

NOTA TÉCNICA

Nº 74 – Novembro/2021

**PROJEÇÃO POPULACIONAL DAS
BACIAS HIDROGRÁFICAS DO CURU,
SERTÃO DOS CRATEÚS E SERRA DA
IBIAPABA ATÉ A DÉCADA 2050**

Governador do Estado do Ceará

Camilo Sobreira de Santana

Vice-Governadora do Estado do Ceará

Maria Izolda Cela de Arruda Coelho

Secretaria do Planejamento e Gestão – SEPLAG

Flávio Ataliba Flexa Daltro Barreto – Secretário (respondendo)

Flávio Ataliba Flexa Daltro Barreto – Secretário Executivo de Planejamento e Orçamento

Ronaldo Lima Moreira Borges – Secretário Executivo de Planejamento e Gestão Interna

Adriano Sarquis Bezerra de Menezes – Secretário Executivo de Gestão

Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE

Diretor Geral

João Mário Santos de França

Diretoria de Estudos Econômicos – DIEC

Ricardo Antônio de Castro Pereira

Diretoria de Estudos Sociais – DISOC

Diretoria de Estudos de Gestão Pública – DIGEP

Marília Rodrigues Firmiano

Gerência de Estatística, Geografia e Informações – GEGIN

Rafaela Martins Leite Monteiro

Nota Técnica – Nº 74 – Novembro/2021

DIRETORIA RESPONSÁVEL:

Gerência de Estatística, Geografia e Informações – GEGIN

Elaboração:

Cleyber Nascimento de Medeiros (Analista de Políticas Públicas)

O Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) é uma autarquia vinculada à Secretaria do Planejamento e Gestão do Estado do Ceará. Fundado em 14 de abril de 2003, o IPECE é o órgão do Governo responsável pela geração de estudos, pesquisas e informações socioeconômicas e geográficas que permitem a avaliação de programas e a elaboração de estratégias e políticas públicas para o desenvolvimento do Estado do Ceará.

Missão: Gerar e disseminar conhecimento e informações, subsidiar a formulação e avaliação de políticas públicas e assessorar o Governo nas decisões estratégicas, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do Ceará.

Valores: Ética, transparência e impessoalidade; Autonomia Técnica; Rigor científico; Competência e comprometimento profissional; Cooperação interinstitucional; Compromisso com a sociedade; e Senso de equipe e valorização do ser humano.

Visão: Até 2025, ser uma instituição moderna e inovadora que tenha fortalecida sua contribuição nas decisões estratégicas do Governo.

Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE)

Av. Gal. Afonso Albuquerque Lima, s/n | Edifício SEPLAG | Térreo Cambéba
| Cep: 60.822-325 |

Fortaleza, Ceará, Brasil | Telefone: (85) 3101-3521

www.ipece.ce.gov.br

Sobre a Nota Técnica

A Série **Notas Técnicas** do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) tem como objetivo a divulgação de trabalhos técnicos elaborados pelos servidores do órgão, detalhando a metodologia empregada para análise de temas de interesse do Estado do Ceará.

Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE
2021

Nota técnica / Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) / Fortaleza – Ceará: IPECE, 2021

ISSN: 2594-8733

1. Economia Brasileira. 2. Economia Cearense. 3. Aspectos Econômicos. 4. Aspectos Sociais. 5. Mercado de Trabalho. 6. Finanças Públicas. 7. Gestão Pública.

Nesta Edição

Os estudos demográficos têm por objetivo analisar aspectos inerentes a populações humanas, tais como a sua evolução no tempo, a distribuição espacial, a composição e as suas características gerais, sendo muito importantes no tocante ao planejamento de políticas públicas.

Nessa conjuntura, o objetivo dessa nota técnica foi realizar o cálculo da projeção populacional das bacias hidrográficas do Curu, Serra da Ibiapaba e Sertões dos Crateús até o ano de 2050, considerando a população total, urbana e rural. Tais informações serão utilizadas pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH) no desenvolvimento do Plano de Recursos Hídricos das referidas bacias.

1. INTRODUÇÃO

Os estudos demográficos têm por objetivo analisar aspectos inerentes a populações humanas, tais como a sua evolução no tempo, a distribuição espacial, a composição e as suas características gerais, sendo muito importantes no tocante ao planejamento de políticas públicas.

Neste contexto, um relevante ramo da demografia versa sobre o cálculo de projeções populacionais, que se constituem em uma ferramenta de planejamento no que tange às políticas públicas voltadas para o bem-estar social e o desenvolvimento econômico.

As projeções populacionais para o setor público auxiliam no conhecimento e quantificação de demandas futuras de diversas naturezas, tais como obras viárias, construção de escolas, hospitais, áreas de lazer, etc., e, para o setor privado, servem para estimar o tamanho potencial de seu “mercado” futuro (BORGES et al., 2007).

Em relação a projetos relacionados a área de recursos hídricos, a projeção populacional torna-se indispensável pois é necessário o conhecimento da estimativa da população esperada de final de plano (população de projeto), bem como da sua evolução ao longo do tempo, sendo uma referência básica para o cálculo de demandas futuras (TSUTIYA, 2006).

A confiabilidade da projeção populacional é um parâmetro relevante em estudos desta característica, fazendo-se necessária não somente uma análise abrangente e interdisciplinar dos cenários passado, presente e futuro da população em questão, como a correta adequação do conjunto de técnicas usadas no cálculo das projeções aos dados disponíveis.

No entanto, há uma certa complexidade na elaboração de tais projeções, em especial por envolver uma análise cuidadosa das variáveis passíveis de interação com a população do espaço geográfico analisado durante o tempo para o qual se projeta esta população. Uma vez que lidam com o futuro, as projeções devem considerar a incerteza, ainda que possuam informações históricas detalhadas e confiáveis da população em estudo.

Ressalta-se que as projeções populacionais indicam tendências demográficas atuais, às quais estão sujeitas a revisões e modificações ao longo dos anos pois podem ser influenciadas por avanços na área de saúde, mudanças tecnológicas e econômicas, condições políticas, sanitárias e costumes (ONU, 2019).

Nessa conjuntura, o objetivo dessa nota técnica foi realizar o cálculo da projeção populacional das bacias hidrográficas do Curu, Serra da Ibiapaba e Sertões dos Crateús até o ano de 2050, considerando a população total, urbana e rural. Tais informações serão utilizadas pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH) no desenvolvimento do Plano de Recursos Hídricos das referidas bacias.

Esta nota técnica está organizada em cinco seções: Introdução; Métodos utilizados para projeções populacionais; Metodologia; Resultados; e as Considerações finais.

2. MÉTODOS UTILIZADOS PARA PROJEÇÕES POPULACIONAIS

Segundo Matuda (2009), existem diversos métodos para a determinação de uma projeção populacional para uma área geográfica, os quais devem ser avaliados de maneira a se adotar o mais adequado aos dados disponíveis.

Conforme Quasim (1985), os métodos mais tradicionais correspondem aos de formulação matemática, como por exemplo, os métodos Aritmético, Geométrico, Taxa de Decrescimento e Curva Logística, os quais passam a ser descritos a seguir.

2.1. Método Aritmético

O método aritmético tem como pressuposto uma taxa de crescimento constante para os anos que seguem a partir de dados conhecidos, por exemplo, a população do último censo, seguindo as fórmulas descritas abaixo (TSUTIYA, 2006).

$$\frac{dP}{dt} = k_a$$

Onde dP/dt representa a variação da população (P) por unidade de tempo (t), e K_a é uma constante que simula a taxa de crescimento. Considerando que P_1 é a população do penúltimo ano (ano t_1) e P_2 a população do último ano (ano t_2), tem-se:

$$P_2 = k_a(t_2 - t_1) + P_1$$

$$k_a = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}$$

Sendo:

K_a = Taxa de crescimento anual;

P_2 = População no último ano considerado (habitantes);

P_1 = População no penúltimo ano considerado (habitantes);

t_2 = Ano do último ano considerado;

t_1 = Ano do penúltimo ano considerado.

