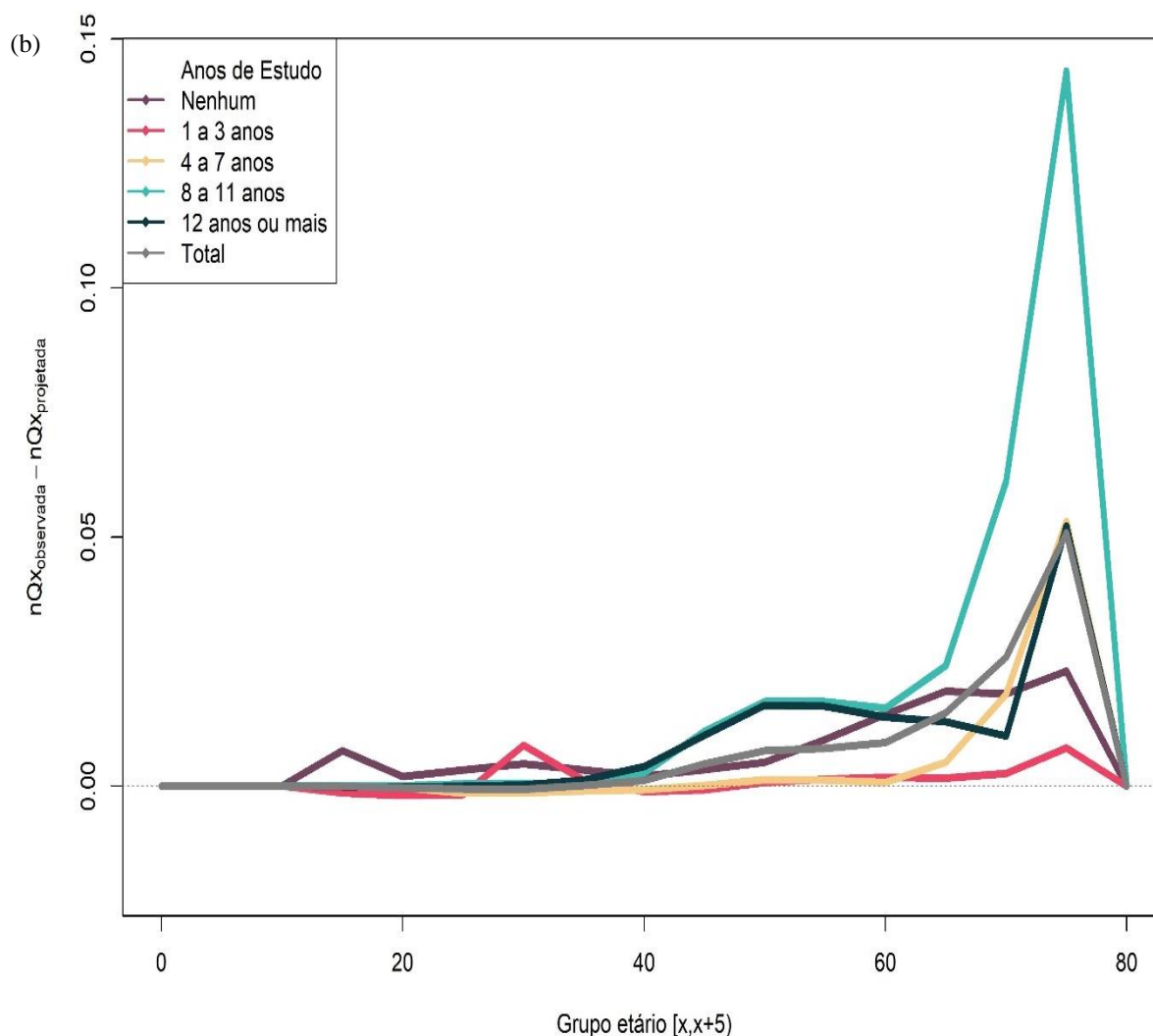
O único grupo por nível de escolaridade com mais de 1 ano de perda de expectativa de vida em 2020 foi o grupo com nenhum ano de estudo, apresentando perda de 2,86 anos. Esse grupo também apresentou a maior perda de expectativa de vida ao nascer em 2021 (3,85 anos), porém os demais grupos também apresentaram perda de mais de 2 anos, exceto o grupo com 1 a 3 anos de estudo.

