

Victor Alves Dogo Martins  
R.A. 744878

**Trabalho Final de Estudos Populacionais:  
Análise da Cidade de São João da Boa Vista**

São Carlos  
2021

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>4</b>
<b>1.1</b>	<b>Cultura</b>	<b>4</b>
<b>1.2</b>	<b>Relação com outras cidades</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>ANÁLISE DA POPULAÇÃO</b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>Pirâmide Etária</b>	<b>7</b>
<b>2.2</b>	<b>IDHM - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal</b>	<b>8</b>
<b>2.3</b>	<b>Análise da População por Estratos</b>	<b>9</b>
<b>2.4</b>	<b>Razão de Sexos</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>TAXAS E INDICADORES</b>	<b>16</b>
<b>3.1</b>	<b>Natalidade, Fecundidade e Reprodução</b>	<b>16</b>
3.1.1	Taxa Bruta de Natalidade	16
3.1.2	Taxa de Fecundidade Geral	16
3.1.3	Taxa Específica de Fecundidade	17
3.1.4	Taxa de Fecundidade Total	18
3.1.5	Taxa Bruta de Reprodução	18
3.1.6	Resultados para a cidade de São João da Boa Vista	19
<b>3.2</b>	<b>Mortalidade</b>	<b>21</b>
3.2.1	Taxa Bruta de Mortalidade	21
3.2.2	Taxa Específica de Mortalidade	21
3.2.3	Taxa de Mortalidade Infantil	22
3.2.4	Resultados para a cidade de São João da Boa Vista	22
<b>3.3</b>	<b>Migração</b>	<b>24</b>
3.3.1	Saldo Migratório	25
3.3.2	Taxa de Imigração	25
3.3.3	Taxa de Emigração	26
3.3.4	Taxa de Migração Líquida	26
3.3.5	Índice de Eficácia Migratória	27
3.3.6	Resultados para a cidade de São João da Boa Vista	27
<b>4</b>	<b>CONSTRUÇÃO DA TÁBUA DE VIDA</b>	<b>29</b>
<b>4.1</b>	<b>Definição</b>	<b>29</b>
4.1.1	$n m_x$	31
4.1.2	$n q_x$	31
4.1.3	$n d_x$	32

4.1.4	$l_x$	32
4.1.5	$nL_x$	32
4.1.6	$T_x$	33
4.1.7	$e_x$	33
4.1.8	$nP_{x,x+n}$	33
4.2	<b>Tabela de Vida de São João da Boa Vista</b>	33
<b>5</b>	<b>PROJEÇÃO POPULACIONAL</b>	<b>36</b>
5.1	<b>Projeção Aritmética</b>	<b>37</b>
5.2	<b>Projeção Geométrica</b>	<b>38</b>
5.3	<b>Taxa Decrescente de Crescimento</b>	<b>39</b>
5.4	<b>Crescimento Logístico</b>	<b>41</b>
5.5	<b>Comparação entre projeções</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>QUALIDADE DOS DADOS UTILIZADOS</b>	<b>46</b>
6.1	<b>Índice de Whipple</b>	<b>46</b>
6.1.1	Definição	46
6.1.2	Resultados para a cidade de São João da Boa Vista	47
6.2	<b>Coeficientes de Myers</b>	<b>48</b>
6.2.1	Definição	48
6.2.2	Resultados para a cidade de São João da Boa Vista	49
6.3	<b>Análise da Razão de Sexo ao Nascer</b>	<b>50</b>
6.3.1	Definição	50
6.3.2	Resultados para a cidade de São João da Boa Vista	52
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>53</b>
	<b>Referências</b>	<b>54</b>
	<b>APÊNDICE A – CÓDIGOS</b>	<b>56</b>
A.1	<b>Análise da População</b>	<b>56</b>
A.1.1	Análise da População por Estratos	56
A.1.2	Razão de Sexos	59
A.2	<b>Taxas e Indicadores</b>	<b>61</b>
A.2.1	Natalidade, Fecundidade e Reprodução	61
A.2.2	Mortalidade	64
A.2.3	Migração	66
A.3	<b>Tábua de Vida</b>	<b>68</b>
A.4	<b>Projeção Populacional</b>	<b>71</b>
A.5	<b>Qualidade dos Dados Utilizados</b>	<b>75</b>

A.5.1	Índice de Whipple . . . . .	75
A.5.2	Coeficiente de Myers . . . . .	75
A.5.3	Análise da Razão de Sexo ao Nascer . . . . .	77

# 1 Introdução

O seguinte trabalho, como orientado pelo Prof. Dr. Márcio Luís Lanfredi Viola, tem como principal intuito a aplicação dos conhecimentos obtidos durante a disciplina Estatística Demográfica numa cidade escolhida por cada aluno. No meu caso, escolhi a cidade de São João Boa Vista, situada no Estado de São Paulo, poucos quilômetros do ponto da fronteira com Minas Gerais próximo à Poços de Caldas.

São João da Boa Vista foi fundada em 1824 em território antes pertencente à cidade de Mogi Mirim. Teve forte influência eclesiástica em sua construção, algo que é possível enxergar até hoje em suas construções e modo de vida. Recebeu este nome, inclusive, por conta de ter sido fundada no Dia de São João (24 de Junho) e pelas belas vistas que lhe deram o apelido de "Cidade dos Crepúsculos Maravilhosos". Com o passar dos anos, regiões da cidade seccionaram-se e deram origem a outras cidades, como Águas da Prata, Vargem Grande do Sul e Aguai (na época chamada de Cascavel).

Segundo o último censo do IBGE, possui mais de 84 mil habitantes, divididos em cerca de 80% de brancos, 5% negros, 15% pardos, amarelos ou indígenas. Possui a religião católica como predominante na população, mas também abriga evangélicos, espíritas, umbandistas e outras religiões. Atualmente, possui uma meta de industrialização buscando modernizá-la dado fenômenos de êxodo da população mais jovem para cidades mais distantes, como Campinas, São Paulo e até mesmo São Carlos e região.

## 1.1 Cultura

Um dos bastiões pelo qual a cidade é conhecida na região é o investimento no campo da cultura. Depois de alguns anos de fundação, a par e inspirada pela cidade vizinha de Poços de Calda, houve um movimento de ampliação da cultura disponível para os moradores e eventuais turistas na cidade. Pontos principais são objetos de valor arquitetônico como as casas no centro da cidade, a Catedral da Diocese de São João da Boa Vista e o Teatro Municipal: este último, inclusive, tido como dono de uma das melhores acústicas do país. Diversas personalidades notáveis no campo da cultura foram nascidas na cidade, incluindo ([SÃO..., 2021](#)):

- Guiomar Novaes, pianista e uma das mais célebres intérpretes de Chopin, convidada para tocar até mesmo para Princesa Isabel quanto esta esteve em exílio na França;
- Patricia Rehder Galvão, mais conhecida como Pagu, importante artista e militante brasileira, com destaque no movimento modernista de 1922 (apesar de não ter

participado deste);

- Fernando Furlanetto, premiado escultor que dedicou sua vida à arte sacra e povoou o cemitério da cidade com muitas de suas obras.



Figura 1 – Muito do legado artístico de Fernando Furlanetto encontra-se no Cemitério da Cidade



Figura 2 – A Catedral da cidade é um marco histórico mantido em pé até os dias de hoje

## 1.2 Relação com outras cidades

Por mais que o setor da cultura seja um dos pontos fortes, São João carece de uma indústria forte no sentido de turismo. Atualmente, funciona como uma espécie de polo industrial e do trabalho para as cidades próximas da região: muitas pessoas fazem o trajeto entre São João e suas respectivas cidades. Nessa mesma dinâmica, parte da população sanjoanense migra ciclicamente para cidades como Poços de Caldas à trabalho, chegando até regiões mais longes como Campinas.

No geral, a cidade é tida como importante pela dinâmica econômica que faz surgir: se não fosse a presença de São João da Boa Vista, há consenso entre analistas de que a economia das cidades vizinhas cairia, assim como São João depende de outras cidades para manter este equilíbrio.

Veremos a partir de agora dados demográficos para a análise da cidade.

## 2 Análise da População

### 2.1 Pirâmide Etária

Uma análise preliminar da população pode ser feita através da pirâmide etária. Por sorte, ela é facilmente obtível no próprio site do Censo de 2010 fornecido pelo IBGE ([PIRÂMIDE...](#), 2010). Utilizaremos as pirâmides dos censos de 2000 e 2010 para analisarmos como a cidade se comporta no que diz respeito à proporção das faixas etárias que a compõem.

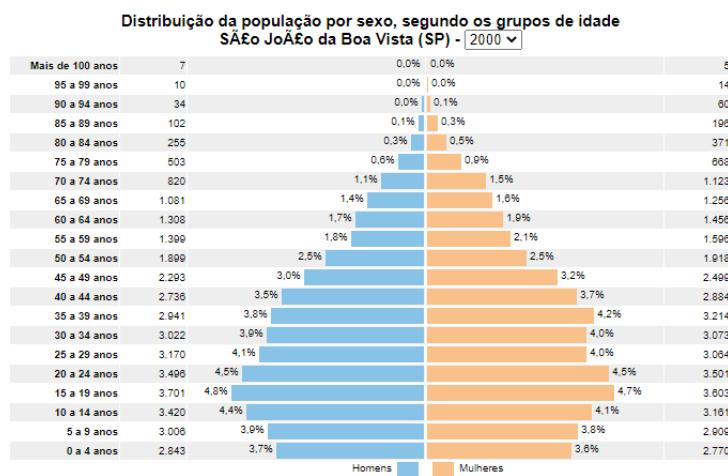


Figura 3 – Pirâmide Etária da cidade de São João da Boa Vista segundo o Censo de 2000

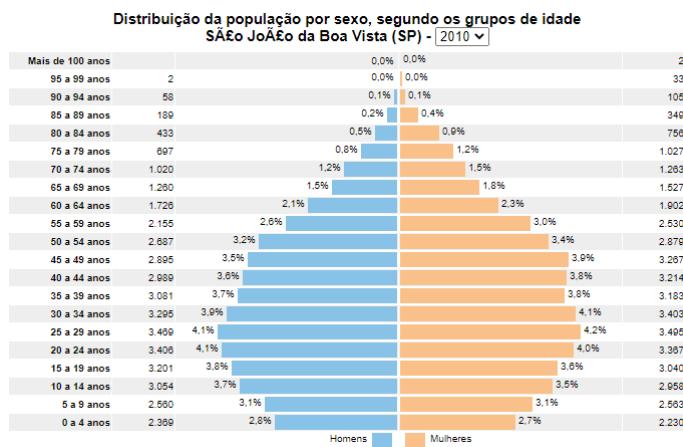


Figura 4 – Pirâmide Etária da cidade de São João da Boa Vista segundo o Censo de 2010

Fica evidente, segundo o gráfico do ano de 2010, o **envelhecimento** da população. A base (levando em conta idades entre 0 e 14 anos, por exemplo) é consideravelmente

menos pesada do que o meio (idades entre 20 a 50 anos). Se levarmos em conta a dinâmica ocorrida entre os anos de 2000 e 2010, fica clara a tendência de envelhecimento da população nos próximos anos.

Com o próximo censo, por exemplo, será possível constatarmos se as projeções se tornarão verdadeiras. São João da Boa Vista já é tida como uma cidade com boa estrutura de moradia para a população idosa ([PESQUISA..., 2017](#)). A tendência pode ser a imigração da população idosa de outras cidades do estado e região somado ao envelhecimento da população que já mora em São João da Boa Vista.

## 2.2 IDHM - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

Podemos encontrar no site do IBGE panoramas com dados interessantes de várias cidades ([PANORAMA..., 2020](#)). O IDHM é um deles: é possível compararmos dados obtidos para a cidade de São João da Boa Vista com outras cidades da região, estados no mesmo nível de desenvolvimento e até países.

Para fins de comparação, iremos apresentar o IDHM de São João em paralelo à outros países, lembrando que o índice é avaliado da seguinte forma ([LISTA..., 2021](#)):

IDH	Avaliação
IDH > 0,800	Muito Alto
0,799 > IDH > 0,700	Alto
0,699 > IDH > 0,600	Médio
0,599 > IDH > 0,500	Baixo
0,499 > IDH	Muito Baixo

Tabela 1 – Tabela de Avaliação do IDH

Primeiramente, é interessante compararmos o IDH de São João da Boa Vista com o de outras cidades da região. São elas: Águas da Prata, Espírito Santo do Pinhal, Vargem Grande do Sul, Aguaí e Santo Antônio do Jardim.

Cidade	IDH
São João da Boa Vista	0,797
Espírito Santo do Pinhal	0,787
Águas da Prata	0,781
Vargem Grande do Sul	0,737
Aguaí	0,715
Santo Antônio do Jardim	0,714

Tabela 2 – IDHM de São João da Boa Vista vs outras cidades da região

Fica nítido que a região da cidade possui poucas diferenças no que diz respeito ao IDH (pois todas permanecem na mesma faixa de valores). São João da Boa Vista possui o

maior IDH, no entanto: beira a faixa de valores considerada Muito Alta, como foi dito na Tabela 1.

É possível, ainda que não tão eficiente como pensamos, comparar a cidade com indicadores semelhantes de outros países. O IDH possui deficiências que nos impedem de assumir que as condições de vida sejam realmente iguais ou parecidas em lugares com IDH próximo, mas é interessante termos um panorama de como a cidade pode se comparar.

Foram escolhidos tanto países com IDH maior como menos, apresentados na seguinte tabela:

Local	IDH
Sérvia	0,806
Maurício	0,804
<b>São João da Boa Vista</b>	<b>0,797</b>
Trindade e Tobago	0,796
Albânia	0,795
Cuba	0,783
Brasil	0,765

Tabela 3 – IDHM de São João da Boa Vista vs outras localidades com índice próximo

É curioso apontarmos que o IDHM de São João da Boa Vista seja maior do que o do Brasil. Por outro lado, países com IDH próximo como Sérvia ou Cuba, numa análise superficial, não aparecem serem semelhantes às condições encontradas na cidade. É preciso uma ponderação mais profunda para que possamos assumir essas questões sem erros crassos relativos às nossas análises.

## 2.3 Análise da População por Estratos

É comum analisarmos a população por estratos a fim de compreender de que forma ela se comporta. Faremos isto através de características registradas pelo Censo de 2010, sendo elas religião, gênero, classe econômica e escolaridade. Os dados utilizados nas tabelas foram coletados do site de panoramas do IBGE, que já foi citado anteriormente.

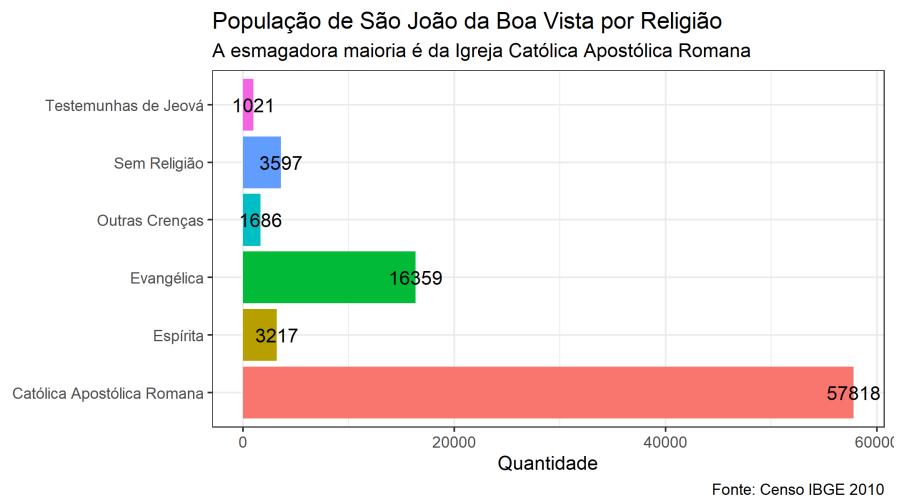


Figura 5 – Distribuição da população por Religião declarada

É possível notar uma característica marcante da cidade, presente na arquitetura e na forma que foi construída e projetada desde seu começo: a Igreja Católica Apostólica Romana possui forte presença na população, seguida pelas Igrejas Evangélicas (termo "guarda-chuva" para as diversas congregações protestantes existentes), por pessoas sem religião (Ateus, Agnósticos, etc) e por Espíritas Kardecistas (dado que espíritas de religiões de matriz africana encontram-se em "Outras Crenças").