2.2. Método Geométrico

Conforme TSUTIYA (2006), o método geométrico pressupõe que o crescimento da população e o crescimento da taxa sejam proporcionais em todos intervalos de tempo e proporcionais à população existente em um determinado período, sendo operacionalizado matematicamente por meio das seguintes fórmulas:

$$k_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1} \quad \ln P = \ln P_2 + k_g (t_1 - t_2)$$

Onde:

k_g = Taxa de crescimento geométrico.

2.3. Método da Taxa de Crescimento Decrescente

Nesse método a população é projetada com base na hipótese de que, com o crescimento populacional ao longo dos anos a taxa de crescimento anual torna-se gradativamente menor (TSUTIYA, 2006). Desse modo, estima-se uma população de saturação (S) e calcula-se a taxa de crescimento decrescente (k_d), sendo este método definido pelas seguintes fórmulas:

$$-\ln \frac{S - P_2}{S - P_1} = k_d (t_2 - t_1)$$

$$k_d = \frac{-\ln \frac{S - P_2}{S - P_1}}{t_2 - t_1}$$

$$S = \frac{(2 \times P_0 \times P_1 \times P_2) - (P_1^2 \times (P_0 + P_2))}{(P_0 \times P_2) - P_1^2}$$

Esse método possui os seguintes pressupostos:

- O conhecimento de três populações referentes a três épocas diferentes e equidistantes no tempo;
- Que as populações estudadas apresentem crescimento, ou seja $P_0 < P_1 < P_2$;
- Que satisfaçam a condição de inflexão da curva, através de $(P_1)^2 > P_0 \times P_2$.

2.4. Método da Curva Logística

Admite-se neste método que o crescimento da população obedece a relação matemática do tipo curva logística, na qual a população cresce assintoticamente em função do tempo para um valor limite de saturação, seguindo a fórmula apresentada em TSUTIYA (2006).

$$P = \frac{S}{1 + e^{(a+bt)}}$$

Onde:

S = População de saturação;

“a” = valor tal que, para $t=a/b$, há uma inflexão na curva;

“b” = razão de crescimento da população.

Os parâmetros da equação da curva logística são definidos através das expressões que se seguem:

$$b = -\frac{1}{0,4343} \log \frac{P_0(S - P_1)}{P_1(S - P_0)}$$

$$a = \frac{1}{0,4343} \log \frac{S - P_0}{P_0}$$

A curva logística possui três trechos distintos: o primeiro correspondente a um crescimento acelerado, o segundo a um crescimento retardado e o último a um crescimento tendente à estabilização. Entre os dois primeiros trechos, fica um ponto de inflexão. Por esse método também levar em consideração o conceito de população de saturação, sua utilização mais uma vez é condicionada aos seguintes termos:

- O conhecimento de três populações referentes a três épocas diferentes e equidistantes no tempo;
- Que as populações estudadas apresentem crescimento, ou seja $P_0 < P_1 < P_2$;
- Que satisfaçam a condição de inflexão da curva, através de $(P_1)^2 > P_0 \times P_2$.

3. METODOLOGIA

A partir dos dados dos Censos Demográficos de 2000 e 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) concernentes aos municípios das bacias hidrográficas do Curu, Serra da Ibiapaba e Sertões dos Crateús foram efetuados os cálculos para determinação da projeção da população total, urbana e rural das citadas bacias, utilizando-se dos métodos descritos anteriormente.

Ressalta-se que se considerou um município como pertencente a determinada bacia hidrográfica se o mesmo faz parte do comitê de bacias, conforme disposto no site da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (COGERH)¹.

Neste contexto, calculou-se a projeção populacional de cada município para a área urbana e rural e depois somou-se (urbano mais rural) essas duas projeções para obter-se a população total de determinado município. Após o cálculo da projeção de cada município teve-se que a população projetada da bacia hidrográfica correspondeu a soma da população projetada dos municípios.

Ressalta-se que quando os dados analisados do IBGE indicaram forte decréscimo da população entre censos buscou-se realizar ajustes no sentido de se evitar a projeção de população negativa, recorrendo-se a aplicação de menores taxas de decréscimo populacional ao longo dos anos.

Para a escolha da melhor projeção populacional utilizou-se o critério de precisão. Esse critério refere-se ao erro encontrado quando os resultados são comparados com dados observados. Salienta-se que nesse estudo utilizou-se como população observada as estimativas populacionais dos municípios referentes aos anos de 2011 a 2021, calculadas anualmente pelo IBGE.

¹ Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/comites-de-bacias-hidrograficas/>

Segundo Brito et al. (2007), a análise destes erros serve para apontar o método de projeção populacional mais adequado, mencionando-se que sempre existirá erro de precisão, mas busca-se que este seja o menor possível.

O erro de precisão (E) pode ser definido como a diferença relativa entre a população projetada (P) e a população observada (O), para um mesmo domínio e ano, conforme fórmula a seguir:

$$EP_t = \left[\frac{P_t - O_t}{O_t} \right] \times 100, \text{ onde } t = \text{ano.}$$

Brito et al. (2007) realizaram uma revisão bibliográfica sobre avaliação de projeções populacionais para pequenos domínios (municípios), verificando que o critério de precisão é o mais utilizado. Há algumas medidas de precisão disponíveis para este tipo de análise, entre as quais duas são utilizadas com maior frequência e consideradas tradicionais: a medida de erro médio percentual – EMP; e a medida de erro médio percentual em módulo – EMPM, segundo às fórmulas a seguir:

$$EMP_t = \frac{\sum_{i=1,n} EP_{i,t}}{n} \text{ e } EMPM_t = \frac{\sum_{i=1,n} |EP_{i,t}|}{n},$$

Onde: n = número de domínios, i = 1, ..., n e t = anos.

A primeira se traduz na média de todos os erros percentuais e a única diferença em relação à segunda é que esta fornece o módulo dos erros percentuais. Resumindo, o EMP é uma medida de tendência média e pode ser usada como base para testar a presença de tendência média significativa, enquanto o EMPM é uma medida de precisão que indica o quão “perto” as estimativas chegaram do valor observado, em média (DEVINE; COLEMAN, 2003).

4. RESULTADOS

4.1. Bacia hidrográfica do Curu

A Bacia Hidrográfica do Curu é composta por 15 municípios, especificamente: Apuiarés, Canindé, Caridade, General Sampaio, Guaramiranga, Irauçuba, Itapajé, Itatira, Paracuru, Paraipaba, Paramoti, Pentecoste, São Luís do Curu, Tejuçuoca e Umirim (Quadro 1). A população total da bacia do Curu correspondia no ano 2000 a 323.451 habitantes, sendo 176.756 residentes em áreas urbanas (54,7%) e 146.695 em áreas rurais (45,4%). Em 2010, registrou-se um contingente populacional de 364.714 habitantes, onde 214.513 moradores viviam em áreas urbanas (58,8%) e 150.201 viviam em áreas rurais (41,2%).

Desse modo, evidencia-se que houve no período um maior crescimento populacional nas áreas urbanas em detrimento das rurais, reportando-se também que na década 2000/2010 a população total da bacia teve um incremento relativo da ordem de 12,8%, sendo as taxas de crescimento populacional de 21,4% e 2,4% para o meio urbano e rural, respectivamente.