Por fim, o Brasil teve um comportamento semelhante ao observado pelo subgrupo com 4 a 7 anos de estudo em ambos os anos. O que era esperado, pois como demonstrado no Anexo 1, esse subgrupo representa quase 50% da população brasileira.

Analisando o padrão de 2020, o Brasil teve pico de risco de óbito aos 75 a 79 anos, enquanto apresentou diminuição da probabilidade de morte entre 55 a 64 anos de idade. Em 2021, o Brasil não demonstrou diminuição da probabilidade de morte e apresentando dois picos de mortalidade, o maior aos 75 a 79 anos e o segundo aos 50 e 54 anos de idade.

FIGURA 2 – Diferença na Probabilidade de Morte observada e projetada por faixa etária e anos de estudo no Brasil de (a) 2020 e (b) 2021





Fonte: SIM; IIASA; Censo Demográfico 2000 e 2010 do IBGE; Projeção Intercensitária do IBGE e Projeção Populacional de 2018 do IBGE.

6. CONCLUSÕES

Primeiramente, vale relembrar que os dados usados para o ano de 2021 são preliminares, ou seja, o excesso de mortalidade encontrado para 2021 pode ser maior na realidade, devido a possibilidade de sub-registro de morte. Ademais, assumiu-se que a distribuição do nível educacional se manteve constante em períodos quinquenários, o que pode afetar a qualidade da projeção de mortalidade.

Além disso, durante a organização dos dados, percebeu-se problemas na qualidade dos dados de mortalidade por nível educacional, constatando, por exemplo, casos de morte de pessoas com 0 anos com mais de 12 anos de estudo, o que é obviamente impossível. No entanto, não foi realizado um estudo sobre a qualidade dos dados por nível educacional.

Como foi suposto, as pessoas com maior nível educacional, 12 anos ou mais de estudo, teve o menor impacto na mortalidade pela pandemia em 2020, não sendo possível concluir se

nesse ano o grupo observou aumento, estabilidade ou diminuição do excesso de mortalidade. Entretanto, em 2021, a mortalidade para esse grupo cresceu em 2021, se tornando o terceiro grupo com maior perda de expectativa de vida (3,34 anos). Ainda como suposto, a maior mortalidade se deu para o grupo com menor escolaridade para 2020 e 2021, sendo que o excesso de mortalidade causou uma perda de 2,86 e 3,85 anos na expectativa de vida ao nascer para 2020 e 2021, respectivamente.

Contrariando as expectativas, o grupo de 1 a 3 anos de estudo foi o que teve menor diferença na mortalidade em relação ao período pré-pandemia, manifestando inclusive aumento na expectativa de vida em 2020 e 2021, o que é comprovado em 2020 quando considerado intervalo de 80% de confiança. Esse grupo também foi o menos volátil em relação à diferença de probabilidade de morte, apresentando diminuições do risco para os maiores 30 anos em 2020, e mantendo-se próximo ao que foi projetado em 2021, com exceção da faixa etária 30 a 34 anos.

Em relação aos resultados da expectativa de vida do Brasil ao todo, obtivemos resultados abaixo do esperado. Isto porque projetamos perda de expectativa de vida ao nascer de 0,42 ano em 2020, o qual Castro et al (2021) projetou perda de 1,31 anos. Isso pode indicar que os modelos calculados estão subestimando o nível de mortalidade. Ademais, a perda da expectativa de vida brasileira ao nascer projetada foi de 2,19 anos em 2021.

A consequência do impacto da pandemia na mortalidade nos gastos governamentais varia de acordo com a área. Em relação à saúde, empiricamente sabe-se que houve o aumento nos gastos devido às despesas de tratamento e atendimento médico.

Já na área de previdência social, o impacto é muito difícil de ser calculado ou previsto empiricamente. Nessa questão, há o aumento de gastos com auxílio-doença, aposentadorias por invalidez devido a sequelas da COVID-19 e o aumento do número de pensões causados pelos óbitos do período da pandemia, aumentando assim os gastos da previdência, simultaneamente que há a diminuição do número de aposentadorias que deveriam ser pagas futuramente e a diminuição da quantidade dos benefícios recebidos por pessoas que faleceram durante a pandemia.