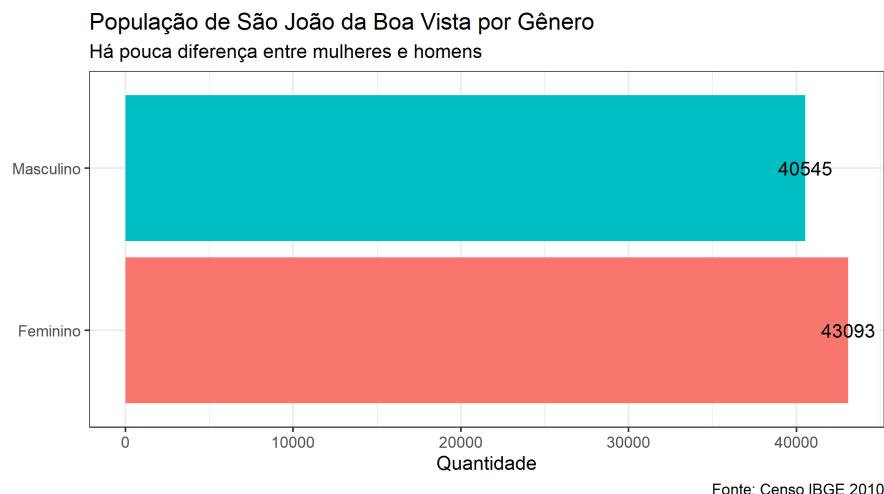


Figura 6 – Distribuição da população por Gênero

Como podemos ver pelo gráfico acima, não há uma grande diferença na quantidade de homens e mulheres na população da cidade segundo o Censo de 2010. É um comportamento natural e observável em outras localidades, simplesmente pela tendência da população em equilibrar-se neste aspecto.

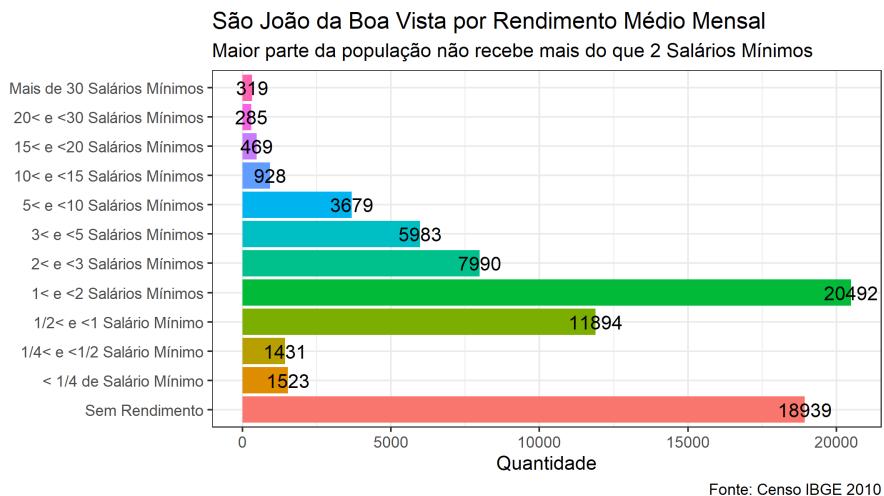


Figura 7 – Distribuição da população por rendimento mensal

Acima, evidencia-se uma realidade que infelizmente faz presença em diversas cidades do país: a disparidade da renda média mensal. Já foi mencionado anteriormente que São João da Boa Vista possui uma boa qualidade de vida média para a população aposentada, mas isto só se torna real para aqueles indivíduos com renda mensal elevada se comparada com o restante da população.

De resto, temos a larga maioria da população vivendo com um rendimento mensal médio abaixo de 2 salários mínimos: para a época, isto equivalia a aproximadamente R\$ 1020,00. Se corrigido segundo a inflação, o montante chega a aproximadamente R\$ 2417,00 no ano de 2021<sup>1</sup>.

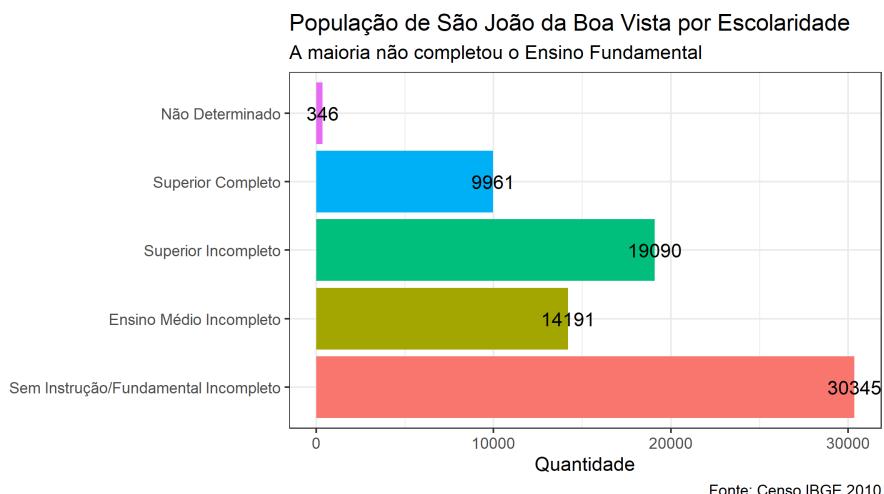


Figura 8 – Distribuição da população por escolaridade

<sup>1</sup> Cálculo feito através da Calculadora do Cidadão, presente no site do Banco Central do Brasil e considerando períodos iniciais e finais, respectivamente, como 01/2010 e 01/2021 ([CALCULADORA...](#), s.d.).

Por fim, temos que a cidade também apresenta disparidade no que diz respeito à escolaridade da população: a maioria não chegou a completar o Ensino Fundamental ou Médio, herança provável do passado ruralizado da cidade, que apenas recentemente voltou-se para o investimento em instituições de educação mais robustas.

## 2.4 Razão de Sexos

A Razão de Sexos é um indicador utilizado para compreender a dinâmica populacional no que diz respeito à diferença na quantidade de homens e mulheres em relação a algum aspecto da população. Para este caso, calcularemos o indicador com base nas faixas etárias do Censo de 2010, comparando São João da Boa Vista com outros contextos. A fórmula utilizada para o cálculo da Razão de Sexos é:

$$RS_{[x,x+n)} = \frac{P_{[x,x+n)}^M}{P_{[x,x+n)}^F} \cdot 100 \quad (2.1)$$

Onde:

- $RS_{[x,x+n)}$  é a Razão de Sexos para a faixa etária entre os anos  $[x, x + n)$ ;
- $P_{[x,x+n)}^M$  é a população masculina para a faixa etária entre os anos  $[x, x + n)$ ;
- $P_{[x,x+n)}^F$  é a população feminina para a faixa etária entre os anos  $[x, x + n)$ .

Para comparação, foi feito o cálculo acima para a cidade de São João da Boa Vista em conjunto com os municípios de Aguaí e Espírito Santo do Pinhal. Os dados utilizados foram obtidos na Tabela 1378 do Censo de 2010 disponível na plataforma SIDRA do IBGE ([TABELA... s.d.](#)). Os resultados obtidos encontram-se dispostos a seguir:

Faixa Etária	Masculina	Feminina	Total	Razão de Sexos
0-4	2369	2230	4599	106.23
5-9	2560	2563	5123	99.88
10-14	3054	2958	6012	103.25
15-19	3201	3040	6241	105.30
20-24	3406	3367	6773	101.16
25-29	3469	3495	6964	99.26
30-34	3295	3403	6698	96.83
35-39	3081	3183	6264	96.80
40-44	2989	3214	6203	93.00
45-49	2895	3267	6162	88.61
50-54	2687	2879	5566	93.33
55-59	2155	2530	4685	85.18
60-64	1726	1902	3628	90.75
65-69	1260	1527	2787	82.51
70+	2399	3535	5934	67.86

Tabela 4 – População de São João da Boa Vista por faixas etárias segundo Censo de 2010 do IBGE

Faixa Etária	Masculina	Feminina	Total	Razão de Sexos
0-4	1166	1148	2314	101.57
5-9	1331	1269	2600	104.89
10-14	1624	1658	3282	97.95
15-19	1692	1635	3327	103.49
20-24	1767	1759	3526	100.45
25-29	1707	1698	3405	100.53
30-34	1647	1591	3238	103.52
35-39	1573	1603	3176	98.13
40-44	1497	1677	3174	89.27
45-49	1439	1480	2919	97.23
50-54	1302	1396	2698	93.27
55-59	1030	1161	2191	88.72
60-64	891	950	1841	93.79
65-69	614	706	1320	86.97
70+	1227	1669	2896	73.52

Tabela 5 – População de Espírito Santo do Pinhal por faixas etárias segundo Censo de 2010 do IBGE

Faixa Etária	Masculina	Feminina	Total	Razão de Sexos
0-4	1170	1127	2297	103.82
5-9	1146	1156	2302	99.13
10-14	1391	1271	2662	109.44
15-19	1471	1369	2840	107.45
20-24	1533	1370	2903	111.90
25-29	1540	1441	2981	106.87
30-34	1342	1197	2539	112.11
35-39	1095	1145	2240	95.63
40-44	1081	1090	2171	99.17
45-49	1040	1003	2043	103.69
50-54	933	947	1880	98.52
55-59	736	777	1513	94.72
60-64	620	645	1265	96.12
65-69	382	407	789	93.86
70+	737	986	1723	74.75

Tabela 6 – População de Aguaí por faixas etárias segundo Censo de 2010 do IBGE

É possível notarmos comportamentos semelhantes e distintos a depender da faixa etária que analisamos. No entanto, para que fique mais fácil visualizarmos estas distinções e fazermos um diagnóstico da cidade de São João da Boa Vista, está disposto a seguir um gráfico de linhas.

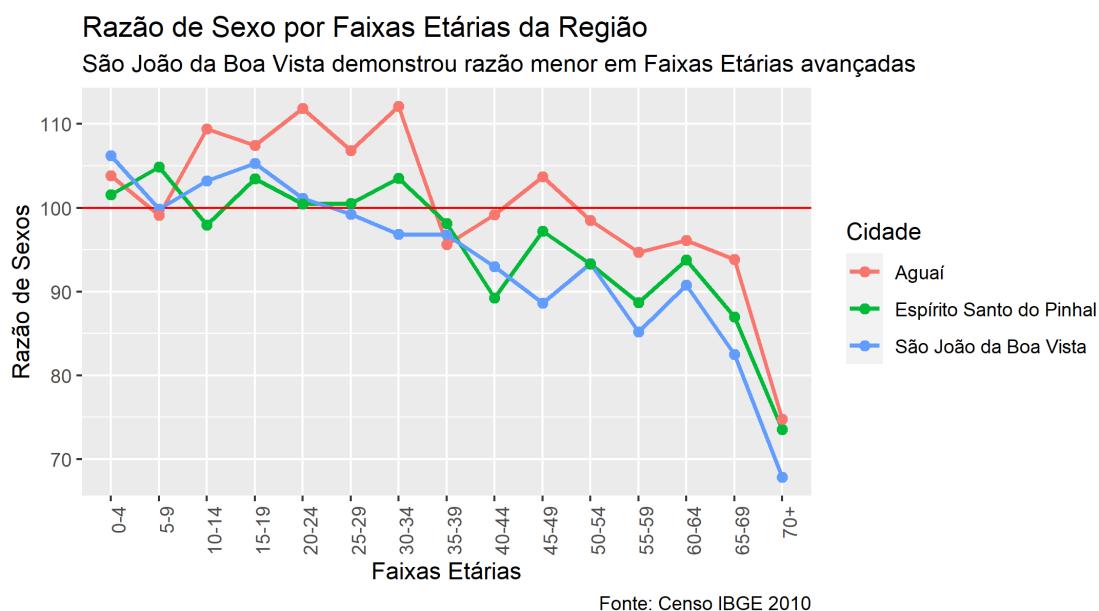


Figura 9 – Gráfico de linhas da Razão de Sexos de São João da Boa Vista e duas cidades da região

É possível enxergar mais claramente as similaridades e distinções entre São João da Boa Vista e cidades da região. No que diz respeito às faixas etárias iniciais da população

(mais especificamente entre 0 e 20 anos), não parece haver diferença gritante no número de homens e mulheres. O destaque vai para o comportamento da cidade de Aguaí, com um número relativamente maior de homens se compararmos com as outras cidades. Vale ressaltar que todas as cidades indicam boa qualidade dos dados coletados: é tido como consenso que uma Razão de Sexo próxima de 105 ao nascer indica que os dados coletados possuem poucos erros. Esta é uma questão que será analisada mais à frente deste trabalho.

Com o avançar da idade da população, a Razão de Sexos cai, ou seja: o número de homens diminui enquanto que o de mulheres estabiliza-se ou aumenta. Isso pode se dar por diversos motivos, os principais sendo dinâmicas migratórias e de mortalidade: no geral, mulheres vivem mais do que homens, e a tendência das cidades é que hajam mais mulheres do que homens em faixas etárias mais avançadas, algo que podemos ver acima se levarmos em conta a linha de referência vermelha. É possível, do ponto de vista migratório, que homens viagem para fora devido à natureza de seu trabalho numa frequência maior do que as mulheres.

Para compreender quais fenômenos acometem a população de São João da Boa Vista, iremos calcular taxas e indicadores vistos em aula, interpretar os nossos cálculos e chegar a uma conclusão acerca do comportamento demográfico da cidade com base no Censo Demográfico de 2010, com dados mais amplos e de fácil acesso.

### 3 Taxas e Indicadores

Com o decorrer da disciplina, aprendemos alguns indicadores e taxas que nos servem como diagnóstico da população. Eles nos dão um panorama da qualidade de vida da população e da estrutura básica de saúde (isto quando tratamos das taxas de mortalidade/mortalidade infantil ou de nascimentos de filhos com mães muito jovens).

É de interesse tanto para uma análise isolada como para a construção da Tábua de Mortalidade (que veremos mais a frente) calcular estes índices. Dividiremos as seções seguintes em tipo de indicadores (Natalidade, Mortalidade ou Migração), descrevendo como cada um deles é calculado e interpretado e, depois, apresentaremos os resultados para o ano de 2010 segundo o Censo Demográfico do IBGE, interpretando-os.

#### 3.1 Natalidade, Fecundidade e Reprodução

##### 3.1.1 Taxa Bruta de Natalidade

A Taxa Bruta de Natalidade é calculada da seguinte forma:

$$TBM^j = \frac{NV^j}{P^j} \cdot 1000 \quad (3.1)$$

Onde:

- $TBM^j$  é a Taxa Bruta de Natalidade para o ano j;
- $NV^j$  é o número de nascidos vivos no ano j;
- $P^j$  é a população no meio do ano j.

Ela nos mostra a quantidade de nascimentos em dado ano a cada mil habitantes (o motivo de multiplicarmos a razão acima por 1000). No entanto, ela não é um bom indicador para compararmos diferentes taxas de fecundidade entre populações, trazendo à luz a necessidade de outras taxas/indicadores para este fim.

##### 3.1.2 Taxa de Fecundidade Geral

A Taxa de Fecundidade Geral é calculada da seguinte forma:

$$TGF^j = \frac{NV^j}{{}_{35}P_{15,f}^j} \cdot 1000 \quad (3.2)$$

Onde:

- $TGF^j$  é a Taxa de Fecundidade Geral para o ano j;
- $NV^j$  é o número de nascidos vivos no ano j;
- ${}_{35}P_{15,f}^j$  é a população feminina de 15 a 49 anos no ano j.

A taxa acima representa a quantidade de nascimentos por 1000 mulheres em idade reprodutiva. Para este trabalho, decidiu-se por estabelecer "mulheres em idade reprodutiva" como mulheres entre 15 e 49 anos por dois motivos: em primeiro lugar, mulheres com mais de 49 possuem uma quantidade ínfima de filhos. No caso, podemos ou levar em consideração nascimentos de mulheres com mais de 49 anos como nascimentos de mulheres entre 45 e 49 anos, ou desconsiderarmos as faixas etárias acima de 49 anos totalmente.