Quadro 1: População total, urbana e rural dos municípios da bacia hidrográfica do Curu – 2000/2010

Município	Ano 2000			Ano 2010		
	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
Apuiarés	12.540	5.453	7.087	13.925	5.772	8.153
Canindé	69.601	39.573	30.028	74.473	46.875	27.598
Caridade	15.604	8.381	7.223	20.020	11.523	8.497
General Sampaio	4.866	2.316	2.550	6.218	3.648	2.570
Guaramiranga	5.714	2.330	3.384	4.164	2.495	1.669
Irauçuba	19.560	10.873	8.687	22.324	14.343	7.981
Itapajé	41.093	27.459	13.634	48.350	33.990	14.360
Itatira	15.541	6.030	9.511	18.894	9.522	9.372
Paracuru	27.541	16.673	10.868	31.636	20.589	11.047
Paraipaba	25.462	12.680	12.782	30.041	13.435	16.606
Paramoti	10.970	4.175	6.795	11.308	5.540	5.768
Pentecoste	32.600	19.212	13.388	35.400	21.394	14.006
São Luís do Curu	11.497	7.384	4.113	12.332	7.961	4.371
Tejuçuoca	13.519	4.157	9.362	16.827	6.335	10.492
Umirim	17.343	10.060	7.283	18.802	11.091	7.711
Total	323.451	176.756	146.695	364.714	214.513	150.201

Fonte: IBGE, Censos demográficos 2000 e 2010.

Os Quadros 2, 3 e 4 apresentam a projeção populacional total, urbana e rural da bacia hidrográfica do Curu atinente aos anos de 2011 a 2050, assim como os Gráficos 1, 2 e 3 exibem a evolução populacional projetada no período.

Quadro 2: Projeção da **população total** da bacia hidrográfica do Curu segundo métodos – 2011/2050

Ano	Método de Projeção – Bacia hidrográfica do Curu			
	Aritmético	Geométrico	Decrescente	Logístico
2011	368.840	369.560	369.421	368.791
2012	372.967	374.547	373.992	372.841
2013	377.093	379.680	378.430	376.860
2014	381.219	384.961	382.738	380.843
2015	385.488	390.395	387.047	384.787
2016	389.757	395.985	391.243	388.686
2017	394.027	401.735	395.329	392.539
2018	398.298	407.650	399.309	396.340
2019	402.569	413.733	403.184	400.087
2020	406.842	419.990	406.959	403.844
2021	411.115	426.425	410.635	407.534
2022	415.389	433.043	414.215	411.156
2023	419.664	439.850	417.701	414.707
2024	423.939	446.850	421.096	418.187
2025	428.215	454.050	424.403	421.595
2026	432.492	461.486	427.622	424.931
2027	436.769	469.132	430.757	428.196
2028	441.047	476.992	433.809	431.387
2029	445.326	485.076	436.781	434.507
2030	449.605	493.388	439.674	437.554
2031	453.884	501.937	442.491	440.530
2032	458.165	510.730	445.233	443.435
2033	462.445	519.775	447.902	446.270
2034	466.727	529.079	450.499	449.038
2035	471.009	538.655	453.026	451.737

Ano	Método de Projeção – Bacia hidrográfica do Curu			
	Aritmético	Geométrico	Decrescente	Logístico
2036	475.291	548.507	455.486	454.369
2037	479.573	558.646	457.879	456.935
2038	483.857	569.080	460.206	459.436
2039	488.140	579.820	462.470	461.874
2040	492.424	590.875	464.672	464.249
2041	496.709	602.256	466.813	466.563
2042	500.994	613.975	468.894	468.818
2043	505.279	626.042	470.917	471.013
2044	509.564	638.469	472.882	473.152
2045	513.850	651.267	474.792	475.227
2046	518.137	664.451	476.647	477.253
2047	522.423	678.033	478.449	479.221
2048	526.710	692.027	480.198	481.144
2049	530.998	706.446	481.895	483.015
2050	535.285	721.307	483.546	484.835

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 3: Projeção da **população urbana** da bacia hidrográfica do Curu segundo métodos – 2011/2050

Ano	Método de Projeção – Bacia hidrográfica do Curu			
	Aritmético	Geométrico	Decrescente	Logístico
2011	218.289	218.836	218.727	218.228
2012	222.064	223.270	222.836	221.911
2013	225.840	227.820	226.842	225.558
2014	229.616	232.489	230.750	229.164
2015	233.392	237.281	234.561	232.725
2016	237.167	242.200	238.279	236.238
2017	240.943	247.250	241.906	239.700
2018	244.719	252.434	245.445	243.109
2019	248.494	257.758	248.899	246.460
2020	252.270	263.225	252.270	249.754
2021	256.046	268.841	255.561	252.987
2022	259.821	274.611	258.773	256.159
2023	263.597	280.538	261.909	259.268
2024	267.373	286.629	264.972	262.315
2025	271.149	292.889	267.963	265.297
2026	274.924	299.324	270.884	268.216
2027	278.700	305.938	273.737	271.070
2028	282.476	312.739	276.525	273.860
2029	286.251	319.733	279.249	276.587
2030	290.027	326.925	281.910	279.251
2031	293.803	334.323	284.511	281.852
2032	297.578	341.934	287.054	284.391
2033	301.354	349.764	289.539	286.868
2034	305.130	357.822	291.968	289.286
2035	308.906	366.115	294.343	291.644
2036	312.681	374.652	296.666	293.943
2037	316.457	383.440	298.937	296.186
2038	320.233	392.488	301.158	298.372
2039	324.008	401.806	303.331	300.502
2040	327.784	411.403	305.457	302.579
2041	331.560	421.289	307.536	304.603
2042	335.335	431.474	309.571	306.575
2043	339.111	441.968	311.562	308.496
2044	342.887	452.783	313.511	310.368

Ano	Método de Projeção – Bacia hidrográfica do Curu			
	Aritmético	Geométrico	Decrescente	Logístico
2045	346.663	463.929	315.418	312.191
2046	350.438	475.419	317.285	313.968
2047	354.214	487.265	319.112	315.698
2048	357.990	499.480	320.902	317.384
2049	361.765	512.078	322.654	319.025
2050	365.541	525.071	324.369	320.624

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 4: Projeção da população rural da bacia hidrográfica do Curu segundo métodos – 2011/2050

Ano	Método de Projeção – Bacia hidrográfica do Curu			
	Aritmético	Geométrico	Decrescente	Logístico
2011	150.552	150.724	150.694	150.563
2012	150.902	151.277	151.156	150.930
2013	151.253	151.860	151.588	151.302
2014	151.603	152.472	151.989	151.679
2015	152.096	153.114	152.486	152.061
2016	152.590	153.785	152.964	152.448
2017	153.084	154.486	153.423	152.838
2018	153.579	155.216	153.864	153.231
2019	154.075	155.975	154.285	153.627
2020	154.572	156.765	154.689	154.091
2021	155.069	157.584	155.074	154.547
2022	155.568	158.432	155.442	154.997
2023	156.067	159.311	155.792	155.438
2024	156.566	160.221	156.125	155.872
2025	157.067	161.161	156.440	156.298
2026	157.568	162.163	156.738	156.716
2027	158.069	163.193	157.020	157.126
2028	158.572	164.253	157.284	157.527
2029	159.074	165.343	157.532	157.919
2030	159.578	166.464	157.764	158.303
2031	160.082	167.614	157.980	158.678
2032	160.586	168.797	158.179	159.044
2033	161.091	170.011	158.363	159.402
2034	161.597	171.257	158.531	159.752
2035	162.103	172.540	158.683	160.093
2036	162.610	173.856	158.820	160.425
2037	163.117	175.206	158.942	160.749
2038	163.624	176.592	159.048	161.064
2039	164.132	178.013	159.139	161.371
2040	164.640	179.471	159.215	161.670
2041	165.149	180.967	159.276	161.961
2042	165.658	182.501	159.323	162.243
2043	166.168	184.074	159.354	162.517
2044	166.678	185.686	159.372	162.785
2045	167.188	187.339	159.374	163.035
2046	167.698	189.032	159.362	163.285
2047	168.209	190.768	159.336	163.523
2048	168.721	192.546	159.296	163.761
2049	169.232	194.369	159.241	163.990
2050	169.744	196.236	159.177	164.211