Portanto, de acordo com os resultados obtidos, podemos concluir que, durante a pandemia, o excesso de mortalidade teve em geral uma relação negativa entre o grau de escolaridade e mortalidade, ou seja, quanto menor o nível de escolaridade, maior foi o excesso de mortalidade, com os efeitos variando de acordo com o ano e a idade. A única exceção é o grupo de 1 a 3 anos de estudo, o qual observou ganho de expectativa de vida em 2020 e 2021. Ademais, também comprovamos a hipótese de maiores excessos de mortalidade nas idades mais avançadas em 2020 e 2021.

REFERÊNCIAS

- ABURTO, J. M. et al. (2021). **Quantifying impacts of the COVID-19 pandemic through life expectancy losses: a population study of 29 countries**. medRxiv. Disponível em: <<https://doi.org/10.1101/2021.03.02.21252772>>. Acesso em: 09/2022.
- AJZENAM, N; CAVALCANTI, T; DA MATA, D. (2020). **More than words: leaders' speech and risky behavior during a pandemic**. Social Science Research Network. Disponível em: <<https://doi.org/10.2139/ssrn.3582908>>. Acesso em: 09/2022.
- ALMOND, D. (2006) **Is the 1918 Influenza pandemic over? Long-term effects of in utero influenza exposure in the post-1940 U.S. population**. Journal of political Economy. 144 (4), 672-712.
- BOOTH, H.; TICKLE, L. (2008). **Mortality modeling and forecasting: a review of methods**. Annals of Actuarial Science, 3(1-2), 3-43. Disponível em: <https://www.actuaries.org/CTTEES_TFM/Documents/Booth_Tickle.pdf>. Acesso em: 09/2022.
- BULLED, N. L.; SOSIS, R. (2010). **Examining the Relationship between Life Expectancy, Reproduction, and Educational Attainment: A Cross-Country Analysis**. Human Natures, 21 (3), 269-289. Acesso em: 12/2022.
- BRUCKNER, T. A. et. al. (2019). **Race and life expectancy in the USA in the Great Depression**. Reino Unido. SpringerOpen. 75, 1-22. Disponível em: <<https://genus.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s41118-019-0063-0.pdf>>. Acesso em: 01/2022.
- CASTRO, M. C. et al. (2021a). **Reduction in life expectancy in Brazil after COVID-19**. Nature Medicine, 27, 1629–1635. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41591-021-01437-z>>. Acesso em: 09/2022.
- CASTRO., M. C. et al. (2021b). **Spatiotemporal pattern of COVID-19 spread in Brazil**. Science, 372 (6544), 821–826. Disponível em: <<https://doi.org/10.1126/science.abh1558>>. Acesso em: 09/2022.
- CAMARGOS, M. C. S. et al. (2007). **Disability life expectancy for the elderly, city of Sao Paulo, Brazil, 2000: gender and educational differences**. Journal of Biosocial Science, 39 (3), 455-463. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S0021932006001428>>. Acesso em: 12/2022.
- CHEN, J. T. et al. (2021). **Intersectional inequities in COVID-19 mortality by race/ethnicity and education in the United States, January 1, 2020-January 31, 2021**. The Harvard Center for Population and Development Studies, 21 (3). Disponível em: < https://cdn1.sph.harvard.edu/wp-content/uploads/sites/1266/2021/02/21_Chen_covidMortality_Race_Education_HCPDS_WorkingPaper_Vol-21_No-3_Final_footer.pdf>. Acesso em: 12/2022.
- ELO, I. T.; PRESTON, S. H. (1996). **Educational Differentials in Mortality: United States, 1979-85**. Social Science and Medicine, 42 (1), 47-57. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0277-9536\(95\)00062-3](https://doi.org/10.1016/0277-9536(95)00062-3)>. Acesso em: 12/2022.
- GONZAGA, M. R.; SCHMERTMANN, C. P. (2016). **Estimating age-and sex-specific mortality rates for small areas with TOPALS regression: An application to Brazil in 2010**. Revista Brasileira de Estudos de População, 33 (3), 629 – 652.
- GONZAGA, M. R. et. al. (2022). **Estimation and projection of mortality rates by sex and age in the micro-regions and municipalities of Brazil between 2010 and 2030 - Mortality estimation and probabilistic projection for small areas in Brazil**. Artigo a ser submetido para Population Health Metrics. OSF Preprints egrc9, Center for Open Science. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi_nY7-