Em segundo lugar, mulheres entre 10 e 15 anos costumam ter filhos quando a fecundidade feminina é bastante precoce. Não é o caso específico da cidade em questão, o que fez não ser pertinente levarmos em consideração essa faixa etária.

A TFG continua não sendo uma boa medida para comparações de níveis de fecundidade de populações com distribuições etárias muito distintas. Existem outras medidas que podem ser calculadas.

### 3.1.3 Taxa Específica de Fecundidade

A Taxa Específica de Fecundidade é calculada da seguinte forma:

$${}_nTEF_x^j = \frac{{}_nNV_x^j}{{}_nP_{x,f}^j} \cdot 1000 \quad (3.3)$$

Onde:

- ${}_nTEF_x^j$  é a Taxa Específica de Fecundidade da população com idade entre  $[x, x + n]$  no ano j;
- ${}_nNV_x^j$  é o número de nascidos vivos de mulheres com idade  $[x, x + n]$  no ano j;

- $_n P_{x,f}$  é a população feminina no grupo etário  $[x, x + n)$  no meio do ano j.

Aqui, foi estabelecido que a referência para o cálculo da taxa específica de fecundidade seria a faixa etária da população. No entanto, ela pode ser calculada de acordo com qualquer tipo de estrato, como grupo social, status matrimonial, local de residência, etc.

Esta taxa pode ser considerada um indicador de risco (o risco de mulheres em idade reprodutiva de terem filhos). Também pode ser calculada para homens, mas neste caso existem outras dificuldades que não existem para o caso das mulheres. É interpretada, seguindo a definição da fórmula estabelecida, como a quantidade de filhos por 1000 mulheres na faixa etária  $[x, x + n)$  e no ano j.

### 3.1.4 Taxa de Fecundidade Total

A Taxa de Fecundidade Total é calculada da seguinte forma:

$$TFT^j = \frac{n \cdot \sum_{x=15}^{49} {}_n TEF_x^j}{1000} \quad (3.4)$$

Onde:

- $TFT^j$  é a Taxa de Fecundidade Total para o ano j;
- ${}_n TEF_x^j$  são as taxas específicas de fecundidade anteriormente definidas para cada faixa etária de  $[x, x + n)$  anos.

A TFT representa o número médio de filhos nascidos vivos que uma mulher teria se, ao terminar o período reprodutivo, fosse submetida às mesmas taxas específicas durante toda sua vida reprodutiva. Aqui, dividiu-se o somatório por 1000 pois multiplicamos as taxas específicas por esta mesma constante, algo necessário como foi definido em aula.

É a taxa mais utilizada para análises de fecundidade. Ao contrário das primeiras taxas definidas, ela lida melhor com as diferenças de natalidade de acordo com faixa etária, mas é preciso termos uma série de  ${}_n TEF_x^j$  para vários anos em estudos mais práticos, algo que não será abordado neste trabalho.

Com isso, esta taxa pode ser utilizada para comparar populações no que tange a fecundidade delas.

### 3.1.5 Taxa Bruta de Reprodução

A Taxa Bruta de Reprodução é calculada da seguinte forma:

$$TBR^j = n \cdot \sum_{x=15}^{49} {}_nTEF_{x,f}^j \quad (3.5)$$

Onde:

- $TBR^j$  é a Taxa Bruta de Reprodução para o ano j;
- ${}_nTEF_{x,f}^j$  são as taxas específicas de fecundidade femininas, ou seja, que consideram os nascimentos de filhas do sexo feminino.

A TBR é utilizada para entender o ritmo de crescimento da população. Se for próxima de 1, significa que a população feminina está efetivamente substituindo ela mesma; se for próxima de 2, temos que a população está, em média, dobrando a cada geração. No entanto, vale ressaltar que esta taxa não leva em conta a mortalidade feminina, fator tratado quando utilizamos a Tábua de Mortalidade, que será apresentada logo a seguir.

### 3.1.6 Resultados para a cidade de São João da Boa Vista

Para a coleta dos dados referentes à nascimentos ocorridos em 2010, foi utilizada a Tabela 2609 do SIDRA, plataforma do IBGE já citada ([TABELA...](#), s.d.). Nela, há a possibilidade de obtermos a divisão de nascimentos por idade da mãe no momento do parto e sexo da criança nascida viva, dados perfeitos para esta parte do trabalho.

Primeiramente, temos os resultados das Taxas Específicas de Fecundidade tanto no caso geral como quando apenas levamos em conta nascimentos de filhas do sexo feminino. Na tabela a seguir, constam também os dados utilizados referentes às mulheres por faixa etária e nascidos vivos totais e nascidos vivos do sexo feminino:

Faixas Etárias	População (F)	Nascidos	Nascidos (F)	${}_nTEF_x^j$	${}_nTEF_{x,f}^j$
15 a 19 anos	3040	115	56	37.8289474	18.4210526
20 a 24 anos	3367	212	103	62.9640630	30.5910306
25 a 29 anos	3495	263	132	75.2503577	37.7682403
30 a 34 anos	3403	215	96	63.1795475	28.2104026
35 a 39 anos	3183	102	50	32.0452403	15.7084511
40 a 44 anos	3214	25	9	7.7784692	2.8002489
45 a 49 anos	3267	1	1	0.3060912	0.3060912

Tabela 7 – Taxas Específicas de Fecundidade por faixa etária da população feminina em período fértil de São João da Boa Vista, segundo Registro Civil de 2010

Segundo a tabela acima, a faixa etária com maior quantidade de nascimentos por 1000 mulheres é a faixa dos 25 aos 29 anos, com aproximadamente 75 nascimentos por

1000 mulheres no ano de 2010. Destes 75 nascimentos, aproximadamente 38 deles foram de crianças do sexo feminino por 1000 mulheres de 25 a 29 anos.

Interessante notar também o contraste da quantidade de nascimentos em faixas etárias mais avançadas, chegando até 0,3 nascimentos por mil mulheres se levarmos em conta a faixa etária dos 45 aos 49 anos.

Tendo estes indicadores em mente, nos resta calcular o restante das taxas apresentadas nesta seção. Eles foram feitos tendo em mente a população total de São João da Boa Vista em 2010 (83.639):

Taxa	Resultado
$TBN$	11.1550832
$TFG$	40.6199660
$TFT$	1.3967636
$TBR$	0.6690276

Tabela 8 – Taxas de Natalidade, Fecundidade e Reprodução de São João da Boa Vista, segundo Registro Civil de 2010

Segundo a tabela acima, temos que:

- A Taxa Bruta de Natalidade nos diz que, no ano de 2010 em São João da Boa Vista, ocorreram aproximadamente 11,15 nascimentos por mil habitantes. Este valor é próximo do encontrado em países como Cuba (11,44), Noruega (11,27) e Rússia (10,92) ([LISTA... , 2021](#));
- A Taxa de Fecundidade Geral nos diz que, no ano de 2010 em São João da Boa Vista, ocorreram aproximadamente 40,62 nascimentos por 1000 mulheres em idade reprodutiva;
- A Taxa de Fecundidade Total nos diz que, segundo o comportamento demográfico de São João da Boa Vista em 2010, cada mulher tem, em média, 1,39 filhos ao longo de todo seu período reprodutivo. Este valor é próximo do obtido no Japão em 2000 (1,36), por exemplo ([TAXA... , 2021](#));
- A Taxa Bruta de Reprodução, já que o resultado foi igual a aproximadamente 0,67, nos diz que a dinâmica de natalidade de São João da Boa Vista não é suficiente para “repor” a população. É provável que o crescimento da cidade para anos futuros se dê por fenômenos migratórios.

## 3.2 Mortalidade

Para esta seção, foram escolhidas três taxas referentes à mortalidade da população, mas ressalta-se que outras já foram apresentadas, entre elas: Mortalidade por Causas de Morte, Taxa de Mortalidade Materna, Taxa de Mortalidade Neonatal e Taxa de Mortalidade Pós-Neonatal.

### 3.2.1 Taxa Bruta de Mortalidade

A Taxa Bruta de Mortalidade é calculada da seguinte forma:

$$TBM^j = \frac{O^j}{P^j} \cdot 1000 \quad (3.6)$$

Onde:

- $TBM^j$  é a Taxa Bruta de Mortalidade para o ano j;
- $O^j$  é o número total de óbitos no ano j;
- $P^j$  é a população total no meio do ano j.

A TBM denota o risco de óbito da população, mas não leva em conta as diferenças deste risco para cada faixa etária. Podemos interpretá-la como a quantidade de mortes por mil habitantes de determinada localidade no ano j.

### 3.2.2 Taxa Específica de Mortalidade

A Taxa Específica de Mortalidade é calculada da seguinte forma:

$${}_nTEM_x^j = \frac{{}^nO_x^j}{{}^nP_x^j} \cdot 1000 \quad (3.7)$$

Onde:

- ${}_nTEM_x^j$  é a Taxa Específica de Mortalidade da faixa etária entre  $[x, x + n)$  anos no ano j;
- ${}^nO_x^j$  é o número de óbitos de pessoas entre  $[x, x + n)$  anos no ano j;

- $_n P_x^j$  é a população da faixa etária entre  $[x, x + n)$  anos no ano j.

A TEM denota o risco de morte de acordo com um estrato específico da população: neste caso, utilizamos como estratos as faixas etárias da população num intervalo de 5 anos. Ela influencia a magnitude da Taxa Bruta de Mortalidade, pois temos comportamentos diferentes de acordo com a quantidade de mortes numa faixa etária definida, e duas cidades com Taxas Específicas iguais podem ter Taxas Brutas distintas devido à sua distribuição da população, por exemplo.

### 3.2.3 Taxa de Mortalidade Infantil

A Taxa de Mortalidade Infantil é calculada da seguinte forma:

$$TMI^j = \frac{{}_1O_0^j}{NV^j} \cdot 1000 \quad (3.8)$$

Onde:

- $TMI^j$  é a Taxa de Mortalidade Infantil no ano j;
- ${}_1O_0^j$  é o número de óbitos de crianças entre 0 e 1 ano de vida no ano j, independente do ano de nascimento;
- $NV^j$  é o número de nascidos vivos do ano j.

A TMI é um importante indicador utilizado para compreender a qualidade estrutural do sistema de saúde de uma população: quanto melhor for, menor será a taxa. Em países desenvolvidos, mortes no nascimento costumam ocorrer por causas endógenas, que fogem do controle do sistema de saúde em alguns casos; em países menos desenvolvidos, ela ocorre por conta de desnutrição ou doenças infecciosas no corpo da mãe. Outro motivo é a baixa estrutura de saúde neonatal, por exemplo.

Ela pode ser interpretada como o número de óbitos por mil crianças entre 0 e 1 ano, mas não representa uma taxa ou probabilidade propriamente dita, ao contrário de outros indicadores apresentados até aqui. Além disso, também não leva na contagem de óbitos os óbitos fetais (abortos).

### 3.2.4 Resultados para a cidade de São João da Boa Vista

Para a coleta dos dados referentes à óbitos ocorridos em 2010, foi utilizada a tabela 2654 do SIDRA ([TABELA...](#), s.d.). Nela, há a possibilidade de obter a quantidade de

óbitos por faixa etária e óbitos de crianças menores de 1 ano, dados suficientes para esta seção.

Primeiramente, apresentaremos os resultados das Taxas Específicas de Mortalidade da cidade:

Faixas Etárias	População	Óbitos	$nTEM_x^j$
0 a 4 anos	4599	15	3.2615786
5 a 9 anos	5123	4	0.7807925
10 a 14 anos	6012	1	0.1663340
15 a 19 anos	6241	3	0.4806922
20 a 24 anos	6773	4	0.5905802
25 a 29 anos	6964	5	0.7179782
30 a 34 anos	6698	11	1.6422813
35 a 39 anos	6264	17	2.7139208
40 a 44 anos	6203	21	3.3854586
45 a 49 anos	6162	34	5.5176891
50 a 54 anos	5566	43	7.7254761
55 a 59 anos	4685	52	11.0992529
60 a 64 anos	3628	43	11.8522602
65 a 69 anos	2787	73	26.1930391
70 anos ou mais	5934	389	65.5544321

Tabela 9 – Taxas Específicas de Mortalidade por faixa etária da população de São João da Boa Vista, segundo Registro Civil de 2010

É possível percebermos que a mortalidade cai quando vamos de 0 até 9 anos, mantendo-se num nível estável até atingirmos a faixa etária dos 30 aos 34 anos. Com isso, a mortalidade volta a aumentar até atingir seu pico na faixa etária dos 70 anos ou mais, quando temos aproximadamente 65,5 mortes por mil pessoas com mais de 70 anos em São João da Boa Vista.

Taxa	Resultado
TBM	8.548644
TMI	16.077170

Tabela 10 – Taxa Bruta de Mortalidade e Taxa de Mortalidade Infantil de São João da Boa Vista, segundo Registro Civil de 2010

Segundo a tabela acima, temos que:

- A Taxa Bruta de Mortalidade nos diz que, no ano de 2010 em São João da Boa Vista, ocorreram aproximadamente 8,55 óbitos para cada mil habitantes. Este valor é próximo do apresentado por países como Suíça (8,49), Turquemenistão (8,6) e Estados Unidos (8,26) ([LISTA..., 2020](#));

- A Taxa de Mortalidade Infantil nos diz que, no ano de 2010 em São João da Boa Vista, ocorreram aproximadamente 16,07 óbitos para cada mil nascimentos. Este valor é próximo do apresentado por países como Panamá (16,00), Brasil (15,79) e México (15,16) ([LISTA... , 2020](#)).

Até agora, analisamos as dinâmicas de nascimentos e óbitos da cidade. No entanto, não é plausível que elas sejam as únicas presentes dentro do contexto socioeconômico dela: existem moradores dela que vieram de outros lugares, assim como pessoas nascidas nela passam a morar em outros lugares também. Assim, convém estudarmos os fenômenos migratórios de São João da Boa Vista.

### 3.3 Migração

O crescimento e desenvolvimento de cidades não acontece apenas através do nascimento e óbito de pessoas: ele se dá também por pessoas naturais de outras localidades que decidem estabelecer residência na cidade.

Infelizmente, é um fenômeno mais complexo de ser definido quantitativamente. Para este trabalho, no entanto, considerou-se como Imigrante e Emigrante, respectivamente:

- **Imigrante:** pessoa de 5 anos ou mais que não possuía residência contínua na cidade de São João da Boa Vista há, pelo menos, 5 anos antes da pesquisa (neste caso, desde 2005). Segundo o IBGE, este número em 2010 era de 4.741 pessoas ([PANORAMA:... , 2020](#));
- **Emigrante:** pessoa de 5 anos ou mais que possuía residência em São João da Boa Vista mas mudou-se nos últimos 5 anos antes da pesquisa (neste caso, 2005).

Infelizmente, o cálculo da quantidade de emigrantes de São João da Boa Vista é mais confuso. No entanto, podemos encontrar este valor se utilizarmos a equação básica da demografia, apresentada em [5](#)<sup>1</sup>:

$$\begin{aligned}
 P_{2010} &= P_{2005} + B_{2005-2010} - D_{2005-2010} + I_{2005-2010} - E_{2005-2010} \\
 E_{2005-2010} &= P_{2005} - P_{2010} + B_{2005-2010} - D_{2005-2010} + I_{2005-2010} \\
 &= 82549 - 83639 + 5162 - 3519 + 4741 \\
 &= 5654
 \end{aligned}$$

<sup>1</sup> Valores obtidos através das tabelas 631 (estimativa populacional de 2005), 2609 (nascimentos entre os anos de 2005 e 2010) e 2654 (óbitos entre os anos de 2005 e 2010) no SIDRA - IBGE

Com o número de emigrantes de São João da Boa Vista definido, podemos prosseguir com o cálculo de nossos indicadores.

### 3.3.1 Saldo Migratório

O Saldo Migratório é calculado da seguinte forma:

$$SM^j = I - E \quad (3.9)$$

Onde:

- $SM$  é o Saldo Migratório da cidade no ano de referência  $j$ ;
- $I$  é o número de imigrantes na cidade;
- $E$  é o número de emigrantes da cidade.