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 1: Projeção da população total da bacia do Curu segundo métodos – 2011/2050

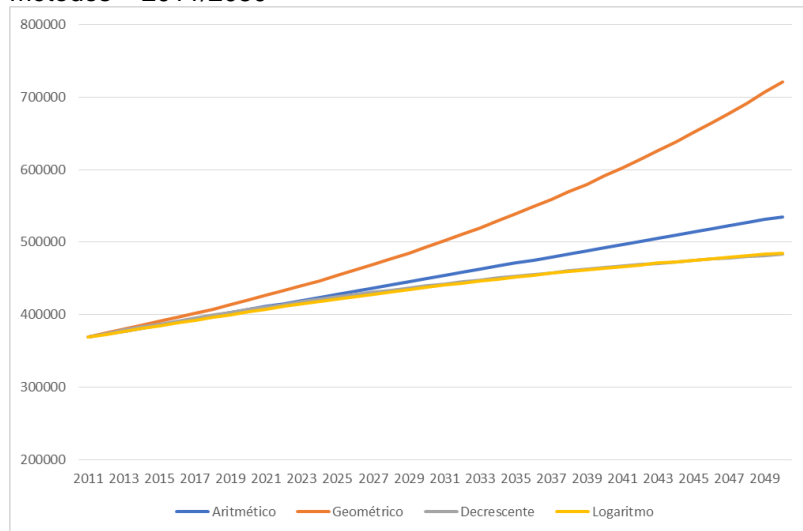


Gráfico 2: Projeção da população urbana da bacia do Curu segundo métodos – 2011/2050

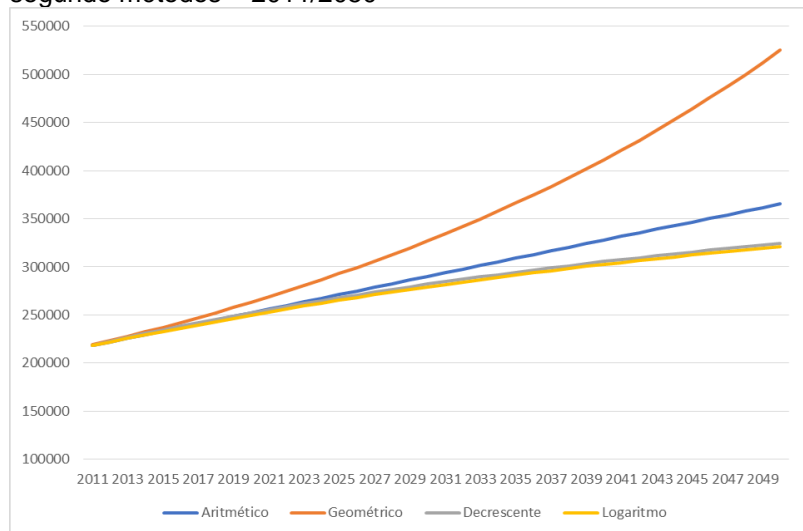
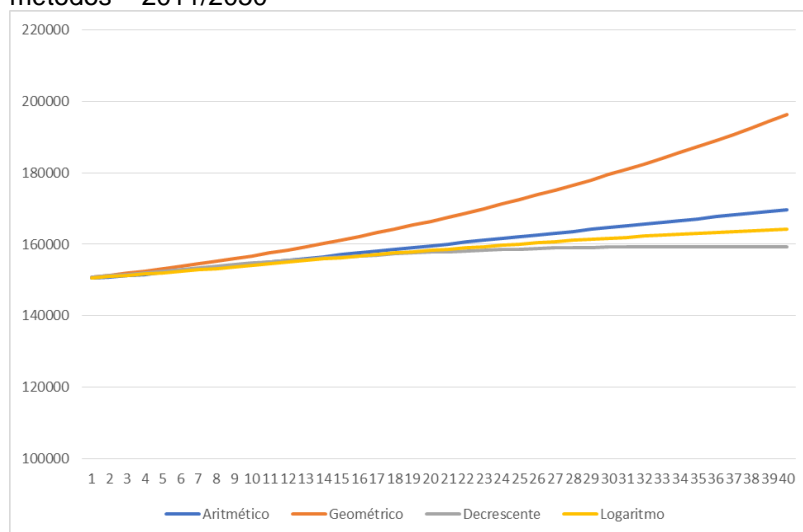


Gráfico 3: Projeção da população rural da bacia do Curu segundo métodos – 2011/2050



Fonte: Elaboração própria.

Conforme análise dos três gráficos percebe-se que os métodos decrescente e logístico produziram projeções populacionais mais próximas entre si, enquanto que os métodos aritmético e, sobretudo, o geométrico tenderam a estimar valores populacionais maiores ao longo dos anos.

Neste contexto, o Quadro 5 apresenta as estimativas populacionais do IBGE para a bacia hidrográfica do Curu para o período com dados disponíveis, ou seja, de 2011 a 2021, assim como os dados projetados por cada um dos quatro métodos utilizados.

Quadro 5: Estimativa populacional e projeção da população total da bacia hidrográfica do Curu segundo métodos – 2011/2021

Ano	Estimativa populacional (IBGE)	Aritmético	Geométrico	Decrescente	Logístico
2011	367.893	368.840	369.560	369.421	368.791
2012	370.979	372.967	374.547	373.992	372.841
2013	378.232	377.093	379.680	378.430	376.860
2014	380.824	381.219	384.961	382.738	380.843
2015	383.312	385.488	390.395	387.047	384.787
2016	385.702	389.757	395.985	391.243	388.686
2017	387.994	394.027	401.735	395.329	392.539
2018	390.404	398.298	407.650	399.309	396.340
2019	395.242	402.569	413.733	403.184	400.087
2020	397.498	406.842	419.990	406.959	403.844
2021	399.685	411.115	426.425	410.635	407.534

Fonte: IBGE e elaboração própria.

Com base nos dados apresentados no quadro acima é possível calcular o erro médio de precisão (EMP e EMPM) de cada uma das metodologias de projeções em comparação com a estimativa anual do IBGE, conforme disposto no Quadro 6.

Quadro 6: Erros percentuais calculados para cada uma das projeções utilizadas em comparação com a estimativa oficial do IBGE – Bacia do Curu – 2011/2021

Ano	Aritmético		Geométrico		Decrescente		Logístico	
	EMP	EMPM	EMP	EMPM	EMP	EMPM	EMP	EMPM
2011	0,26	0,26	0,45	0,45	0,42	0,42	0,24	0,24
2012	0,54	0,54	0,96	0,96	0,81	0,81	0,50	0,50
2013	-0,30	0,30	0,38	0,38	0,05	0,05	-0,36	0,36
2014	0,10	0,10	1,09	1,09	0,50	0,50	0,01	0,01
2015	0,57	0,57	1,85	1,85	0,97	0,97	0,38	0,38
2016	1,05	1,05	2,67	2,67	1,44	1,44	0,77	0,77
2017	1,55	1,55	3,54	3,54	1,89	1,89	1,17	1,17
2018	2,02	2,02	4,42	4,42	2,28	2,28	1,52	1,52
2019	1,85	1,85	4,68	4,68	2,01	2,01	1,23	1,23
2020	2,35	2,35	5,66	5,66	2,38	2,38	1,60	1,60
2021	2,86	2,86	6,69	6,69	2,74	2,74	1,96	1,96
Média	1,17	1,22	2,94	2,94	1,41	1,41	0,82	0,89

Fonte: Elaboração própria.