hP77AhXvrZUCHYCWa90QFnoECA4QAQ&url=https%3A%2F%2Fosf.io%2Fegrc9%2Fdownload%2F%3Fformat%3Dpdf&usg=AOvVaw3PQ6_r3uHL9Z9FHpGbg5OK>. Acesso em: 01/2022.

GONZAGA, M. R. et al. (2022) 2. **Mortality differentials in beneficiaries of the National Institute of Social Security of Brazil in 2015**. Revista Contabilidade & Finanças. 33 (90). Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1808-057x20221556.en>>. Acesso em: 12/2022.

ISLAM, N. et al. (2021). **Effects of covid-19 pandemic on life expectancy and premature mortality in 2020: time series analysis in 37 countries**. BMJ. Disponível em: <<https://www.bmj.com/content/375/bmj-2021-066768>>. Acesso em: 09/2022.

LEE, R. D., & CARTER, L.R. (1992). **Modeling and forecasting U.S. mortality**. Journal of the American Statistical Association, 87 (419), 659–671. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/01621459.1992.10475265>>. Acesso em: 01/2022.

Lopez, A.D. (1984). **Sex differentials in mortality**. WHO Chronicle. 1984, 38 (5), 217-224. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6528584/>>. Acesso em: 12/2022.

LIMA, E. E. C. et. al. (2021) **Investigating regional excess mortality during 2020 COVID-19 pandemic in selected Latin American countries**. Journal of Population Sciences. Genus. 77 (1), 30. Disponível em: <<https://genus.springeropen.com/articles/10.1186/s41118-021-00139-1>>. Acesso em: 01/2022.

LISONKOVA, S.; JOSEPH, K. S. (2022). **Why did preterm birth rates fall during the COVID-19 pandemic?** Paediatric and Perinatal Epidemiology. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/ppe.12916>>. Acesso em: 09/2022.

LUY, M. et al. (2019). **The impact of increasing education levels on rising life expectancy: a decomposition analysis for Italy, Denmark, and the USA**. Genus, 75, 11 (2019). Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s41118-019-0055-0>>. Acesso em: 12/2022.