É o indicador mais simples apresentado aqui. Denota o balanço geral do fenômeno migratório na cidade: se for positivo, então a cidade cresceu devido ao fenômeno migratório; se for negativo, a cidade diminuiu devido ao fenômeno migratório. O valor resultante deste indicador é utilizado em outras taxas, como veremos adiante.

### 3.3.2 Taxa de Imigração

A Taxa de Imigração é calculada da seguinte forma:

$$TI^j = \frac{I}{P^j} \cdot 1000 \quad (3.10)$$

Onde:

- $TI^j$  é a Taxa de Imigração no ano de referência  $j$ ;
- $I$  é o número de imigrantes na cidade;
- $P^j$  é a população total da cidade no meio do ano  $j$ .

A TI é utilizada para calcular a quantidade de Imigrantes por mil habitantes, ou seja, a quantidade de pessoas que estabelecem moradia vindo de outros locais. Assim como foi definido no início desta seção, são tomados como referência os 5 anos anteriores à pesquisa, então o indicador comprehende pessoas que estabeleceram moradia num espaço menor de 5 anos na cidade.

### 3.3.3 Taxa de Emigração

A Taxa de Emigração é calculada da seguinte forma:

$$TE^j = \frac{E}{P^j} \cdot 1000 \quad (3.11)$$

Onde:

- $TE^j$  é a Taxa de Emigração no ano de referência  $j$ ;
- $E$  é o número de emigrantes da cidade;
- $P^j$  é a população total da cidade no meio do ano  $j$ .

A TE é utilizada para calcular a quantidade de Emigrantes por mil habitantes, ou seja, a quantidade de pessoas que estabelecem moradia em outros locais e saem da cidade referência. Assim como foi definido no início desta seção, são tomados como referência os 5 anos anteriores à pesquisa, então o indicador comprehende pessoas que estabeleceram moradia num espaço menor de 5 anos saindo da cidade.

### 3.3.4 Taxa de Migração Líquida

A Taxa de Migração Líquida é calculada da seguinte forma:

$$TMI^j = \frac{I - E}{P^j} \cdot 1000 = \frac{SM^j}{P^j} \cdot 1000 \quad (3.12)$$

Onde:

- $TMI^j$  é a Taxa de Migração Líquida para o ano de referência  $j$ ;
- $I$  é o número de imigrantes na cidade;

- $E$  é o número de emigrantes da cidade;
- $P^j$  é a população total da cidade no meio do ano  $j$ ;
- $SM^j$  é o saldo migratório para o ano de referência  $j$ .

A TMI mede, por mil habitantes, o quanto se perdeu ou ganhou no que diz respeito ao volume populacional. Ela pode ser apresentada em conjunto com os indicadores anteriormente apresentados aqui ou de forma isolada. Ela compreende um período de 5 anos anteriores à pesquisa do ano referência.

### 3.3.5 Índice de Eficácia Migratória

O Índice de Eficácia Migratória é calculado da seguinte forma:

$$IEM^j = \frac{I - E}{I + E} \quad (3.13)$$

Onde:

- $IEM^j$  é o Índice de Eficácia Migratória para o ano de referência  $j$ ;
- $I$  é o número de imigrantes na cidade;
- $E$  é o número de emigrantes da cidade.

O IEM é utilizado para compreender, numa escala de -1 até 1, se a cidade possui maior absorção ou evasão de pessoas: se for próximo de 1, significa que mais pessoas imigram para a cidade do que emigram para fora dela; se for próximo de -1, significa o contrário; se for próximo de 0, significa que a quantidade de imigrantes e emigrantes é bastante próxima.

### 3.3.6 Resultados para a cidade de São João da Boa Vista

A coleta dos dados referentes à imigrantes e emigrantes, como citado no início desta seção, foi feita com base no Panorama da Cidade de São João da Boa Vista, disponível no site do IBGE ([PANORAMA:..., 2020](#)). Os resultados obtidos foram:

Taxa	Resultado
$SM^j$	-913.0000000
$TI^j$	56.6840828
$TE^j$	67.6000430
$TML^j$	-10.9159603
$IEM^j$	-0.0878307

Tabela 11 – Resultados para taxas referentes à fenômenos migratórios de São João da Boa Vista no ano de 2010

Segundo os resultados obtidos, a cidade de São João da Boa Vista teve um balanço migratório negativo para o ano de 2010, “perdendo” 913 pessoas. Além disso, teve aproximadamente 53 imigrantes e 67 emigrantes por mil habitantes, com uma perda de aproximadamente 11 pessoas por mil habitantes devido à dinâmica migratória da cidade.

O resultado do Índice de Eficácia Migratória não deixa sobrar dúvidas: a cidade de São João da Boa Vista, no que diz respeito ao seu fenômeno migratório, perde pessoas para outras cidades do país e outros países do exterior.

Parte dos indicadores que tivemos aqui, além de úteis para compreender a qualidade de vida da população, podem ser utilizados para construir a Tábua de Vida, uma maneira eficiente de enxergarmos como a população se comporta frente às taxas de mortalidade que atingem-na ao longo de sua vida. Esta análise encontra-se a seguir.

# 4 Construção da Tábua de Vida

A Tábua de Vida (ou Tábua de Mortalidade) é um método muito utilizado quando queremos analisar os fenômenos de mortalidade aplicados à uma coorte fictícia, baseada na população de estudo. No nosso caso, é de interesse tomarmos como referência as taxas obtidas para a cidade de São João da Boa Vista no ano de 2010 para verificarmos como a população viveu.

Existem dois tipos básicos de Tábua de Vida que abrangem diversas aplicações: a Tábua de Vida Completa e a Tábua de Vida Abreviada. A Tábua de Vida Completa leva em conta faixas etárias em intervalos de um ano, enquanto que a outra leva em conta intervalos quinquenais: para este trabalho, levaremos em conta os intervalos quinquenais dado o esforço computacional empregado.

Para a aplicação dos conceitos aprendidos relativos à tábua de vida, iremos considerar uma coorte hipotética de 100.000 pessoas desde a sua data de nascimento até a idade de falecimento, mas não sem, antes, descrevermos todos os componentes presentes nesta metodologia. As definições utilizadas podem ser encontradas no material de sala e em material disponibilizado online pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais ([MONTEIRO; AMARAL, s.d.](#)).

## 4.1 Definição

A Tábua de Vida Abreviada, em resumo, consiste numa tabela que segue aproximadamente a forma descrita a seguir:

x	n	$n m_x$	$n q_x$	$l_x$	$n d_x$	$n L_x$	$T_x$	$e_x$	$n P_{x,x+n}$
0 anos	1			100.000					
1-4 anos	4								
5-9 anos	5								
10-14 anos	5								
15-19 anos	5								
20-24 anos	5								
25-29 anos	5								
30-34 anos	5								
35-39 anos	5								
40-44 anos	5								
45-49 anos	5								
50-54 anos	5								
55-59 anos	5								
60-64 anos	5								
65-69 anos	5								
70-74 anos	5								
75-79 anos	5								
80 anos ou mais	$\omega$	1							

Tabela 12 – Formato geral da Tábua de Vida Abreviada

Onde:

- $x$  é a idade da coorte num determinado espaço de tempo;
- $n$  é a amplitude do intervalo de idade da coorte;
- $n m_x$  é a Taxa de Mortalidade Específica da faixa etária  $[x, x + n]$ .
- $n q_x$  é a probabilidade de um indivíduo com idade  $x$  morrer antes de completar  $x + n$  anos;
- $l_x$  é o número de pessoas vivas ou sobreviventes à idade exata  $x$  (no nosso caso, o primeiro campo já está preenchido com o número inicial de pessoas em nossa coorte);
- $n d_x$  é o número de óbitos do grupo etário da coorte fictícia entre  $[x, x_n]$  anos;
- $n L_x$  é o número total de anos vividos pelos sobreviventes do grupo inicial entre as idades  $[x, x + n]$ . Em outras palavras, é o total de **pessoas-ano** na faixa etária;
- $T_x$  é o total de anos esperados que a coorte na faixa etária  $[x, x + n]$  viva até que se extingua totalmente;
- $e_x$  é a esperança de vida na idade  $x$ . Em outras palavras, é o número médio de anos que se espera que a pessoa na idade  $x$  viva:  $e_0$ , por exemplo, é a esperança de vida ao nascer;

- ${}_n P_{x,x+n}$  é a probabilidade de que o indivíduo no grupo etário  $[x, x_n)$  sobreviva ao ponto de atingir o grupo etário seguinte.

#### 4.1.1 ${}_n m_x$

O cálculo de  ${}_n m_x$  é bastante simples, devendo ser feito com auxílio dos dados reais obtidos através da análise da população:

$${}_n m_x = \frac{{}_n O_x}{{}_n P_x} \quad (4.1)$$

Onde:

- ${}_n O_x$  é o número de óbitos observados na faixa etária  $[x, x + n)$ ;
- ${}_n P_x$  é a população dentro da faixa etária  $[x, x + n)$ .

#### 4.1.2 ${}_n q_x$

O cálculo de  ${}_n q_x$  depende do resultado de  ${}_n m_x$  obtido. Assim, sua fórmula é dada por:

$${}_n q_x = \frac{n \cdot {}_n m_x}{1 + n \cdot (1 - {}_n a_x) \cdot {}_n m_x} \quad (4.2)$$

Onde:

- $n$  é a amplitude da faixa etária;
- ${}_n a_x$  é a fração de anos vividos, em média, no intervalo  $[x, x + n)$  por um indivíduo da idade  $x$  que morre antes de completar  $x + n$  anos. Ele é, no geral, dado por:
  - ${}_1 a_0 = 0.1$  no caso da nossa região, com baixa mortalidade infantil;
  - ${}_4 a_1 = 0.4$  para todas as regiões;
  - ${}_5 a_x = 0.5$  para todas as regiões e  $x \geq 5$ .

### 4.1.3 $_n d_x$

O cálculo de  $_n d_x$  segue a lógica de sua definição: para ele, precisamos do valor obtido de  $_n q_x$  obtido para sua respectiva faixa etária e a população da faixa etária fictícia  $l_x$ . A fórmula é definida da seguinte forma:

$$_n d_x = l_x \cdot _n q_x \quad (4.3)$$

Existem casos em que o resultado acima precise ser arredondado dado a natureza conceitual da variável. Neste trabalho, isto foi feito através da função `round()` do R.

### 4.1.4 $l_x$

O primeiro valor de  $l_x$ ,  $l_0$  no caso, é definido no início da análise: consiste no tamanho inicial de nossa coorte hipotética. No entanto, valores posteriores podem ser definidos através da seguinte fórmula:

$$l_{x+n} = l_x - _n d_x \quad (4.4)$$

### 4.1.5 $_n L_x$

Para o cálculo de  $_n L_x$ , precisamos do resultado de  $_n d_x$  e  $l_{x+n}$ , bem como o valor de  $_n a_x$  definido para a equação 4.2. Assim, sua fórmula pode ser definida como:

$$_n L_x = n \cdot (l_{x+n} + _n a_x \cdot _n d_x) \quad (4.5)$$

Para a última faixa etária, no entanto, é razoável utilizarmos a seguinte fórmula:

$$_\infty L_x = \frac{_\infty d_x}{_\infty m_x} \quad (4.6)$$

#### 4.1.6 $T_x$

O valor de  $T_x$  é calculado “de trás pra frente”: primeiro temos o valor dele para a última faixa etária, que é  $T_x = {}_nL_x$ . Para as faixas anteriores, basta calcularmos utilizando a seguinte fórmula:

$$T_x = T_{x+n} + {}_nL_x \quad (4.7)$$

#### 4.1.7 $e_x$

A fórmula utilizada para o cálculo de  $e_x$  é bastante simples, e precisamos apenas dos resultados obtidos para  $T_x$  e  $l_x$ :

$$e_x = \frac{T_x}{l_x} \quad (4.8)$$

#### 4.1.8 ${}_nP_{x,x+n}$

O cálculo de  ${}_nP_{x,x+n}$  é feito utilizando os resultados de  ${}_nL_x$ , e encontra-se definido a seguir:

$${}_nP_{x,x+n} = \frac{{}_nL_{x+n}}{{}_nL_x} \quad (4.9)$$

## 4.2 Tabela de Vida de São João da Boa Vista

Os dados utilizados para a realização desta seção encontram-se dispostos a seguir e foram retirados das Tabelas 2654 e 1378 do SIDRA no IBGE.

Faixa Etária	População	Óbitos
0	913	15
1	3686	0
5	5123	4
10	6012	1
15	6241	3
20	6773	4
25	6964	5
30	6698	11
35	6264	17
40	6203	21
45	6162	34
50	5566	43
55	4685	52
60	3628	43
65	2787	73
70	2283	75
75	1724	90
80	1927	224

Tabela 13 – População e Óbitos de 2010 em São João da Boa Vista, segundo IBGE

$x$	$n$	$n m_x$	$n q_x$	$l_x$	$n d_x$	$n L_x$	$T_x$	$e_x^0$	$n P_{x,x+n}$
0	1	0.01643	0.01619	100000	1619	98543	7420905	74.21	1.0000
1	4	0.00000	0.00000	98381	0	393524	7322362	74.43	1.0000
5	5	0.00078	0.00389	98381	383	490948	6928838	70.43	0.9976
10	5	0.00017	0.00085	97998	83	489782	6437890	65.69	0.9984
15	5	0.00048	0.00240	97915	235	488988	5948108	60.75	0.9973
20	5	0.00059	0.00295	97680	288	487680	5459120	55.89	0.9967
25	5	0.00072	0.00359	97392	350	486085	4971440	51.05	0.9941
30	5	0.00164	0.00817	97042	793	483228	4485355	46.22	0.9892
35	5	0.00271	0.01346	96249	1296	478005	4002127	41.58	0.9849
40	5	0.00339	0.01681	94953	1596	470775	3524122	37.11	0.9780
45	5	0.00552	0.02722	93357	2541	460432	3053347	32.71	0.9675
50	5	0.00773	0.03792	90816	3444	445470	2592915	28.55	0.9542
55	5	0.01110	0.05400	87372	4718	425065	2147445	24.58	0.9443
60	5	0.01185	0.05755	82654	4757	401378	1722380	20.84	0.9107
65	5	0.02619	0.12290	77897	9574	365550	1321002	16.96	0.8636
70	5	0.03285	0.15178	68323	10370	315690	955452	13.98	0.8119
75	5	0.05220	0.23087	57953	13380	256315	639762	11.04	-
80	$\omega$	0.11624	1.00000	44573	44573	383447	383447	8.60	-

Tabela 14 – Tabela de Vida da população de São João da Boa Vista com base nas taxas apresentadas em 2010

Com base na tabela acima, podemos notar que há um pico de mortes na faixa etária de 0 anos, mas que é seguido por diversas faixas etárias com mortalidade mais baixa.

As mortes voltam à subir ao nível de antes quando a coorte atinge a faixa dos 40 anos, sem voltar a cair novamente.

A faixa etária da coorte com o maior número de mortes, sem considerarmos a de 80 anos ou mais, é a de 75 à 79 anos, mas mais da metade da coorte chega à essa idade, com menos da metade da coorte sobrevivendo à ela. Se um dado indivíduo chega à idade de 75 anos, por exemplo, ele possui expectativa de viver mais 11 anos aproximadamente.

Nas faixas etárias iniciais, temos que a expectativa de vida ao nascer da população de São João da Boa Vista é de, aproximadamente, 74,2 anos. No entanto, se um indivíduo sobreviver à idade de 1 ano, sua expectativa de vida total sobrevive para 75,4 anos. Isso pode se dar pela taxa de mortalidade infantil encontrada na cidade.

A primeira maior queda de probabilidade de sobrevivência ocorre entre as faixas de 55 à 59 anos e 60 à 64 anos. Nesta última, um indivíduo possui probabilidade igual a 91,07% de sobreviver até a faixa etária dos 65 aos 69 anos.

Um último destaque vai para o comportamento da faixa etária de 1 ano à 4 anos: pelo fato dos dados terem mostrado que ocorreram 0 mortes nestas idades no ano de 2010, nosso indicador  $nm_x$  resultou num valor igual à 0. É plausível considerarmos, pelo menos, que as faixas etárias mais “novas” possuem mortalidade baixa, subindo para níveis maiores apenas quando o indivíduo da coorte atinge idades maiores do que 40 anos, por exemplo.