O menor erro médio de precisão indica a projeção populacional que mais se aproxima da estimativa oficial do IBGE, elegendo-se o método logístico como aquele que apresenta dados mais próximos daqueles praticados pelo IBGE.

Segundo Smith et al. (2001), para um horizonte de projeção de dez anos, o EMPM aceitável para pequenos domínios, como municípios, tem ficado entre 8% e 14%. Desse modo, evidencia-se uma boa projeção populacional a partir do modelo logístico que obteve a taxa média de 0,89%.

4.2. Bacia hidrográfica do Sertão dos Crateús

A Bacia Hidrográfica do Sertão dos Crateús é composta por 9 municípios: Ararendá, Crateús, Independência, Ipaporanga, Ipueiras, Novo Oriente, Poranga, Quiterianópolis e Tamboril (Quadro 7). A população total da bacia correspondia no ano 2000 a 237.818 habitantes, sendo 118.180 residentes em áreas urbanas (49,7%) e 119.638 em áreas rurais (50,3%). Em 2010, registrou-se um contingente populacional de 242.907 moradores, onde 134.052 pessoas moravam em áreas urbanas (50,2%) e 108.855 residiam em áreas rurais (44,8%).

Dessa forma, houve um pequeno crescimento populacional na década 2000/2010 na bacia do Sertão dos Crateús, da ordem de 2,1%. Por sua vez, o contingente populacional urbano anotou um maior incremento (13,4%) enquanto a população rural reduziu 9%. Ressalta-se que a diminuição da população rural da bacia hidrográfica (em termos absolutos) evidencia o maior ritmo de crescimento da população urbana, fenômeno comum a maioria dos municípios brasileiros.

Quadro 7: População total, urbana e rural dos municípios da bacia hidrográfica do Sertão dos Crateús – 2000/2010

Município	Ano 2000			Ano 2010		
	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
Ararendá	10.008	4.075	5.933	10.491	4.906	5.585
Crateús	70.898	47.549	23.349	72.812	52.644	20.168
Independência	25.262	10.265	14.997	25.573	11.473	14.100
Ipaporanga	11.247	3.203	8.044	11.343	4.136	7.207
Ipueiras	38.219	15.775	22.444	37.862	18.358	19.504
Novo Oriente	26.119	12.709	13.410	27.453	14.230	13.223
Poranga	11.737	7.135	4.602	12.001	7.798	4.203
Quiterianópolis	18.355	5.068	13.287	19.921	6.305	13.616
Tamboril	25.973	12.401	13.572	25.451	14.202	11.249
Total	237.818	118.180	119.638	242.907	134.052	108.855

Fonte: IBGE, Censos demográficos 2000 e 2010.

Os Quadros 8, 9 e 10 exibem a projeção populacional total, urbana e rural da bacia hidrográfica do Sertão dos Crateús referente aos anos de 2011 a 2050, assim como os Gráficos 4, 5 e 6 mostram a evolução populacional projetada no período.

Quadro 8: Projeção da **população total** da bacia hidrográfica do Sertão dos Crateús segundo métodos – 2011/2050

Ano	Método de Projeção – Bacia hidrográfica do Sertão dos Crateús			
	Aritmético	Geométrico	Decrescente	Logístico
2011	243.416	243.621	243.584	243.414
2012	243.925	244.374	244.223	243.919
2013	244.434	245.164	244.824	244.423
2014	244.943	245.992	245.388	244.925
2015	245.452	246.859	245.915	245.425
2016	245.960	247.765	246.405	245.923
2017	246.469	248.709	246.858	246.419
2018	246.978	249.693	247.274	246.913
2019	247.487	250.716	247.653	247.404
2020	247.996	251.778	247.996	247.893
2021	248.505	252.880	248.302	248.379
2022	249.014	254.022	248.571	248.861
2023	249.523	255.205	248.804	249.341
2024	250.032	256.428	249.000	249.817

Ano	Método de Projeção – Bacia hidrográfica do Sertão dos Crateús			
	Aritmético	Geométrico	Decrescente	Logístico
2025	250.541	257.691	249.160	250.290
2026	251.049	258.996	249.283	250.760
2027	251.558	260.343	249.369	251.226
2028	252.067	261.731	249.420	251.689
2029	252.576	263.162	249.434	252.148
2030	253.085	264.635	249.411	252.603
2031	253.594	266.150	249.352	253.054
2032	254.103	267.709	249.256	253.502
2033	254.612	269.312	249.124	253.945
2034	255.121	270.958	248.955	254.385
2035	255.630	272.649	248.750	254.820
2036	256.138	274.385	248.507	255.252
2037	256.647	276.166	248.228	255.679
2038	257.156	277.992	247.912	256.102
2039	257.665	279.865	247.560	256.522
2040	258.174	281.784	247.170	256.937
2041	258.683	283.751	246.742	257.348
2042	259.192	285.765	246.278	257.755
2043	259.701	287.827	245.776	258.157
2044	260.210	289.937	245.236	258.556
2045	260.719	292.097	245.052	258.950
2046	261.227	294.306	244.835	259.340
2047	261.736	296.566	244.578	259.726
2048	262.245	298.876	244.280	260.108
2049	262.754	301.238	243.976	260.486
2050	263.263	303.651	243.641	260.860

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 9: Projeção da **população urbana** da bacia hidrográfica do Sertão dos Crateús segundo métodos – 2011/2050

Ano	Método de Projeção – Bacia hidrográfica do Sertão dos Crateús			
	Aritmético	Geométrico	Decrescente	Logístico
2011	135.639	135.763	135.739	135.632
2012	137.226	137.498	137.404	137.208
2013	138.814	139.257	139.045	138.779
2014	140.401	141.041	140.664	140.345
2015	141.988	142.850	142.261	141.906
2016	143.575	144.684	143.836	143.460
2017	145.162	146.544	145.389	145.007
2018	146.750	148.430	146.921	146.546
2019	148.337	150.343	148.433	148.077
2020	149.924	152.283	149.924	149.600
2021	151.511	154.251	151.395	151.114
2022	153.098	156.247	152.846	152.617
2023	154.686	158.270	154.277	154.111
2024	156.273	160.323	155.689	155.595
2025	157.860	162.405	157.082	157.067
2026	159.447	164.517	158.456	158.528
2027	161.034	166.659	159.812	159.977
2028	162.622	168.832	161.149	161.414
2029	164.209	171.036	162.469	162.839
2030	165.796	173.272	163.771	164.250
2031	167.383	175.540	165.056	165.649
2032	168.970	177.840	166.323	167.035
2033	170.558	180.174	167.574	168.406

Ano	Método de Projeção – Bacia hidrográfica do Sertão dos Crateús			
	Aritmético	Geométrico	Decrescente	Logístico
2034	172.145	182.542	168.808	169.764
2035	173.732	184.944	170.025	171.108
2036	175.319	187.381	171.227	172.438
2037	176.906	189.854	172.412	173.753
2038	178.494	192.362	173.582	175.053
2039	180.081	194.908	174.736	176.339
2040	181.668	197.490	175.875	177.610
2041	183.255	200.111	177.000	178.866
2042	184.842	202.770	178.109	180.106
2043	186.430	205.468	179.204	181.332
2044	188.017	208.206	180.284	182.542
2045	189.604	210.984	181.350	183.737
2046	191.191	213.803	182.403	184.917
2047	192.778	216.665	183.441	186.082
2048	194.366	219.568	184.466	187.231
2049	195.953	222.515	185.478	188.364
2050	197.540	225.506	186.476	189.483