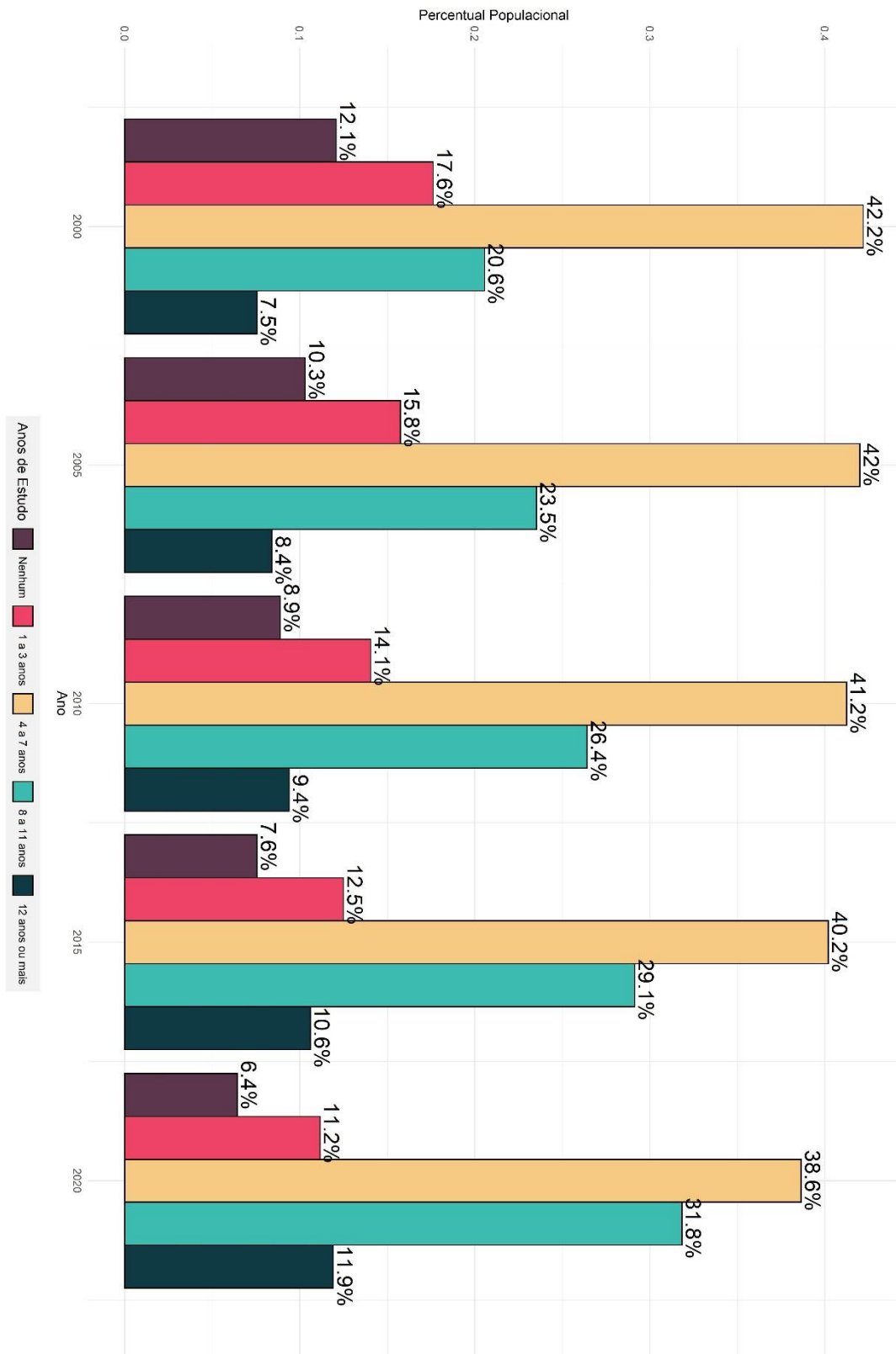
MARGERISON, C. E. et al. (2022). **Exposure to the early COVID-19 pandemic and early, moderate and overall preterm births in the United States: A conception cohort approach**. Paediatric and Perinatal Epidemiology. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/ije/dy081>>. Acesso em: 09/2022.

SCHÖLEY, J. et al. (2022). **Bounce backs and continued losses: Life expectancy changes since COVID-19**. Disponível em: <<https://doi.org/10.1101/2022.02.23.22271380>>. Acesso em: 09/2022.

SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE (2022). **Boletim 131 Epidemiológico Especial - Doença pelo novo Coronavírus - COVID-19**. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/epidemiologicos/covid-19/2022/boletim-epidemiologico-no-131-boletim-coe-coronavirus/view>>. Acesso em: 09/2022.