Agora, podemos analisar o crescimento da população de acordo com o tempo para entendermos seu crescimento. Isto será feito através de projeções, método empregado pelo IBGE para fomentar dados para planejamento de políticas públicas, por exemplo.

## 5 Projeção Populacional

É necessário para a elaboração de políticas públicas que se saiba o ritmo de crescimento de uma população. No Brasil (e certamente em outras partes do mundo) se utiliza um método estabelecido aqui pelo IBGE chamado de **Método das Componentes**. Ele consiste na utilização da famosa fórmula da Equação de Equilíbrio Populacional:

$$P_{(t+n)} = P_{(t)} + B_{(t,t+n)} - D_{(t,t+n)} + I_{(t,t+n)} - E_{(t,t+n)} \quad (5.1)$$

Onde:

- $P_{P_{(t+n)}}$  é a população do ano  $t+n$ ;
- $P_{(t)}$  é a população no ano  $t$ ;
- $B_{(t,t+n)}$  são os nascimentos ocorridos entre  $t$  e  $t+n$ ;
- $D_{(t,t+n)}$  são os óbitos ocorridos entre  $t$  e  $t+n$ ;
- $I_{(t,t+n)}$  são os imigrantes do período entre  $t$  e  $t+n$ ;
- $E_{(t,t+n)}$  são os emigrantes do período entre  $t$  e  $t+n$ ;
- $t$  é o ano inicial de estudo;
- $n$  é o tamanho do intervalo da projeção em anos.

A projeção utilizando o método dos componentes consiste em analisar as dinâmicas que afetam cada uma das variáveis mencionadas acima: taxas de natalidade, de mortalidade, saldos migratórios observados e esperados, entre outras. A projeção consiste numa espécie de regressão linear, prevendo a população do ano  $t+n$  com base em dados do ano  $t$  observados.

Existem alguns modelos matemáticos que podem ser utilizados para esta projeção. Eles encontram-se descritos a seguir, mas vale ressaltar: enquanto que aqui serão descritas as fórmulas que foram apresentados em sala, eles são obtidos através da análise de regressão dos dados, como descrito pelo IBGE ([PROJEÇÕES..., 2018](#)).

Para referência, utilizaremos as populações de São João da Boa Vista obtida no Censo de 2010 e as estimadas para 2015 e 2020 segundo o IBGE, na Tabela 6579 do SIDRA (População Residente Estimada) ([TABELA..., s.d.](#)):

$i$	$t_i$	$P_i$
0	2010	83.639
1	2015	89.027
2	2020	91.771

Tabela 15 – População de São João da Boa Vista para os anos de 2010, 2015 e 2020 segundo Censo de 2010 e projeções do IBGE

## 5.1 Projeção Aritmética

A Projeção Aritmética é a mais simples e direta das utilizadas neste trabalho. Ela consiste em assumirmos uma taxa de crescimento populacional constante, e geralmente é usada para projeções num espaço de tempo menor. Isto ocorre pelo fato de que a suposição de taxa constante não é realista na grande maioria das vezes.

O coeficiente da projeção aritmética é calculado da seguinte forma:

$$K_a = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0} \quad (5.2)$$

Onde:

- $P_0$  e  $t_0$  se referem, respectivamente, à população num certo ano e o ano propriamente dito;
- $P_2$  e  $t_2$  se referem, respectivamente, à população num certo ano e o ano propriamente dito, **dois períodos após o primeiro ano mencionado**.

A partir de dados conhecidos (como, por exemplo, os censos demográficos), é possível obtermos a projeção da população para anos futuro utilizando a seguinte fórmula:

$$P_t = P_0 + K_a \cdot (t - t_0) \quad (5.3)$$

Onde:

- $P_t$  é a população no ano de projeção  $t$ ;
- $P_0$  é a população do ano utilizado no cálculo do coeficiente  $K_a$ ;

- $t_0$  é o ano utilizado de referência no cálculo do coeficiente  $K_a$ ;
- $t$  é o ano para o qual queremos projetar a população.

Para o nosso caso, como definido pela Tabela 15, temos que o coeficiente é dado por:

$$\begin{aligned} K_a &= \frac{91771 - 83639}{2020 - 2010} \\ &= 813,2 \end{aligned}$$

Logo, a população projetada aritmeticamente do ano  $t$  é dada pela expressão:

$$P_t = 83639 + 813,2 \cdot (t - 2010)$$

## 5.2 Projeção Geométrica

A Projeção Geométrica é utilizada levando em conta uma taxa de crescimento populacional que aumenta de acordo com o tempo e com base no crescimento populacional dos anos fornecidos para o cálculo. É utilizada para períodos curtos de tempo, assim como a Projeção Aritmética.

O coeficiente da projeção geométrica é calculado da seguinte forma:

$$K_g = \frac{\log(P_2) - \log(P_0)}{t_2 - t_0} \quad (5.4)$$

Onde:

- $P_0$  e  $t_0$  se referem, respectivamente, à população num certo ano e o ano propriamente dito;
- $P_2$  e  $t_2$  se referem, respectivamente, à população num certo ano e o ano propriamente dito, **dois períodos após o primeiro ano mencionado**.

A partir de dados conhecidos, podemos projetar a população utilizando a seguinte fórmula:

$$P_t = P_0 \cdot \exp\{K_g \cdot (t - t_0)\} \quad (5.5)$$

Onde:

- $P_t$  é a população no ano de projeção  $t$ ;
- $P_0$  é a população do ano utilizado no cálculo do coeficiente  $K_g$ ;
- $t_0$  é o ano utilizado de referência no cálculo do coeficiente  $K_g$ ;
- $t$  é o ano para o qual queremos projetar a população.

Para o nosso caso, como definido pela Tabela 15, temos que o coeficiente é dado por:

$$\begin{aligned} K_g &= \frac{\log(91771) - \log(83639)}{2020 - 2010} \\ &= 0,009278643 \end{aligned}$$

Logo, a população projetada geometricamente é dada pela expressão:

$$P_t = 83639 \cdot \exp\{0,009278643 \cdot (t - 2010)\}$$

### 5.3 Taxa Decrescente de Crescimento

A projeção considerando uma Taxa Decrescente de Crescimento considera, na medida em que uma cidade cresce, ela possui taxa de crescimento que diminui com o tempo, como se ela saturasse. Assim, a população tende assintoticamente à um valor específico.

Os coeficientes utilizados para esta projeção, considerando taxa decrescente de crescimento, são dados por:

$$P_s = \frac{2 \cdot P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - P_1^2 \cdot (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - P_1^2} \quad (5.6)$$

$$K_d = \frac{-\log\left(\frac{P_s - P_2}{P_s - P_0}\right)}{t_2 - t_0} \quad (5.7)$$

Onde:

- $P_0$  e  $t_0$  se referem, respectivamente, à população num certo ano e o ano propriamente dito;
- $P_2$  e  $t_2$  se referem, respectivamente, à população num certo ano e o ano propriamente dito, **dois períodos após o primeiro ano mencionado**;
- $P_1$  se refere à contagem da população no meio do período entre  $t_2$  e  $t_0$ .

A partir de dados conhecidos, podemos projetar a população utilizando a seguinte fórmula:

$$P_t = P_0 + (P_s - P_0) \cdot (1 - \exp\{-K_d \cdot (t - t_0)\}) \quad (5.8)$$

Onde:

- $P_t$  é a população no ano de projeção  $t$ ;
- $P_0$  é a população do ano utilizado no cálculo do coeficiente  $K_d$ ;
- $t_0$  é o ano utilizado de referência no cálculo do coeficiente  $K_d$ ;
- $t$  é o ano para o qual queremos projetar a população.

Para o nosso caso, como definido pela Tabela 15, temos que os coeficientes são dados por:

$$\begin{aligned}
P_s &= \frac{2 \cdot 83639 \cdot 89027 \cdot 91771 - 89027^2 \cdot (83639 + 91771)}{82639 \cdot 91771 - 89027^2} \\
&= 94288,32 \\
K_d &= \frac{-\log\left(\frac{94288,32 - 91771}{94288,32 - 83639}\right)}{2020 - 2010} \\
&= 0,1442302
\end{aligned}$$

Logo, a população projetada com taxa decrescente de crescimento é dada pela expressão:

$$P_t = 83639 + (94288,32 - 83639) \cdot (1 - \exp\{-0,1442302 \cdot (t - 2010)\})$$

## 5.4 Crescimento Logístico

A Projeção de Crescimento Logístico é utilizada seguindo o mesmo conceito de saturação populacional presente na taxa decrescente de crescimento. No entanto, temos que a taxa de crescimento não decresce, mas estabelece uma curva em forma de S.

Para que ela seja utilizada, existem duas condições necessárias no que diz respeito às populações:  $P_0 < P_1 < P_2$  e  $P_0 \cdot P_2 < P_1^2$ . Os coeficientes para esta projeção são dados por:

$$P_s = \frac{2 \cdot P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - P_1^2 \cdot (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - P_1^2} \quad (5.9)$$

$$c = \frac{P_s - P_0}{P_0} \quad (5.10)$$

$$K_l = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \log\left(\frac{P_0 \cdot (P_s - P_1)}{P_1 \cdot (P_s - P_0)}\right) \quad (5.11)$$

Onde:

- $P_0$  se refere à população num certo ano de referência;
- $P_2$  e  $t_2$  se referem, respectivamente, à população num certo ano e o ano propriamente dito, **dois períodos após o primeiro ano mencionado**;
- $P_1$  e  $t_1$  se referem, respectivamente, à população num ano exatamente entre  $t_2$  e  $t_0$  e o ano propriamente dito;

A partir de dados conhecidos, podemos projetar a população utilizando a seguinte fórmula:

$$P_t = \frac{P_s}{1 + c \cdot \exp\{K_l \cdot (t - t_0)\}} \quad (5.12)$$

Onde:

- $P_t$  é a população no ano de projeção  $t$ ;
- $t_0$  é o ano utilizado de referência no cálculo do coeficiente  $K_l$ ;
- $t$  é o ano para o qual queremos projetar a população.

Para o nosso caso, como definido pela Tabela 15, temos que os coeficientes são dados por:

$$\begin{aligned} P_s &= \frac{2 \cdot 83639 \cdot 89027 \cdot 91771 - 89027^2 \cdot (83639 + 91771)}{82639 \cdot 91771 - 89027^2} \\ &= 94288,32 \\ c &= \frac{94288,32 - 83639}{83639} \\ &= 0,1273248 \\ K_l &= \frac{1}{2020 - 2015} \cdot \log \left( \frac{83639 \cdot (94288,32 - 89027)}{89027 \cdot (94288,32 - 83639)} \right) \\ &= -0,1535088 \end{aligned}$$

Logo, a população projetada com taxa de crescimento logístico é dada pela expressão:

$$P_t = \frac{94288,32}{1 + 0,1273248 \cdot \exp\{-0,1535088 \cdot (t - 2010)\}}$$

## 5.5 Comparação entre projeções

Para que as projeções sejam comparadas, além dos valores já obtidos para os anos de 2010, 2015 e 2020, iremos projetar a população de São João da Boa Vista para os anos de 2025 até 2060 em intervalos de 5 anos.

Os cálculos foram feitos com auxílio do R, e os resultados estão dispostos a seguir:

Ano	Aritmética	Geométrica	Taxa Decrescente	Logística
2025	95837	96128.86	93064.42	93102.94
2030	99903	100693.65	93693.27	93734.39
2035	103969	105475.21	93999.01	94030.40
2040	108035	110483.83	94147.66	94168.43
2045	112101	115730.29	94219.93	94232.63
2050	116167	121225.88	94255.07	94262.46
2055	120233	126982.44	94272.15	94276.32
2060	124299	133012.36	94280.46	94282.75

Tabela 16 – Projeção da população de São João da Boa Vista para 4 métodos distintos

É possível atestarmos que as projeções de Taxa Decrescente e Logística aumentam num ritmo muito menor do que as projeções Aritmética e Geométrica. Para que a visualização fique mais fácil, convém visualizarmos as informações através de um gráfico:

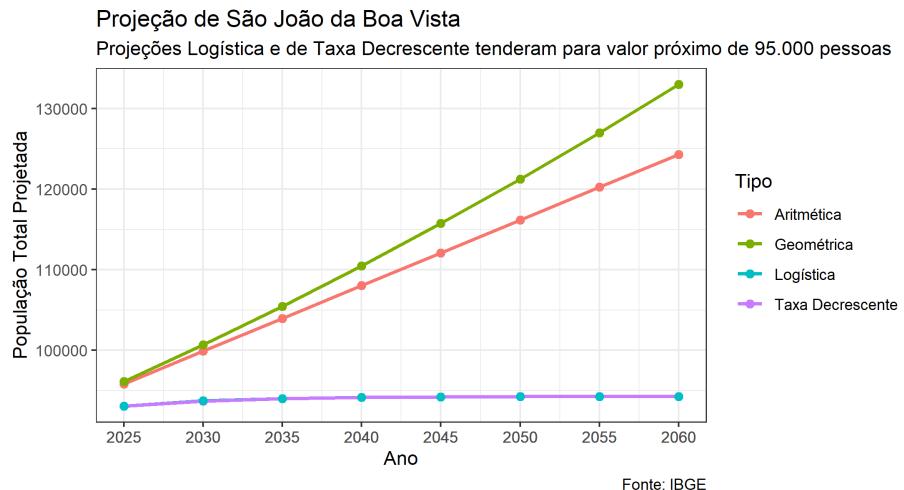


Figura 10 – Projeção populacional de São João da Boa Vista seguindo os 4 métodos definidos

É possível enxergarmos que as projeções aritmética e geométrica cresceram num ritmo muito mais acelerado de tal forma que a visualização do gráfico fica prejudicada. No entanto, é evidente o motivo de serem usadas apenas para intervalos curtos de tempo: o crescimento populacional não segue um ritmo desse ao longo de vários anos.

Seria mais realista, portanto, analisarmos as projeções do tipo com Taxa Decrescente e do tipo Logística de maneira isolada.

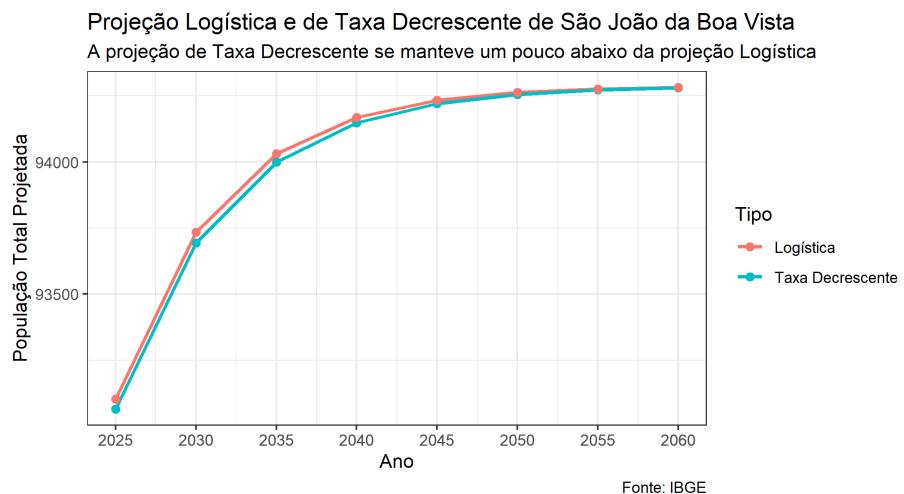


Figura 11 – Projeção populacional de São João da Boa Vista seguindo taxa decrescente e projeção logística

Como dito anteriormente, segundo os dois métodos do gráfico acima, temos uma saturação populacional quando se chega ao montante de aproximadamente 95.000 pessoas na cidade de São João da Boa Vista. Isto pode se dar eventualmente por diversos motivos, como falta de recursos para a acomodação da população, taxa de nascimentos baixa, etc.

A projeção com Taxa Decrescente apresenta valores um pouco mais baixos de tal forma que a diferença seja quase imperceptível perante os valores obtidos pela projeção logística. Apesar de serem mais realistas, não levam em conta outras questões que podem fazer com que a saturação populacional suba com o passar do tempo.

Após as análises feitas neste trabalho, convém computarmos a qualidade dos dados que foram coletados, no nosso caso, no Censo de 2010. Será que são confiáveis o bastante?