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 10: Projeção da **população rural** da bacia hidrográfica do Sertão dos Crateús segundo métodos – 2011/2050

Ano	Método de Projeção – Bacia hidrográfica do Sertão dos Crateús			
	Aritmético	Geométrico	Decrescente	Logístico
2011	107.777	107.858	107.844	107.782
2012	106.698	106.876	106.819	106.711
2013	105.620	105.907	105.779	105.643
2014	104.542	104.952	104.724	104.579
2015	103.464	104.010	103.655	103.519
2016	102.385	103.081	102.570	102.464
2017	101.307	102.165	101.469	101.413
2018	100.229	101.263	100.353	100.367
2019	99.150	100.372	99.220	99.327
2020	98.072	99.495	98.072	98.293
2021	96.994	98.629	96.907	97.265
2022	95.915	97.776	95.725	96.244
2023	94.837	96.934	94.527	95.230
2024	93.759	96.104	93.311	94.223
2025	92.681	95.286	92.078	93.224
2026	91.602	94.479	90.827	92.232
2027	90.524	93.684	89.558	91.249
2028	89.446	92.899	88.270	90.275
2029	88.367	92.126	86.965	89.309
2030	87.289	91.363	85.640	88.352
2031	86.211	90.611	84.296	87.405
2032	85.132	89.869	82.933	86.467
2033	84.054	89.138	81.550	85.539
2034	82.976	88.416	80.148	84.620
2035	81.898	87.705	78.725	83.712
2036	80.819	87.004	77.281	82.814
2037	79.741	86.312	75.816	81.926
2038	78.663	85.630	74.331	81.049
2039	77.584	84.957	72.823	80.183
2040	76.506	84.294	71.294	79.327
2041	75.428	83.640	69.743	78.482
2042	74.349	82.995	68.169	77.648

Ano	Método de Projeção – Bacia hidrográfica do Sertão dos Crateús			
	Aritmético	Geométrico	Decrescente	Logístico
2043	73.271	82.359	66.572	76.825
2044	72.193	81.731	64.952	76.013
2045	71.115	81.113	63.701	75.213
2046	70.036	80.503	62.432	74.423
2047	68.958	79.901	61.137	73.645
2048	67.880	79.308	59.814	72.878
2049	66.801	78.722	58.499	72.122
2050	65.723	78.145	57.165	71.377

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 4: Projeção da população total da bacia do Crateús segundo métodos – 2011/2050

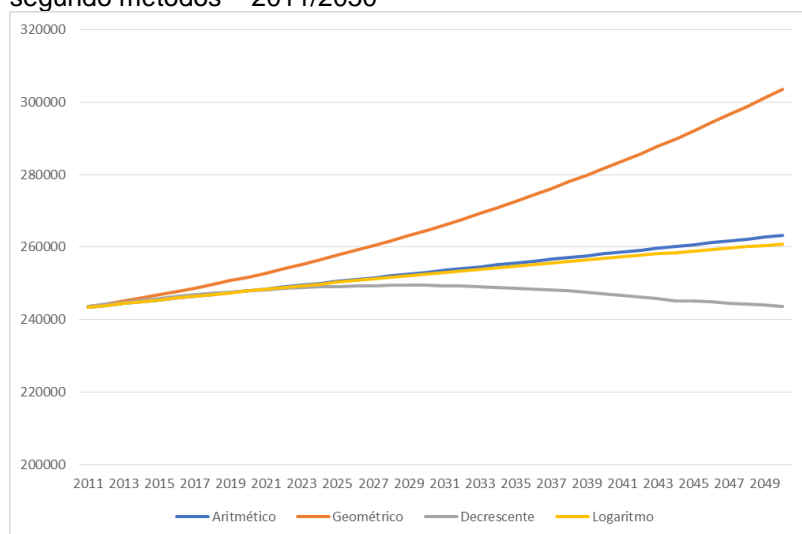


Gráfico 5: Projeção da população urbana da bacia do Crateús segundo métodos – 2011/2050

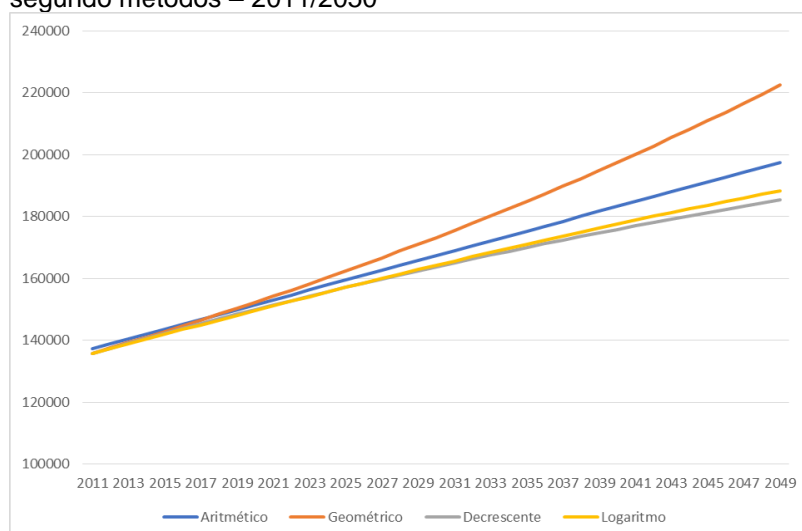
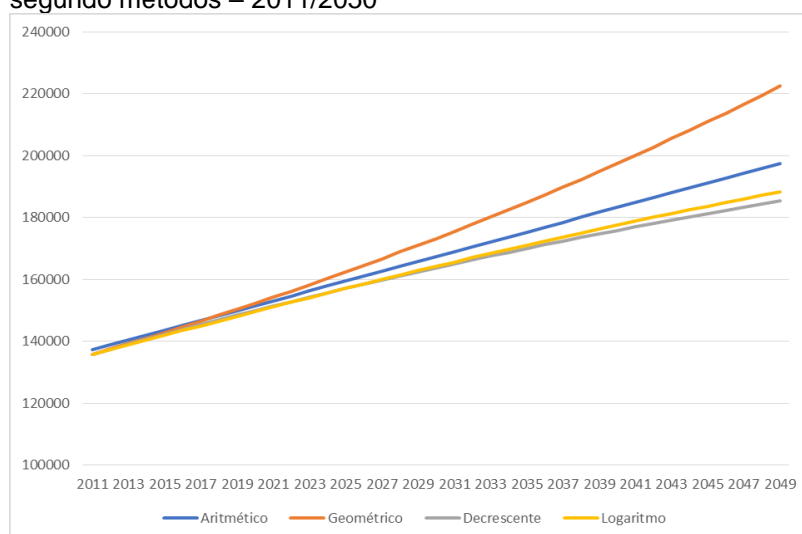


Gráfico 6: Projeção da população rural da bacia do Crateús segundo métodos – 2011/2050



Fonte: Elaboração própria.

Por meio da análise dos três gráficos constata-se que os métodos aritmético e Logístico produziram projeções populacionais mais similares no período estudado. Em contrapartida, o método geométrico estimou valores populacionais maiores e o método decrescente estimou valores populacionais menores ao longo dos anos.