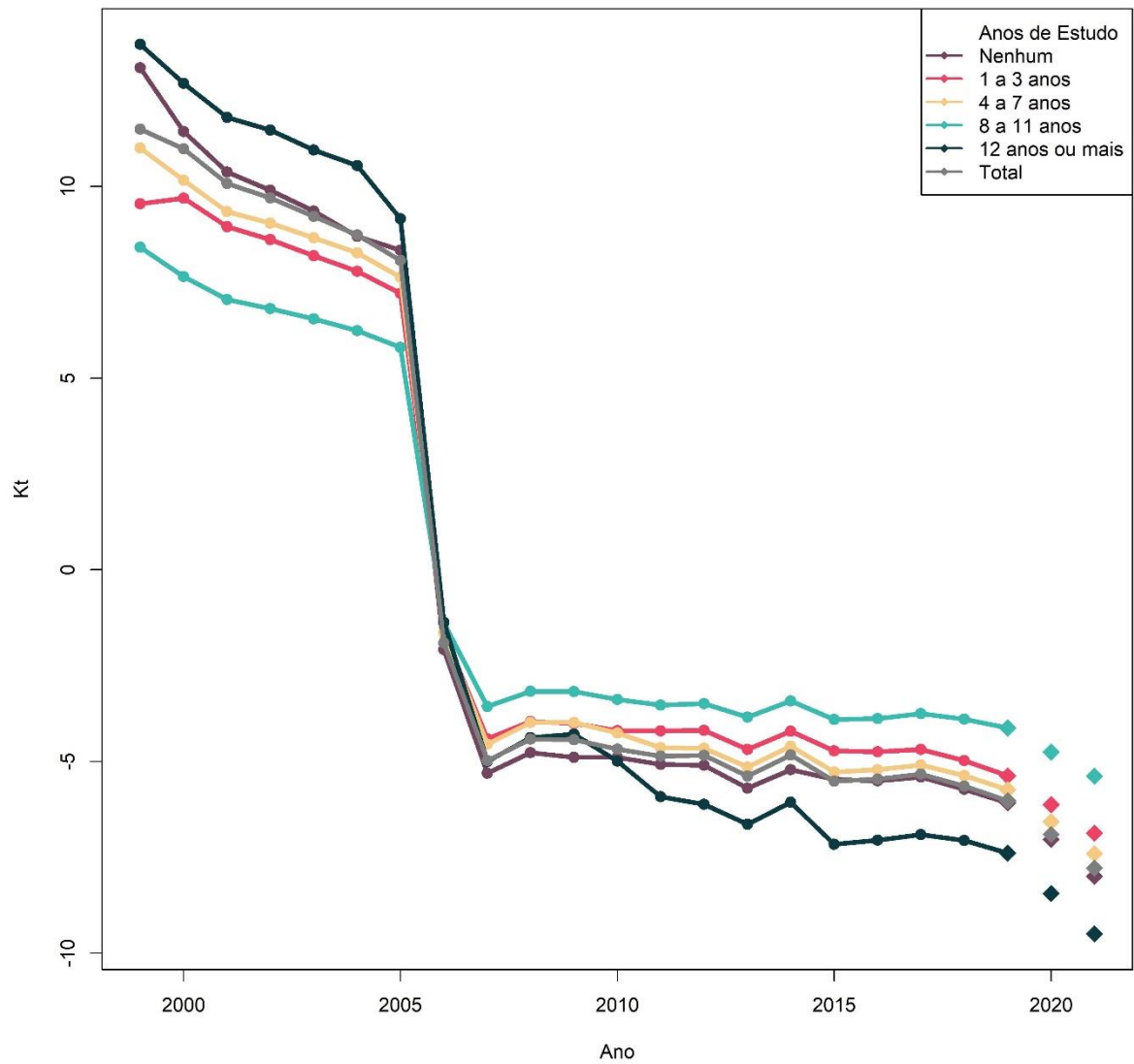
SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. (2022) **Boletim Epidemiológico Especial 131 - Doença pelo novo Coronavírus - COVID-19**. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/boletins-epidemiologicos/covid-19/2021/boletim_epidemiologico_covid_90_30nov21_eapv5.pdf>. Acesso em: 09/2022.