# 6 Qualidade dos Dados Utilizados

É comum, quando lidamos com coleta de dados que dependem da subjetividade vinda das pessoas entrevistadas, que haja a preocupação com a qualidade destes dados. É prática comum do IBGE, por exemplo, lidar com estas questões ao redigir perguntas cada vez menos ambíguas de forma que a possibilidade de erro é suprimida ao máximo.

Estamos falando da **preferência por idade**, quando uma pessoa “arredonda” sua idade para uma terminada em um dígito específico, na maior parte das vezes 0 ou 5. Podemos medir o quanto adequados estão os dados, levando este contexto em conta, realizando o cálculo do Índice de Whipple ou dos Coeficientes de Myers.

Além deles, podemos realizar um procedimento brevemente mencionado no início deste trabalho: a análise da Razão de Sexo ao Nascer. Ela consiste na avaliação da qualidade de registro de natalidade em determinado ano, e uma boa maneira de constatarmos se os registros de uma determinada localidade são confiáveis.

## 6.1 Índice de Whipple

### 6.1.1 Definição

Para o cálculo do Índice de Whipple, arbitrariamente utiliza-se como referência faixas etárias de 23 a 62 anos para computarmos a qualidade dos dados. Isto se dá pelo fato de que crianças e idosos são mais suscetíveis a outros tipos de erros que não a preferência por idades.

Com este contexto em mente, o índice é calculado através da seguinte equação:

$$\frac{\sum_{i=23}^{62} P_{\text{ou}_5}}{\frac{1}{5} \cdot \sum_{i=23}^{62} P_i} \cdot 100 = \frac{P_{25} + P_{30} + P_{35} + P_{40} + P_{45} + P_{50} + P_{55} + P_{60}}{\frac{1}{5} \cdot (P_{23} + P_{24} + P_{25} + \dots + P_{60} + P_{61} + P_{62})} \cdot 100 \quad (6.1)$$

Para que a avaliação da qualidade dos dados seja efetivamente realizada, as Nações Unidas estabeleceram uma escala que considera o valor final obtido. Ela vai de excelente (quando a qualidade dos dados está muito boa, desejável) até péssima (quando a qualidade dos dados precisa melhorar bastante).

Qualidade	Índice de Whipple
Excelente	menos de 105
Ótima	105 a 110
Razoável	110 a 125
Ruim	125 a 175
Péssima	175 e mais

Tabela 17 – Escala de Confiabilidade dos Dados segundo o Índice de Whipple

### 6.1.2 Resultados para a cidade de São João da Boa Vista

Os dados, novamente, foram obtidos no sistema SIDRA do IBGE através da tabela 1378 ([TABELA...](#), s.d.), levando em conta faixas etárias por idade dos 23 aos 62 anos. Os dados coletados estão dispostos a seguir:

Idade	População	Idade	População
23	1378	43	1162
24	1390	44	1233
25	1317	45	1331
26	1298	46	1265
27	1408	47	1242
28	1508	48	1162
29	1433	49	1162
30	1458	50	1251
31	1323	51	1094
32	1368	52	1081
33	1281	53	1080
34	1268	54	1060
35	1313	55	1019
36	1218	56	997
37	1282	57	929
38	1214	58	892
39	1237	59	848
40	1317	60	823
41	1213	61	742
42	1278	62	730

Tabela 18 – População de São João da Boa Vista, segundo Censo de 2010, por idade dos 23 aos 62 anos

Para o cálculo do Índice de Whipple, temos então:

$$\frac{\sum_{i=23}^{62} P_{ou\_5}}{\frac{1}{5} \cdot \sum_{i=23}^{62} P_i} \cdot 100 = \frac{1317 + 1458 + 1313 + 1317 + 1331 + 1251 + 1019 + 823}{\frac{1}{5} \cdot (1378 + 1390 + 1317 + \dots + 823 + 742 + 730)} \cdot 100 \\ = 103,235$$

Portanto, segundo a Tabela 17 e tendo em mente a natureza do Índice Whipple, temos que os dados coletados pelo Censo IBGE 2010 para a cidade de São João da Boa Vista possuem confiabilidade excelente. Em outras palavras, existem evidências de que não houve preferência por idades terminadas em 0 ou 5 no momento da coleta da idade da população.

## 6.2 Coeficientes de Myers

### 6.2.1 Definição

O cálculo dos Coeficientes de Myers nos serve para detectar se há alguma preferência por algum dígito específico. Diferente do Índice de Whipple, ele não serve apenas para idades terminadas em 0 ou 5.

O cálculo dos coeficientes é feito da seguinte forma:

$$M_i = (1 + i) \cdot {}_1P_{10+i} + 10 \cdot \sum_{j=2}^7 {}_1P_{j0+i} \quad (6.2)$$

Onde:

- $i$  denota o dígito específico, indo de 0 até 9;
- ${}_1P_{10+i}$  é a população do local de referência com  $10 + i$  anos;
- $\sum_{j=2}^7 {}_1P_{j0+i}$  é o somatório das populações do local de referência indo de  $20 + i$  anos de idade até  $70 + i$  anos, em intervalos de 10 anos.

Assim, podemos calcular a seguinte expressão:

$$M = \sum_{i=0}^9 M_i \quad (6.3)$$

Onde temos o somatório de todos os  $M_i$  calculados através da expressão 6.2. Assim, podemos avaliar a preferência por dígitos da seguinte forma:

- Se  $M_i/M > 0,1$ , existe preferência pelo dígito  $i$ ;
- Se  $M_i/M < 0,1$ , existe a repulsa ou fuga pelo dígito  $i$ .

### 6.2.2 Resultados para a cidade de São João da Boa Vista

Os dados utilizados, assim como no Índice de Whipple, foram obtidos através da Tabela 1378 no SIDRA - IBGE ([TABELA... , s.d.](#)) e estão dispostos a seguir:

Idade	População	Idade	População
10	1178	45	1331
11	1220	46	1265
12	1191	47	1242
13	1183	48	1162
14	1240	49	1162
15	1250	50	1251
16	1275	51	1094
17	1286	52	1081
18	1207	53	1080
19	1223	54	1060
20	1318	55	1019
21	1340	56	997
22	1347	57	929
23	1378	58	892
24	1390	59	848
25	1317	60	823
26	1298	61	742
27	1408	62	730
28	1508	63	671
29	1433	64	662
30	1458	65	629
31	1323	66	580
32	1368	67	527
33	1281	68	529
34	1268	69	522
35	1313	70	472
36	1218	71	423
37	1282	72	492
38	1214	73	452
39	1237	74	444
40	1317	75	410
41	1213	76	357
42	1278	77	358
43	1162	78	316
44	1233	79	283

Tabela 19 – População de São João da Boa Vista, segundo Censo de 2010, por idade dos 10 aos 79 anos

Para os dados da tabela acima, obtivemos os seguintes resultados:

Coeficiente	Resultado
$M_0$	67568
$M_1$	63790
$M_2$	66533
$M_3$	64972
$M_4$	66770
$M_5$	67690
$M_6$	66075
$M_7$	67748
$M_8$	67073
$M_9$	67080
$M$	665299

Tabela 20 – Resultados dos Coeficientes de Myers para cada dígito e total

Razão	Resultado
$M_0/M$	0.101
$M_1/M$	0.102
$M_2/M$	0.099
$M_3/M$	0.100
$M_4/M$	0.100
$M_5/M$	0.097
$M_6/M$	0.098
$M_7/M$	0.095
$M_8/M$	0.094
$M_9/M$	0.114

Tabela 21 – Razões dos Coeficientes de Myers para cada dígito

Temos que, segundo os valores obtidos, todos os resultados obtidos orbitam próximos de 0,1 com diferença apenas na terceira casa decimal, salvo o caso de idades terminadas em 9 que possui diferença na segunda casa.

Podemos afirmar, com segurança, que não houve preferência ou repulsa elevada por nenhum dos dígitos. Isto nos dá confiança de que os dados coletados pelo Censo de 2010 do IBGE para a cidade de São João da Boa Vista são confiáveis no quesito de preferência (ou arredondamento) por dígitos na declaração da idade.

## 6.3 Análise da Razão de Sexo ao Nascer

### 6.3.1 Definição

Temos, primeiramente, que a Razão de Sexo ao Nascer é dada por:

$$RSN = \frac{nascimentos\ masculinos}{nascimentos\ femininos} \cdot 100 \quad (6.4)$$

No entanto, existe a possibilidade de uma garantia de que os dados são confiáveis. Para isso, devemos computar o Intervalo de Confiança para a Razão de Sexo ao Nascer: para chegar a ele, devemos primeiro encontrar um IC com  $\gamma\%$  de nível de confiança para a proporção  $\hat{p}$  de nascimentos masculinos. Ele é dado por:

$$IC(\hat{p}, \gamma\%) = \left[ \hat{p} - z_{\frac{1-\gamma}{2}} \cdot \sqrt{\frac{\hat{p} \cdot (1 - \hat{p})}{n}}, \hat{p} + z_{\frac{1-\gamma}{2}} \cdot \sqrt{\frac{\hat{p} \cdot (1 - \hat{p})}{n}} \right] \quad (6.5)$$

Onde:

$$\hat{p} = \frac{nascimentos\ masculinos}{nascimentos\ totais} \quad (6.6)$$

$$LI = \hat{p} - z_{\frac{1-\gamma}{2}} \cdot \sqrt{\frac{\hat{p} \cdot (1 - \hat{p})}{n}} \quad (6.7)$$

$$LS = \hat{p} + z_{\frac{1-\gamma}{2}} \cdot \sqrt{\frac{\hat{p} \cdot (1 - \hat{p})}{n}} \quad (6.8)$$

Logo, o IC para a Razão de Sexo ao Nascer com  $\gamma\%$  de nível de confiança é dado por:

$$IC(RSN, \gamma\%) = \left[ \frac{LI}{1 - LI} \cdot 100, \frac{LS}{1 - LS} \cdot 100 \right] \quad (6.9)$$

Se o valor da RSN calculado através da expressão 6.4 estiver dentro do intervalo acima, então isso significa que os dados de registro de nascimentos são confiáveis.

### 6.3.2 Resultados para a cidade de São João da Boa Vista

Os dados utilizados podem ser obtidos através da Tabela 2609 da plataforma SIDRA do IBGE ([TABELA...](#), s.d.) e estão dispostos a seguir:

Sexo ao Nascer	Quantidade
Homem	486
Mulher	447
Total	933

Tabela 22 – Nascimentos no ano de 2010 em São João da Boa Vista por sexo

Os resultados obtidos foram:

$$RSN = 108,7248$$

$$IC(\hat{p}, 95\%) = [0.4888446, 0.552956]$$

$$IC(RSN, 95\%) = [95.63522, 123.6916]$$

Com 95% de confiança, o Intervalo de Confiança acima contém a Razão Populacional de Sexo ao Nascer. Em outras palavras, temos evidências de que os registros vitais relativos aos nascimentos ocorridos em São João da Boa Vista no ano de 2010 são confiáveis e podemos ficar tranquilos quanto à qualidade destes dados.

## 7 Conclusão

Podemos observar que São João da Boa Vista apresenta um padrão de vida distinto do que é tido como a média do Brasil de acordo com alguns indicadores, mas outros demonstram que isso nem sempre é verdade. No que diz respeito à expectativa de vida ao nascer, por exemplo, houve pouca diferença da média nacional (que é igual a 73,48 anos). Em indicadores como o Índice de Mortalidade Infantil, no entanto, o padrão municipal se mostrou um pouco mais elevado do que o nacional.

Foi possível atestarmos que a cidade possui mortalidade mais alta a partir de idades iguais a 40 anos, por exemplo, mas que uma boa parte dela chegou à idades mais avançadas. Em conjunto com o que é apresentado na introdução (e tendo em mente que o Saldo Migratório é negativo), podemos inferir que São João da Boa Vista é uma cidade que envelhecerá rapidamente com o passar dos anos.

Se os indicadores de fecundidade/natalidade nos indicam que existem poucos nascimentos, temos que o crescimento da cidade só pode se dar através de imigrações e de deslocamentos regionais. Ainda assim, com a saída de jovens para outras cidades em busca de melhores possibilidades de capacitação e emprego, a cidade pode entrar em declínio populacional no futuro: o crescimento estimado de 2010 para 2015 foi quase o dobro do estimado de 2015 para 2020. Pelas projeções, temos que isso significa uma saturação populacional próxima, talvez.

De resto, é interessante analisarmos como a dinâmica da cidade se contrasta com os grandes centros urbanos aos quais estamos acostumados. Os planos para os próximos anos, segundo o Plano Diretor 2050, é desenvolver a estrutura da cidade para que a qualidade de vida melhore. Isto não implica necessariamente no aumento da população, mas sim na garantia de estruturas básicas. É possível que os indicadores mostrados para o ano de 2010 apresentem melhora, mas uma análise mais aprofundada é requerida. Neste trabalho, por exemplo, indicadores de desigualdade não foram analisados tão a fundo para podermos bater o martelo e dizer se a cidade realmente possui uma boa qualidade de vida para todos ou se apenas possui grande disparidade socioeconômica.

O trabalho serviu de grande aprendizado ao trabalhar com aplicações que dificilmente veríamos em mais detalhes dentro da sala de aula. A análise de dados reais (em contrapartida com os que foram analisados em exercícios teóricos) deu profundidade essencial aos conceitos da matéria.

# Referências

- CALCULADORA do cidadão. [S.l.]: Banco Central do Brasil. Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADA0/publico/corrigirPorIndice.do?method=corrigirPorIndice>>.
- LISTA de países por Índice de Desenvolvimento Humano. [S.l.]: Wikimedia Foundation, mar. 2021. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista\\_de\\_pa%C3%ADses\\_por\\_%C3%8Dndice\\_de\\_Desenvolvimento\\_Humano](https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_pa%C3%ADses_por_%C3%8Dndice_de_Desenvolvimento_Humano)>.
- LISTA de países por índice de mortalidade. [S.l.]: Wikimedia Foundation, nov. 2020. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista\\_de\\_pa%C3%ADses\\_por\\_%C3%ADndice\\_de\\_mortalidade](https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_pa%C3%ADses_por_%C3%ADndice_de_mortalidade)>.
- LISTA de países por índice de mortalidade infantil. [S.l.]: Wikimedia Foundation, dez. 2020. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista\\_de\\_pa%C3%ADses\\_por\\_%C3%ADndice\\_de\\_mortalidade\\_infantil](https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_pa%C3%ADses_por_%C3%ADndice_de_mortalidade_infantil)>.
- LISTA de países por taxa de natalidade. [S.l.]: Wikimedia Foundation, mar. 2021. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista\\_de\\_pa%C3%ADses\\_por\\_taxa\\_de\\_natalidade](https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_pa%C3%ADses_por_taxa_de_natalidade)>.
- MONTEIRO, Antonio Miguel V.; AMARAL, Silvana. **Conceitos Básicos e Medidas em Demografia: Mortalidade e Esperança de Vida**. [S.l.]: Ministério de Ciência e Tecnologia. Disponível em: <[http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=ser457-cst310:aulas2017:17\\_demog2.pdf](http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=ser457-cst310:aulas2017:17_demog2.pdf)>.
- PANORAMA: São João da Boa Vista. [S.l.]: IBGE, 2020. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-joao-da-boa-vista/panorama>>.
- PESQUISA aponta São João da Boa Vista como melhor cidade para idosos. [S.l.]: Globo, mar. 2017. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/noticia/2017/03/pesquisa-aponta-sao-joao-da-boa-vista-como-melhor-cidade-para-idosos.html>>.
- PIRÂMIDE Etária - São João da Boa Vista (SP) - 2010. [S.l.]: IBGE, 2010. Disponível em: <[https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/webservice/frm\\_piramide.php?ano=2010&codigo=354910&corhomem=88C2E6&cormulher=F9C189&wmaxbarra=180](https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/webservice/frm_piramide.php?ano=2010&codigo=354910&corhomem=88C2E6&cormulher=F9C189&wmaxbarra=180)>.
- PROJEÇÕES da população: Brasil e unidades da federação: revisão 2018. 2 ed. [S.l.]: IBGE, 2018. 40 vol. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101597>>.