Nessa conjuntura, o Quadro 11 mostra as estimativas populacionais do IBGE para a bacia hidrográfica do Sertão dos Crateús para o período com dados disponíveis, isto é, de 2011 a 2021, assim como os dados projetados para cada um dos quatro métodos utilizados.

Quadro 11: Estimativa populacional e projeção da população total da bacia hidrográfica do Sertão dos Crateús segundo métodos – 2011/2021

Ano	Estimativa populacional (IBGE)	Aritmético	Geométrico	Decrescente	Logístico
2011	243.283	243.416	243.621	243.584	243.414
2012	243.653	243.925	244.374	244.223	243.919
2013	246.889	244.434	245.164	244.824	244.423
2014	247.077	244.943	245.992	245.388	244.925
2015	247.255	245.452	246.859	245.915	245.425
2016	247.427	245.960	247.765	246.405	245.923
2017	247.592	246.469	248.709	246.858	246.419
2018	249.465	246.978	249.693	247.274	246.913
2019	250.224	247.487	250.716	247.653	247.404
2020	250.426	247.996	251.778	247.996	247.893
2021	250.621	248.505	252.880	248.302	248.379

Fonte: IBGE e elaboração própria.

A partir dos dados apresentados no quadro acima é possível calcular o erro médio de precisão (EMP e EPM) de cada uma das metodologias de projeções em comparação com a estimativa anual do IBGE, conforme mostrado no Quadro 12.

Quadro 12: Erros percentuais calculados para cada uma das projeções utilizadas em comparação com a estimativa oficial do IBGE – Bacia do Crateús – 2011/2021

Ano	Aritmético		Geométrico		Decrescente		Logístico	
	EMP	EMPM	EMP	EMPM	EMP	EMPM	EMP	EMPM
2011	0,05	0,05	0,14	0,14	0,12	0,12	0,05	0,05
2012	0,11	0,11	0,30	0,30	0,23	0,23	0,11	0,11
2013	-0,99	0,99	-0,70	0,70	-0,84	0,84	-1,00	1,00
2014	-0,86	0,86	-0,44	0,44	-0,68	0,68	-0,87	0,87
2015	-0,73	0,73	-0,16	0,16	-0,54	0,54	-0,74	0,74
2016	-0,59	0,59	0,14	0,14	-0,41	0,41	-0,61	0,61
2017	-0,45	0,45	0,45	0,45	-0,30	0,30	-0,47	0,47
2018	-1,00	1,00	0,09	0,09	-0,88	0,88	-1,02	1,02
2019	-1,09	1,09	0,20	0,20	-1,03	1,03	-1,13	1,13
2020	-0,97	0,97	0,54	0,54	-0,97	0,97	-1,01	1,01
2021	-0,84	0,84	0,90	0,90	-0,93	0,93	-0,89	0,89
Média	-0,67	0,70	0,13	0,37	-0,56	0,63	-0,69	0,72

Fonte: Elaboração própria.

O menor erro médio de precisão padronizado aponta a projeção populacional que mais se aproxima da estimativa oficial do IBGE, identificando-se que a projeção geométrica para a Bacia do Sertão dos Crateús gerou estimativas com menor erro, da ordem de 0,37%.

4.3. Bacia hidrográfica da Serra da Ibiapaba

De acordo com o Quadro 13, a Bacia Hidrográfica da Serra da Ibiapaba é composta por 10 municípios: Carnaubal, Croatá, Guaraciaba do Norte, Ibiapina, Ipueiras, Poranga, São Benedito, Tianguá, Ubajara e Viçosa do Ceará.

A população total da bacia equivalia no ano 2000 a 308.929 pessoas, sendo 145.427 moradores em áreas urbanas (47,1%) e 163.502 em áreas rurais (52,9%). Em 2010, registrou-se um contingente populacional de 345.073 pessoas, onde 174.850 pessoas habitavam em áreas urbanas (50,7%) e 170.223 habitavam em áreas rurais (49,3%).

Quadro 13: População total, urbana e rural dos municípios da bacia hidrográfica da Serra da Ibiapaba – 2000/2010

Município	Ano 2000			Ano 2010		
	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
Carnaubal	15.230	6.925	8305	16.746	7.960	8.786
Croatá	16.064	7.298	8766	17.069	9.038	8.031
Guaraciaba do Norte	35.037	14.826	20211	37.775	17.403	20.372
Ibiapina	22.157	8.231	13926	23.808	10.743	13.065
Ipueiras	38.219	15.775	22444	37.862	18.358	19.504
Poranga	11.737	7.135	4602	12.001	7.798	4.203
São Benedito	39.894	20.970	18924	44.178	24.554	19.624
Tianguá	58.069	37.299	20770	68.892	45.819	23.073
Ubajara	27.095	12.490	14605	31.787	15.350	16.437
Viçosa do Ceará	45.427	14.478	30949	54.955	17.827	37.128
Total	308.929	145.427	163.502	345.073	174.850	170.223

Fonte: IBGE, Censos demográficos 2000 e 2010.

Dessa forma, evidencia-se que houve no período um maior crescimento populacional nas áreas urbanas em comparação às rurais, citando-se também que na década 2000/2010 a população total da bacia teve um incremento relativo da ordem de 11,7%, sendo as taxas de crescimento populacional de 20,2% e 4,1% para o meio urbano e rural, respectivamente.

Os Quadros 14, 15 e 16 mostram a projeção populacional total, urbana e rural da bacia hidrográfica da Serra da Ibiapaba referente aos anos de 2011 a 2050, assim como os Gráficos 7, 8 e 9 apresentam a evolução populacional projetada no período.

Quadro 14: Projeção da população total da bacia hidrográfica da Serra da Ibiapaba segundo métodos – 2011/2050

Ano	Método de Projeção – Bacia hidrográfica da Serra da Ibiapaba			
	Aritmético	Geométrico	Decrescente	Logístico
2011	348.687	349.134	349.049	348.659
2012	352.302	353.282	352.941	352.229
2013	355.916	357.519	356.750	355.781
2014	359.531	361.845	360.478	359.313
2015	363.145	366.263	364.127	362.822
2016	366.759	370.774	367.697	366.307
2017	370.374	375.380	371.189	369.764
2018	373.988	380.082	374.606	373.192
2019	377.603	384.882	377.948	376.589
2020	381.217	389.782	381.217	379.952
2021	384.831	394.784	384.413	383.281
2022	388.446	399.889	387.539	386.573
2023	392.060	405.100	390.594	389.827
2024	395.675	410.418	393.581	393.041
2025	399.289	415.845	396.499	396.213
2026	402.903	421.383	399.351	399.343
2027	406.518	427.034	402.138	402.429
2028	410.132	432.801	404.860	405.471
2029	413.747	438.685	407.518	408.466
2030	417.361	444.688	410.113	411.415
2031	420.975	450.814	412.647	414.316
2032	424.590	457.063	415.120	417.170
2033	428.204	463.438	417.533	419.974
2034	431.819	469.942	419.887	422.729
2035	435.433	476.577	422.183	425.434
2036	439.047	483.346	424.422	428.089
2037	442.662	490.250	426.604	430.694
2038	446.276	497.293	428.731	433.249
2039	449.891	504.477	430.803	435.753
2040	453.505	511.805	432.821	438.207
2041	457.119	519.279	434.785	440.610
2042	460.734	526.903	436.697	442.963
2043	464.348	534.678	438.557	445.266
2044	467.963	542.609	440.366	447.519
2045	471.577	550.697	442.125	449.723
2046	475.191	558.946	443.834	451.878
2047	478.806	567.360	445.494	453.985
2048	482.420	575.940	447.105	456.043
2049	486.035	584.690	448.668	458.054
2050	489.649	593.615	450.185	460.018