ANEXO 1 – PROPORÇÃO DA POPULAÇÃO BRASILEIRA POR NÍVEL EDUCACIONAL DE 2000 A 2020



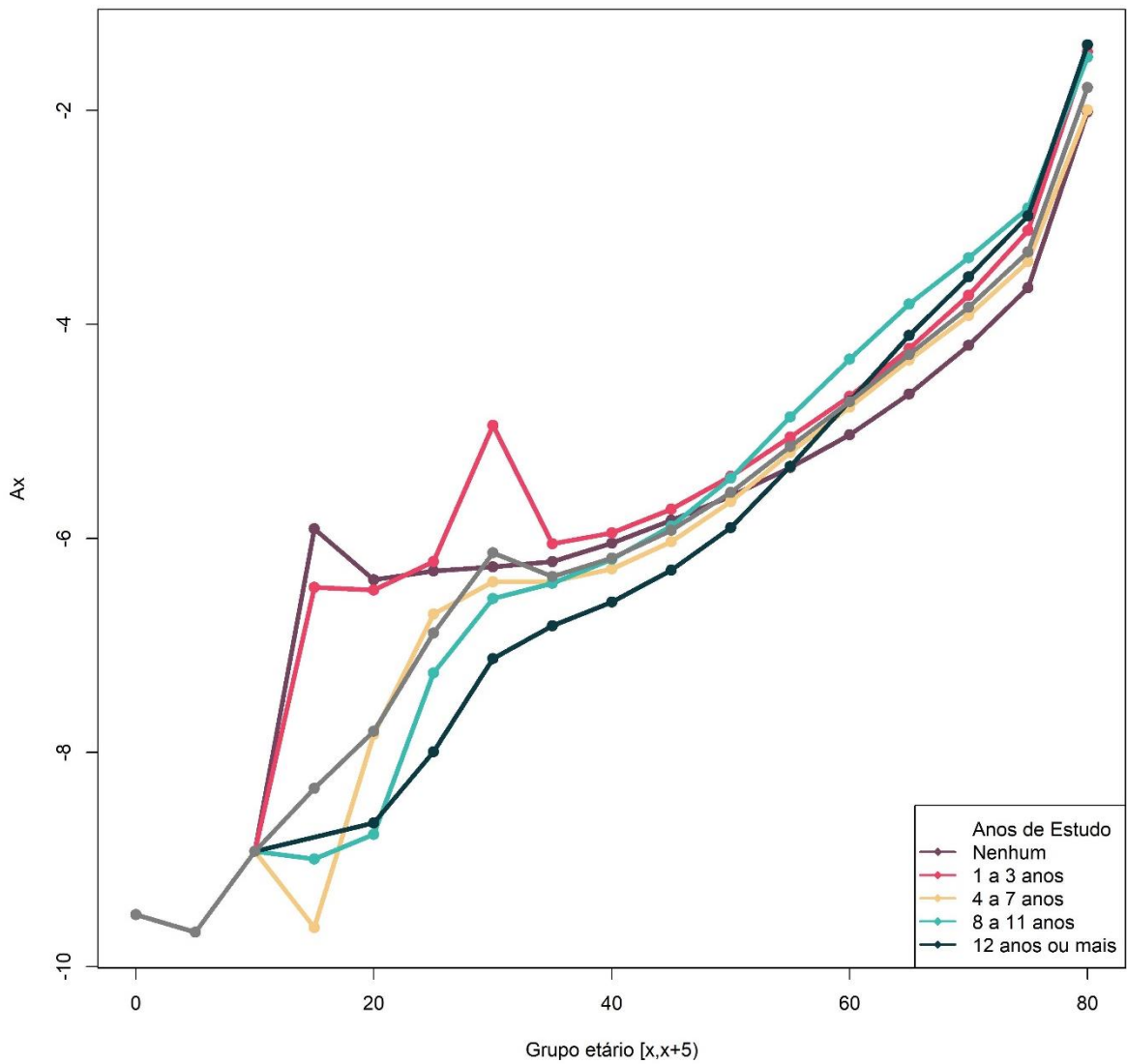
Fonte: IIASA.