SÃO João da Boa Vista. [S.l.]: Wikimedia Foundation, abr. 2021. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/S%C3%A3o\\_Jo%C3%A3o\\_da\\_Boa\\_Vista](https://pt.wikipedia.org/wiki/S%C3%A3o_Jo%C3%A3o_da_Boa_Vista)>.

TABELA 1378: População residente, por situação do domicílio, sexo e idade, segundo a condição no domicílio e compartilhamento da responsabilidade pelo domicílio. [S.l.]: IBGE. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1378>>.

TABELA 2069: Nascidos vivos, por ano de nascimento, grupos de idade da mãe na ocasião do parto, sexo e lugar de residência da mãe. [S.l.]: IBGE. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/2609>>.

TABELA 2654: Óbitos, ocorridos no ano, por mês de ocorrência, natureza do óbito, sexo, idade, local de ocorrência e lugar de residência do falecido. [S.l.]: IBGE. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/2654>>.

TABELA 6579: População Residente Estimada. [S.l.]: IBGE. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6579>>.

TAXA de fecundidade. [S.l.]: Wikimedia Foundation, jun. 2021. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Taxa\\_de\\_fecundidade](https://pt.wikipedia.org/wiki/Taxa_de_fecundidade)>.

# APÊNDICE A – Códigos

Os códigos aqui disponibilizados também se encontram num repositório do GitHub de fácil acesso. Caso for necessário, é possível obter as diferentes versões dos trabalhos feitas ao longo de seu desenvolvimento: [você pode acessá-lo aqui!](#)

## A.1 Análise da População

### A.1.1 Análise da População por Estratos

```
library(ggplot2)

# Religião

lab_religiao <- c("Sem Religião", "Católica Apostólica Romana",
                  "Espírita", "Evangélica", "Testemunhas de Jeová",
                  "Outras Crenças")

qtd_religiao <- c(3597, 57818, 3217, 16359, 1021,
                  35+11+46+41+80+163+351+33+9+49+60+15+144+482+167)

tabela_religiao <- data.frame(lab_religiao, qtd_religiao)

ggplot(data=tabela_religiao, aes(x=lab_religiao, y=qtd_religiao,
                                    fill=lab_religiao, label=qtd_religiao))+
  geom_bar(stat="identity")+
  coord_flip()+
  labs(x="", y="Quantidade",
       title="População de São João da Boa Vista por Religião",
       subtitle="A esmagadora maioria é da Igreja Católica Apostólica Romana",
       caption="Fonte: Censo IBGE 2010")+
  geom_text()+
  guides(fill=FALSE)+
  theme_bw()

ggsave("imagens/tabela-relig.png", dpi=300)
```

```
# Gênero
```

```
lab_genero <- c("Masculino", "Feminino")  
  
qtd_genero <- c(2451+2560+3054+3201+3406+3469+6376+5884+4842+2935+2367,  
                2132+2563+2958+3040+3367+3495+6586+6481+5409+3480+3582)
```

```
tabela_genero <- data.frame(lab_genero, qtd_genero)
```

```
ggplot(data=tabela_genero, aes(x=lab_genero, y=qtd_genero,  
                                 fill=lab_genero, label=qtd_genero))+  
  geom_bar(stat="identity") +  
  coord_flip() +  
  labs(x="", y="Quantidade",  
       title="População de São João da Boa Vista por Gênero",  
       subtitle="Há pouca diferença entre mulheres e homens",  
       caption="Fonte: Censo IBGE 2010") +  
  geom_text() +  
  guides(fill=FALSE) +  
  theme_bw()
```

```
ggsave("imagens/tabela-gen.png", dpi=300)
```

```
# Rendimento
```

```
lab_rend <- c("Sem Rendimento", "< 1/4 de Salário Mínimo",  
            "1/4 < e <1/2 Salário Mínimo", "1/2 < e <1 Salário Mínimo",  
            "1 < e <2 Salários Mínimos", "2 < e <3 Salários Mínimos",  
            "3 < e <5 Salários Mínimos", "5 < e <10 Salários Mínimos",  
            "10 < e <15 Salários Mínimos", "15 < e <20 Salários Mínimos",  
            "20 < e <30 Salários Mínimos", "Mais de 30 Salários Mínimos")
```

```
qtd_rend <- c(18939, 1523, 1431, 11894, 20492, 7990, 5983, 3679,  
             928, 469, 285, 319)
```

```
tabela_rend <- data.frame(lab_rend, qtd_rend)
```

```
tabela_rend$lab_rend <- factor(tabela_rend$lab_rend,  
                                 levels = lab_rend)
```

```
ggplot(data=tabela_rend, aes(x=lab_rend, y=qtd_rend,
                               fill=lab_rend, label=qtd_rend))+  
  geom_bar(stat="identity") +  
  coord_flip() +  
  labs(x="", y="Quantidade",  
       title="São João da Boa Vista por Rendimento Médio Mensal",  
       subtitle="Maior parte da população não recebe mais do que 2 Salários Mínimos",  
       caption="Fonte: Censo IBGE 2010") +  
  geom_text() +  
  guides(fill=FALSE) +  
  theme_bw()  
  
ggsave("imagens/tabela-rend.png", dpi=300)  
  
# Escolaridade  
  
lab_escola <- c("Sem Instrução/Fundamental Incompleto",  
               "Ensino Médio Incompleto", "Superior Incompleto",  
               "Superior Completo", "Não Determinado")  
  
qtd_escola <- c(30345, 14191, 19090, 9961, 346)  
  
tabela_escola <- data.frame(lab_escola, qtd_escola)  
  
tabela_escola$lab_escola <- factor(tabela_escola$lab_escola,  
                                      levels = lab_escola)  
  
ggplot(data=tabela_escola, aes(x=lab_escola, y=qtd_escola,
                                 fill=lab_escola, label=qtd_escola)) +  
  geom_bar(stat="identity") +  
  coord_flip() +  
  labs(x="", y="Quantidade",  
       title="População de São João da Boa Vista por Escolaridade",  
       subtitle="A maioria não completou o Ensino Fundamental",  
       caption="Fonte: Censo IBGE 2010") +  
  geom_text() +  
  guides(fill=FALSE) +  
  theme_bw()
```

```
ggsave("imagens/tabela-escola.png", dpi=300)
```

### A.1.2 Razão de Sexos

```
library(ggplot2)

label_faixas <- c("0-4", "5-9", "10-14", "15-19", "20-24", "25-29",
                  "30-34", "35-39", "40-44", "45-49", "50-54",
                  "55-59", "60-64", "65-69", "70+")

# Razao de Sao Joao da Boa Vista

pop_m_sjbv <- c(2369,2560,3054,1914+1287,3406,3469,3295,3081,
                 2989,2895,2687,2155,1726,1260,2399)

pop_f_sjbv <- c(2230,2563,2958,1897+1143,3367,3495,3403,3183,
                 3214,3267,2879,2530,1902,1527,3535)

pop_tot_sjbv <- pop_m_sjbv+pop_f_sjbv

rs_sjbv <- round(pop_m_sjbv/pop_f_sjbv * 100, digits = 2)

# Razao de Espirito Santo do Pinhal

pop_m_pinhal <- c(1166,1331,1624,1035+657,1767,1707,1647,1573,
                   1497,1439,1302,1030,891,614,1227)

pop_f_pinhal <- c(1148,1269,1658,964+671,1759,1698,1591,1603,
                   1677,1480,1396,1161,950,706,1669)

pop_tot_pinhal <- pop_m_pinhal + pop_f_pinhal

rs_pinhal <- round(pop_m_pinhal/pop_f_pinhal * 100, digits = 2)

# Razao de Aguai

pop_m_aguai <- c(1170,1146,1391,906+565,1533,1540,1342,1095,
                  1081,1040,933,736,620,382,737)
```

```
pop_f_aguai <- c(1127,1156,1271,821+548,1370,1441,1197,1145,
                 1090,1003,947,777,645,407,986)

pop_tot_aguai <- pop_m_aguai + pop_f_aguai

rs_aguai <- round(pop_m_aguai/pop_f_aguai * 100, digits = 2)

# Definindo Tabelas
##Sao Joao

tabela_sjbv <- knitr::kable(data.frame(label_faixas,
                                         pop_m_sjbv, pop_f_sjbv,
                                         pop_tot_sjbv, rs_sjbv),
                               col.names= c("Faixa Etária",
                                           "Masculina", "Feminina",
                                           "Total", "Razão de Sexos"),
                               "latex")

##Pinhal

tabela_pinhal <- knitr::kable(data.frame(label_faixas,
                                             pop_m_pinhal, pop_f_pinhal,
                                             pop_tot_pinhal, rs_pinhal),
                                 col.names= c("Faixa Etária",
                                             "Masculina", "Feminina",
                                             "Total", "Razão de Sexos"),
                                 "latex")

##Aguai

tabela_aguai <- knitr::kable(data.frame(label_faixas,
                                         pop_m_aguai, pop_f_aguai,
                                         pop_tot_aguai, rs_aguai),
                               col.names= c("Faixa Etária",
                                           "Masculina", "Feminina",
                                           "Total", "Razão de Sexos"),
                               "latex")
```

```
#####
# grafico ggplot tidy

Cidade <- c(rep("São João da Boa Vista", 15),
            rep("Espírito Santo do Pinhal", 15),
            rep("Aguaiá", 15))

faixas_etarias <- factor(label_faixas,
                           levels = label_faixas)

razoes_sexo <- c(rs_sjbv, rs_pinhal, rs_aguai)

tabela_graph <- data.frame(Cidade, faixas_etarias, razoes_sexo)

ggplot(data=tabela_graph, aes(x=faixas_etarias, y=razoes_sexo,
                               color=Cidade, group=Cidade))+

  geom_line(size=1)+

  geom_hline(yintercept=100, color="red", size=0.5)+

  geom_point(size=2)+

  theme(axis.text.x = element_text(angle=90, hjust=1))+

  labs(x="Faixas Etárias", y="Razão de Sexos",
       title="Razão de Sexo por Faixas Etárias da Região",
       subtitle="São João da Boa Vista demonstrou razão menor em Faixas Etárias ava",
       caption="Fonte: Censo IBGE 2010")

ggsave("imagens/razao-linhas.png", dpi=300)
```

## A.2 Taxas e Indicadores

### A.2.1 Natalidade, Fecundidade e Reprodução

```
taxa_bruta_natalidade <- function(nascidos_vivos, populacao_total){

  # Esta função toma um valor correspondendo ao num. total de nascidos
  # vivos e um valor correspondendo a pop. total

  taxa <- nascidos_vivos/populacao_total * 1000

  return(taxa)
}

taxa_fecundidade_geral <- function(nascidos_vivos, populacao_f_15_49_anos){
```





```

knitr::kable(tabela_taxes_especificas,
             col.names = c("Faixas Etárias",
                           "População Feminina",
                           "Nascidos Vivos",
                           "Nascidos Vivos (F)",
                           "TEF geral",
                           "TEF f"), "latex")

# Agora, apresentando o restante dos resultados

taxas <- c("TBN", "TFG", "TFT", "TBR")
resultados <- c(TBN, TFG, TFT, TBR)

tabela_resultados_natalidade <- data.frame(taxas, resultados)

knitr::kable(tabela_resultados_natalidade,
             col.names = c("Taxa", "Resultado"), "latex")

```

### A.2.2 Mortalidade

```

taxa_bruta_mortalidade <- function(total_obitos, pop_total){
  # Esta função toma como entrada o valor do total de óbitos e
  # a população total.
  taxa <- total_obitos/pop_total * 1000
  return(taxa)
}

taxa_especifica_mortalidade <- function(vetor_obitos, vetor_pop){
  # Esta função toma como entrada o vetor com óbitos de acordo com
  # cada faixa etária e a população dessas faixas
  vetor_taxa <- vetor_obitos/vetor_pop * 1000
  return(vetor_taxa)
}

taxa_mortalidade_infantil <- function(nascidos_vivos, obitos_de_0a1_anos){
  # Esta função toma como entrada o total de nascidos vivos no ano
  # e o número de óbitos de crianças entre 0 e 1 ano no mesmo período
  taxa <- obitos_de_0a1_anos/nascidos_vivos * 1000
  return(taxa)
}

```

```
}
```

```
#Definindo dados segundo IBGE
```

```
vetor_pop_sjbv <- c(4599,5123,6012,3811+2430,6773,6964,6698,  
6264,6203,6162,5566,4685,3628,2787,5934)
```

```
vetor_obitos_sjbv <- c(15,4,1,3,4,5,11,17,21,34,43,52,43,73,  
75+90+95+129)
```

```
nascidos_vivos <- c(115, 212, 263, 215, 102, 25, 1)
```

```
obitos_de_0a1_ano_sjbv <- 15
```

```
## Calculo da Taxa Bruta de Mortalidade
```

```
TBM <- taxa_bruta_mortalidade(sum(vetor_obitos_sjbv),  
sum(vetor_pop_sjbv))
```

```
## Calculo das Taxas Especificas de Mortalidade
```

```
TEM_vetor <- taxa_especifica_mortalidade(vetor_obitos_sjbv,  
vetor_pop_sjbv)
```

```
## Calculo da Mortalidade Infantil
```

```
TMI <- taxa_mortalidade_infantil(sum(nascidos_vivos),  
obitos_de_0a1_ano_sjbv)
```

```
## Organizando dados em tabela
```

```
faixas_etarias <- c("0 a 4 anos", "5 a 9 anos", "10 a 14 anos",  
"15 a 19 anos", "20 a 24 anos", "25 a 29 anos",  
"30 a 34 anos", "35 a 39 anos", "40 a 44 anos",  
"45 a 49 anos", "50 a 54 anos", "55 a 59 anos",  
"60 a 64 anos", "65 a 69 anos", "70 anos ou mais")
```

```
tabela_taxas_específicas_mortalidade <- data.frame(faixas_etarias,
```

```

vetor_pop_sjbv,
vetor_obitos_sjbv,
TEM_vetor)

knitr::kable(tabela_taxes_especificas_mortalidade,
             col.names = c("Faixas Etárias",
                           "População",
                           "Óbitos",
                           "TEM"),
             "latex")

taxas <- c("TBM", "TMI")

valores <- c(TBM, TMI)

tabela_taxes_mortalidade <- data.frame(taxas, valores)

knitr::kable(tabela_taxes_mortalidade,
             col.names = c("Taxa", "Resultado"), "latex")

```

### A.2.3 Migração

```

saldo_migratorio <- function(i, e){
  saldo <- i - e
  return(saldo)
}

taxa_imigracao <- function(i, pop){
  taxa <- i/pop * 1000
  return(taxa)
}

taxa_emigracao <- function(e, pop){
  taxa <- e/pop * 1000
  return(taxa)
}

taxa_migracao_liquida <- function(i, e, pop){
  taxa <- (i-e)/pop * 1000
}

```

```
    return(taxa)
}

indice_eficacia_migratoria <- function(i, e){
  indice <- (i-e)/(i+e)
  return(indice)
}

# Definindo dados conhecidos:

imigrantes <- 4741
emigrantes <- 5654
pop_total_sjbv <- 83639

#Calculando taxas

SM <- saldo_migratorio(imigrantes, emigrantes)

TI <- taxa_imigracao(imigrantes, pop_total_sjbv)

TE <- taxa_emigracao(emigrantes, pop_total_sjbv)

TML <- taxa_migracao_liquida(imigrantes, emigrantes, pop_total_sjbv)

IEM <- indice_eficacia_migratoria(imigrantes, emigrantes)

# Apresentando resultados

nome_taxa <- c("SM", "TI", "TE", "TML", "IEM")

valor_taxa <- c(SM, TI, TE, TML, IEM)

tabela_migracao <- data.frame(nome_taxa, valor_taxa)

knitr::kable(tabela_migracao, col.names = c("Taxa", "Resultado"),
             "latex")
```