ANEXO 2 – ÍNDICE DE TENDÊNCIA TEMPORAL $k(t)$ PROJETADOS E ESTIMADOS POR NÍVEL DE ESCOLARIDADE, BRASIL 1999-2021



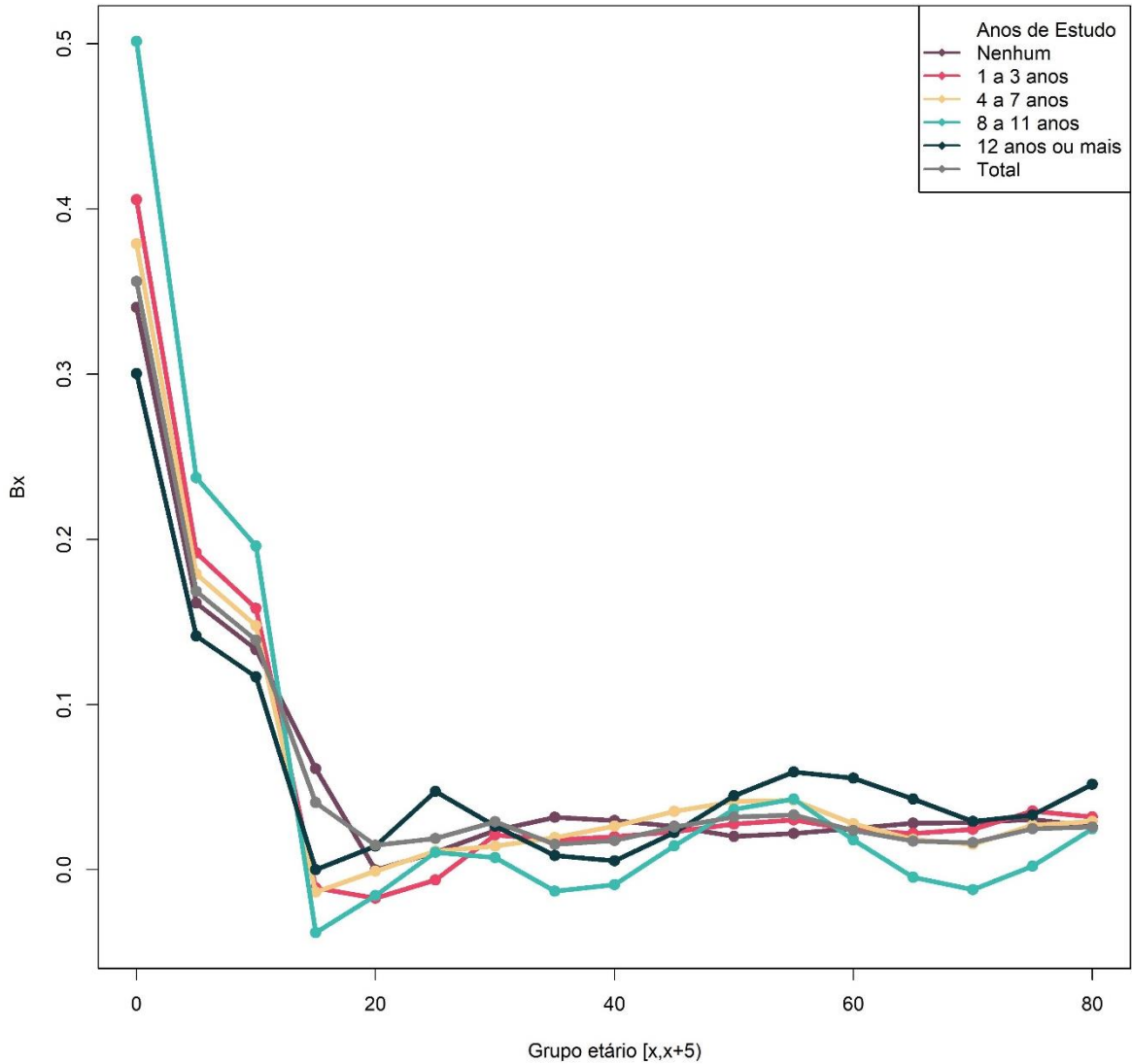
Fonte: SIM; IIASA; Censo Demográfico 2000 e 2010 do IBGE; Projeção Intercensitária do IBGE e Projeção Populacional de 2018 do IBGE.

ANEXO 3 – NÍVEL MÉDIA DA MORTALIDADE $a(x)$ ESTIMADOS POR GRUPO ETÁRIO E NÍVEL DE ESCOLARIDADE, BRASIL 1999-2019



Fonte: SIM; IIASA; Censo Demográfico 2000 e 2010 do IBGE; Projeção Intercensitária do IBGE e Projeção Populacional de 2018 do IBGE.

**ANEXO 4 – PADRÃO DA VARIAÇÃO MÉDIA DA MORTALIDADE $b(x)$
ESTIMADOS POR GRUPO ETÁRIO, SEXO E NÍVEL DE ESCOLARIDADE,
BRASIL 1999-2019**



Fonte: SIM; IIASA; Censo Demográfico 2000 e 2010 do IBGE; Projeção Intercensitária do IBGE e Projeção Populacional de 2018 do IBGE.