### A.3 Tábua de Vida

```
# Definindo função para nmx

nmx <- function(vetor_pop, vetor_morte){
  result <- vetor_morte/vetor_pop
  result <- round(result, digits=5)
  return(result)
}

# Definindo função para nqx

nqx <- function(vetor_pop, vetor_morte){
  ob <- nmx(vetor_pop, vetor_morte)
  a <- c(0.1, 0.4, 0.5)
  n_q_x <- c((1*ob[1])/(1+1*(1-a[1])*ob[1]),
              (4*ob[2])/(1+4*(1-a[2])*ob[2]))
  for (ii in 3:17) {
    n_q_x <- c(n_q_x, (5*ob[ii])/(1+5*(1-a[3])*ob[ii]))
  }
  n_q_x <- c(n_q_x, 1)
  n_q_x <- round(n_q_x, digits=5)
  return(n_q_x)
}

# Definindo função para ndx e lx

ndx_lx <- function(vetor_pop, vetor_morte, l){
  coort <- c(l)
  nqx <- nqx(vetor_pop, vetor_morte)
  n_d_x <- NULL
  for (ii in 2:18) {
    n_d_x <- c(n_d_x, round(coort[ii-1]*nqx[ii-1]))
    coort <- c(coort, coort[ii-1]-n_d_x[ii-1])
  }
  n_d_x <- c(n_d_x, coort[18])
  result <- data.frame(lx=coort, ndx=n_d_x)
  return(result)
}
```

```
# Definindo funcao para Lx

Lx <- function(vetor_pop, vetor_morte, l){
  vec <- ndx_lx(vetor_pop, vetor_morte, l)
  lx <- vec$lx
  ndx <- vec$ndx
  a <- c(0.1, 0.4, 0.5)
  L_x <- c(round(1*(lx[2]+a[1]*ndx[1])), 
            round(4*(lx[3]+a[2]*ndx[2])))
  for (ii in 3:17) {
    L_x <- c(L_x, round(5*(lx[ii+1]+a[3]*ndx[ii])))
  }
  L_x <- c(L_x, round(ndx[18]/(vetor_morte[18]/vetor_pop[18])))
  return(L_x)
}

#Definindo funcao para Tx

Tx <- function(vetor_pop, vetor_morte, l){
  Lx <- Lx(vetor_pop, vetor_morte, l)
  T_x <- c(Lx[18])
  for (ii in 17:1) {
    T_x <- c(T_x[1]+Lx[ii],T_x)
  }
  return(T_x)
}

# Definindo funcao para espx

espx <- function(vetor_pop, vetor_morte, l){
  lx <- ndx_lx(vetor_pop, vetor_morte, l)
  lx <- lx$lx
  Tx <- Tx(vetor_pop, vetor_morte, l)
  e_x <- round(Tx/lx, digits=2)
  return(e_x)
}

# Definindo funcao para Px,x+n
```

```

npx <- function(vetor_pop, vetor_morte, l){
  Lx <- Lx(vetor_pop, vetor_morte, l)
  n_p_x <- NULL
  for (ii in 1:17) {
    n_p_x <- c(n_p_x, (Lx[ii+1]/Lx[ii]))
  }
  n_p_x <- round(n_p_x, digits = 4)
  n_p_x[1] <- n_p_x[2] <- 1
  n_p_x[length(n_p_x)] <- NA
  n_p_x <- c(n_p_x, NA)
  return(n_p_x)
}

# Juntando todas as funcoes numa funcao para calcular a tabela de vida

tabela_vida <- function(vetor_pop, vetor_morte, l){
  x <- c(0, 1, seq(5, 80, 5))
  n <- c(1, 4, rep(5,15), "omega")
  nmx <- nmx(vetor_pop, vetor_morte)
  nqx <- nqx(vetor_pop, vetor_morte)
  ndxlx <- ndx_lx(vetor_pop, vetor_morte, l)
  lx <- ndxlx$lx
  ndx <- ndxlx$ndx
  Lx <- Lx(vetor_pop, vetor_morte, l)
  Tx <- Tx(vetor_pop, vetor_morte, l)
  ex <- espx(vetor_pop, vetor_morte, l)
  npx <- npx(vetor_pop, vetor_morte, l)
  #Apresentando resultado
  tabela_result <- data.frame(x, n, nmx, nqx, lx, ndx, Lx, Tx, ex, npx)
  return(tabela_result)
}

##### Usando dados conhecidos

vetor_obitos <- c(15,0,4,1,3,4,5,11,17,21,34,43,52,43,73,75,90,95+129)
vetor_povo <- c(913, 4599-913,5123,6012,3811+2430,6773,6964,6698,
               6264,6203,6162,5566,4685,3628,2787,2283,1724,
               1727+198+2)

```

```

faixa_etaria <- c("0", "1", as.character(seq(5, 80, 5)))

tabela_apresentacao <- data.frame(faixa_etaria, vetor_povo, vetor_obitos)

knitr::kable(tabela_apresentacao,
             col.names = c("Faixa Etária", "População", "Óbitos"),
             "latex")

## Calculando tabela de vida e criando arquivo csv para referencia

tabela_de_vida <- tabela_vida(vetor_povo, vetor_obitos, 100000)

readr::write_csv2(tabela_de_vida, file="tabelas/tabela-vida-sjbv.csv")

## Apresentando tabela de vida

knitr::kable(tabela_de_vida, "latex")

```

## A.4 Projeção Populacional

```

projecao_aritmetica <- function(p0,p2,t0,t2,t_proj){
  K_a <- (p2 - p0)/(t2-t0)
  print(K_a)
  pop_estimada <- p0 + K_a * (t_proj - t0)
  return(pop_estimada)
}

projecao_geometrica <- function(p0,p2,t0,t2,t_proj){
  K_g <- (log(p2) - log(p0))/(t2-t0)
  print(K_g)
  pop_estimada <- p0 * exp(K_g * (t_proj - t0))
  return(pop_estimada)
}

projecao_decrecente <- function(p0,p1,p2,t0,t2,t_proj){
  P_s <- (2*p0*p1*p2 - p1^2 * (p0+p2))/(p0*p2 - p1^2)
  print(P_s)
  K_d <- (-log((P_s - p2)/(P_s - p0)))/(t2 - t0)
  print(K_d)
}

```

```
pop_estimada <- p0 + ((P_s - p0)*(1 - exp(-K_d*(t_proj - t0))))  
return(pop_estimada)  
}  
  
projecao_logistica <- function(p0,p1,p2,t0,t1,t2,t_proj){  
  P_s <- (2*p0*p1*p2 - p1^2 * (p0+p2))/(p0*p2 - p1^2)  
  print(P_s)  
  c <- (P_s - p0)/p0  
  print(c)  
  K_l <- (1/(t2 - t1))*log((p0*(P_s - p1))/(p1*(P_s - p0)))  
  print(K_l)  
  pop_estimada <- P_s/(1 + (c*exp(K_l*(t_proj - t0))))  
  return(pop_estimada)  
}  
  
#Definindo dados observados  
  
pop_2010 <- 83639  
t0 <- 2010  
  
pop_2015 <- 89027  
t1 <- 2015  
  
pop_2020 <- 91771  
t2 <- 2020  
  
vetor_pop <- c(pop_2010, pop_2015, pop_2020)  
  
vetor_anos <- c(seq(2025, 2060, 5))  
  
#Calculando estimativas para cada ano e cada projecao especifica  
  
proj_arit <- proj_geo <- proj_dec <- proj_log <- NULL  
  
for (ii in vetor_anos) {  
  proj_arit <- c(proj_arit,  
                 projecao_aritmetica(pop_2010, pop_2020, t0, t2, ii))  
  proj_geo <- c(proj_geo,  
                 projecao_geometrica(pop_2010, pop_2020, t0, t2, ii))
```

```
proj_dec <- c(proj_dec,
               projecao_decrecente(pop_2010, pop_2015, pop_2020, t0, t2, ii))
proj_log <- c(proj_log,
               projecao_logistica(pop_2010, pop_2015, pop_2020, t0, t1, t2, ii))
}

# Apresentando resultados em tabela

tabela_anos <- data.frame(vetor_anos,
                            proj_arit,
                            proj_geo,
                            proj_dec,
                            proj_log)

knitr::kable(tabela_anos,
             col.names = c("Ano", "Aritmética", "Geométrica",
                           "Taxa Decrescente", "Projeção Logística"),
             "latex")

# Apresentando resultados em grafico

library(ggplot2)

## Arrumando dados em formato tidy

Tipo <- c(rep("Aritmética", 8), rep("Geométrica", 8),
          rep("Taxa Decrescente", 8), rep("Logística", 8))

valores_proj <- c(proj_arit, proj_geo, proj_dec, proj_log)

anos <- rep(vetor_anos, 4)

tabela_grafico_tidy <- data.frame(Tipo,
                                      valores_proj,
                                      anos)

ggplot(data=tabela_grafico_tidy, aes(x=anos, y=valores_proj,
                                         group=Tipo, color=Tipo))+  
geom_line(size=1)+
```

```
geom_point(size=2)+  
scale_x_continuous(breaks=anos)+  
labs(x="Ano", y="População Total Projetada",  
title="Projeção de São João da Boa Vista",  
subtitle="Projeções Logística e de Taxa Decrescente tenderam para valor próximo",  
caption="Fonte: IBGE")+  
theme_bw()  
  
ggsave("imagens/proj-completa.png", dpi=300)  
  
#Grafico para projecao logistica e taxa decrescente apenas  
  
##Arrumando dados  
  
Tipo <- c(rep("Taxa Decrescente", 8), rep("Logística", 8))  
  
valores_proj <- c(proj_dec, proj_log)  
  
anos <- rep(vetor_anos, 2)  
  
tabela_grafico_tidy <- data.frame(Tipo,  
valores_proj,  
anos)  
  
ggplot(data=tabela_grafico_tidy, aes(x=anos, y=valores_proj,  
group=Tipo, color=Tipo))+  
geom_line(size=1)+  
geom_point(size=2)+  
scale_x_continuous(breaks=anos)+  
labs(x="Ano", y="População Total Projetada",  
title="Projeção Logística e de Taxa Decrescente de São João da Boa Vista",  
subtitle="A projeção de Taxa Decrescente se manteve um pouco abaixo da projeção Logística",  
caption="Fonte: IBGE")+  
theme_bw()  
  
ggsave("imagens/proj-dec-log.png", dpi=300)
```

## A.5 Qualidade dos Dados Utilizados

### A.5.1 Índice de Whipple

```

indice_whipple <- function(vetor_p25atep60, vetor_p23atep62){
  indice <- sum(vetor_p25atep60)/(0.2 * sum(vetor_p23atep62)) * 100
  return(indice)
}

faixa_etaria <- as.character(23:62)

vetor_p25atep60 <- c(1317,1458,1313,1317,1331,1251,1019,823)

vetor_p23atep62 <- c(1378,1390,1317,1298,1408,1508,1433,1458,1323,
                      1368,1281,1268,1313,1218,1282,1214,1237,1317,
                      1213,1278,1162,1233,1331,1265,1242,1162,1162,
                      1251,1094,1081,1080,1060,1019,997,929,892,848,
                      823,742,730)

tabela_whipple <- data.frame(faixa_etaria,
                               vetor_p23atep62)

knitr::kable(tabela_whipple, col.names = c("Idade", "População"),
             "latex")

indice <- indice_whipple(vetor_p25atep60, vetor_p23atep62)
indice

```

### A.5.2 Coeficiente de Myers

#Dispondo dados

```

pop_sjbv_1079 <- c(1178,1220,1191,1183,1240,1250,1275,1286,1207,
                    1223,1318,1340,1347,1378,1390,1317,1298,1408,
                    1508,1433,1458,1323,1368,1281,1268,1313,1218,
                    1282,1214,1237,1317,1213,1278,1162,1233,1331,
                    1265,1242,1162,1162,1251,1094,1081,1080,1060,
                    1019,997,929,892,848,823,742,730,671,662,629,
                    580,527,529,522,472,423,492,452,444,410,357,

```

```
358,316,283)

idade <- as.character(10:79)

tabela_idades <- data.frame(idade, pop_sjbv_1079)

knitr::kable(tabela_idades,
             col.names = c("Idade", "População"),
             "latex")

# Definindo funcao para cada coeficiente

myers_coef <- function(vetor_pop, i){
  # Essa funcao requere um vetor de tamanho 70 contendo populacao
  # de idades entre 10 e 79 anos
  vetor_pop <- c(1:9, vetor_pop)
  m <- (1+i) * vetor_pop[10+i]
  soma <- NULL
  for (ii in 2:7) {
    soma <- c(soma, vetor_pop[(ii*10)+i])
  }
  vetor_pop <- vetor_pop[10:79]
  m <- m + 10*sum(soma)
  return(m)
}

myers_coef_total <- function(vetor_pop){
  m_vector <- NULL
  # Esta funcao recebe o vetor de populacoes entre 10 e 79 anos
  # e retorna um dataframe com coeficientes m_i e m total
  for (i in 0:9) {
    m_vector <- c(m_vector, myers_coef(vetor_pop, i))
  }
  m_vector <- c(m_vector, sum(m_vector))
  coef_string <- c("m0", "m1", "m2", "m3", "m4", "m5", "m6", "m7",
                  "m8", "m9", "mtot")
  tabela_myers <- data.frame(coef_string, m_vector)
  return(tabela_myers)
}
```

```

myers_ratio <- function(vetor_pop){
  # Esta funcao toma como entrada o vetor de populacoes com
  # idades entre 10 e 79 anos e retorna um dataframe
  # com razoes seguindo coeficiente de myers para analise
  # de preferencia por digitos
  table <- myers_coef_total(vetor_pop)
  m_ratio <- NULL
  for (i in 1:10) {
    m_ratio <- c(m_ratio, round(table$m_vector[i]/table$m_vector[11],
                                 digits = 3))
  }
  coef_string <- c("m0-mtot", "m1-mtot", "m2-mtot", "m3-mtot",
                  "m4-mtot", "m5-mtot", "m6-mtot", "m7-mtot",
                  "m8-mtot", "m9-mtot")
  table_ratio <- data.frame(coef_string, m_ratio)
}

# Calculando coeficientes de myers

tabela_resultado_myers <- myers_coef_total(pop_sjbv_1079)

# Calculando razoes do coeficiente de myers

tabela_razoes_myers <- myers_ratio(vetor_pop)

# Apresentando resultados:

knitr::kable(tabela_resultado_myers,
             col.names = c("Coeficiente", "Resultado"),
             "latex")

knitr::kable(tabela_razoes_myers,
             col.names = c("Razão", "Resultado"),
             "latex")

```

### A.5.3 Análise da Razão de Sexo ao Nascer

```
# Dados obtidos
```

```
nascimentos_homem <- 486
nascimentos_mulher <- 447
nascimentos_total <- nascimentos_homem+nascimentos_mulher

nasc <- c(nascimentos_homem, nascimentos_mulher, nascimentos_total)
label <- c("Homem", "Mulher", "Total")
tabela_dados <- data.frame(label, nasc)

knitr::kable(tabela_dados, col.names = c("Sexo ao Nascer", "Quantidade"),
             "latex")

# Definindo função para RSN

razao_sexo_nascer <- function(nasc_m, nasc_f){
  razao <- nasc_m/nasc_f * 100
  return(razao)
}

# Definindo função para ic da proporção de nascimentos masculinos com
# 95% de confiança

ic_proporcao_nasc_m <- function(nasc_m, nasc_tot){
  p_hat <- nasc_m/nasc_tot
  lim_inf <- p_hat - 1.96 * sqrt((p_hat*(1-p_hat))/nasc_tot)
  lim_sup <- p_hat + 1.96 * sqrt((p_hat*(1-p_hat))/nasc_tot)
  tabela_result <- data.frame(lim_inf, lim_sup)
  return(tabela_result)
}

# Definindo função para ic da rsn com 95% de confiança

ic_rsn <- function(nasc_m, nasc_tot){
  table <- ic_proporcao_nasc_m(nasc_m, nasc_tot)
  lim_inf <- table$lim_inf/(1-table$lim_inf) * 100
  lim_sup <- table$lim_sup/(1-table$lim_sup) * 100
  tabela_result <- data.frame(lim_inf, lim_sup)
  return(tabela_result)
}
```

```
# Calculando RSN
```

```
rsn <- razao_sexo_nascer(nascimentos_homem, nascimentos_mulher)  
rsn
```

```
# Calculando IC para prop. de nascimentos masculinos
```

```
ic_prop_masc <- ic_proporcao_nasc_m(nascimentos_homem, nascimentos_total)  
ic_prop_masc
```

```
# Calculando IC para RSN
```

```
ic_razao_sexo_nascer <- ic_rsn(nascimentos_homem, nascimentos_total)  
ic_razao_sexo_nascer
```