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 15: Projeção da **população urbana** da bacia hidrográfica da Serra da Ibiapaba segundo métodos – 2011/2050

Ano	Método de Projeção – Bacia hidrográfica da Serra da Ibiapaba			
	Aritmético	Geométrico	Decrescente	Logístico
2011	177.792	178.116	178.053	177.768
2012	180.735	181.445	181.196	180.672
2013	183.677	184.839	184.278	183.561
2014	186.619	188.300	187.302	186.433
2015	189.562	191.828	190.268	189.285
2016	192.504	195.425	193.177	192.116
2017	195.446	199.092	196.031	194.924
2018	198.388	202.831	198.831	197.707
2019	201.331	206.643	201.578	200.463
2020	204.273	210.530	204.273	203.191
2021	207.215	214.493	206.917	205.889
2022	210.158	218.534	209.510	208.555
2023	213.100	222.654	212.054	211.189
2024	216.042	226.855	214.551	213.790
2025	218.985	231.138	217.000	216.354
2026	221.927	235.506	219.402	218.883
2027	224.869	239.960	221.760	221.375
2028	227.811	244.501	224.073	223.828
2029	230.754	249.132	226.342	226.243
2030	233.696	253.854	228.568	228.618
2031	236.638	258.669	230.753	230.952
2032	239.581	263.580	232.896	233.246
2033	242.523	268.587	234.999	235.498
2034	245.465	273.694	237.063	237.709
2035	248.408	278.901	239.088	239.878
2036	251.350	284.212	241.074	242.004
2037	254.292	289.628	243.024	244.088
2038	257.234	295.151	244.937	246.129
2039	260.177	300.784	246.814	248.128
2040	263.119	306.529	248.656	250.085
2041	266.061	312.387	250.463	251.999
2042	269.004	318.363	252.237	253.871
2043	271.946	324.457	253.978	255.701
2044	274.888	330.672	255.686	257.490
2045	277.831	337.011	257.362	259.237
2046	280.773	343.477	259.007	260.942
2047	283.715	350.071	260.622	262.608
2048	286.657	356.797	262.206	264.233
2049	289.600	363.657	263.761	265.818
2050	292.542	370.655	265.287	267.364

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 16: Projeção da **população rural** da bacia hidrográfica da Serra da Ibiapaba segundo métodos – 2011/2050

Ano	Método de Projeção – Bacia hidrográfica da Serra da Ibiapaba			
	Aritmético	Geométrico	Decrescente	Logístico
2011	170.895	171.018	170.995	170.891
2012	171.567	171.837	171.745	171.557
2013	172.239	172.679	172.472	172.220
2014	172.911	173.545	173.177	172.880
2015	173.584	174.435	173.859	173.537
2016	174.256	175.349	174.519	174.191

Ano	Método de Projeção – Bacia hidrográfica da Serra da Ibiapaba			
	Aritmético	Geométrico	Decrescente	Logístico
2017	174.928	176.288	175.158	174.840
2018	175.600	177.251	175.775	175.485
2019	176.272	178.239	176.370	176.126
2020	176.944	179.252	176.944	176.762
2021	177.616	180.291	177.497	177.392
2022	178.288	181.356	178.029	178.018
2023	178.960	182.446	178.540	178.637
2024	179.632	183.563	179.030	179.251
2025	180.305	184.707	179.500	179.859
2026	180.977	185.877	179.949	180.460
2027	181.649	187.075	180.378	181.055
2028	182.321	188.300	180.787	181.643
2029	182.993	189.553	181.176	182.224
2030	183.665	190.834	181.545	182.798
2031	184.337	192.144	181.894	183.364
2032	185.009	193.483	182.224	183.924
2033	185.681	194.851	182.534	184.476
2034	186.353	196.248	182.824	185.020
2035	187.026	197.676	183.096	185.556
2036	187.698	199.134	183.348	186.085
2037	188.370	200.622	183.580	186.606
2038	189.042	202.142	183.794	187.119
2039	189.714	203.693	183.989	187.624
2040	190.386	205.276	184.165	188.121
2041	191.058	206.892	184.322	188.611
2042	191.730	208.540	184.460	189.092
2043	192.402	210.222	184.580	189.565
2044	193.074	211.937	184.681	190.030
2045	193.747	213.686	184.763	190.487
2046	194.419	215.470	184.827	190.936
2047	195.091	217.288	184.872	191.377
2048	195.763	219.143	184.899	191.810
2049	196.435	221.033	184.908	192.236
2050	197.107	222.960	184.898	192.654

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 7: Projeção da população total da bacia da Ibiapaba segundo métodos – 2011/2050

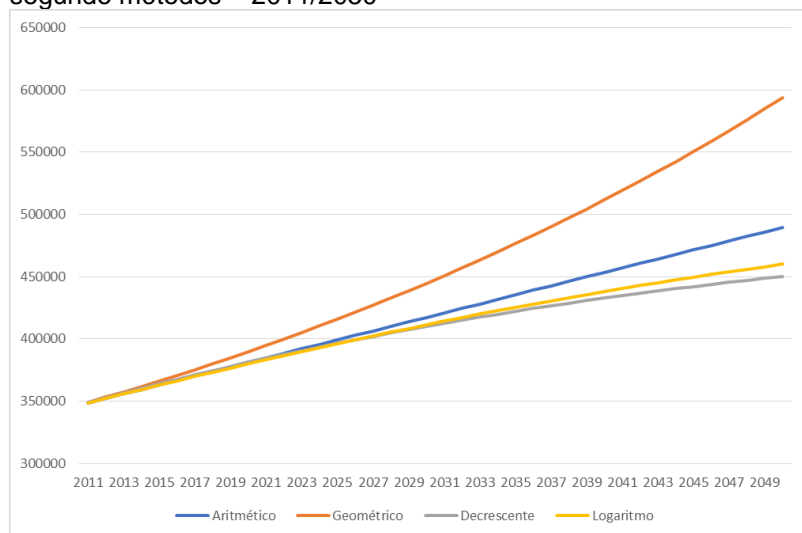


Gráfico 8: Projeção da população urbana da bacia da Ibiapaba segundo métodos – 2011/2050

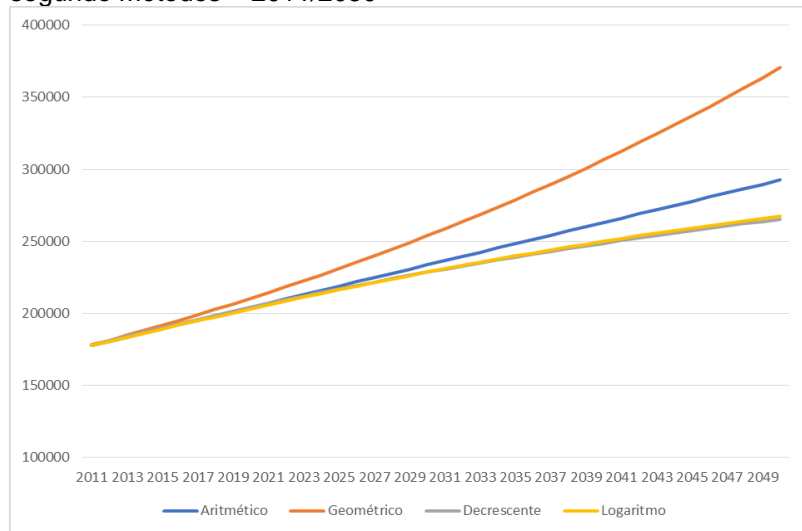
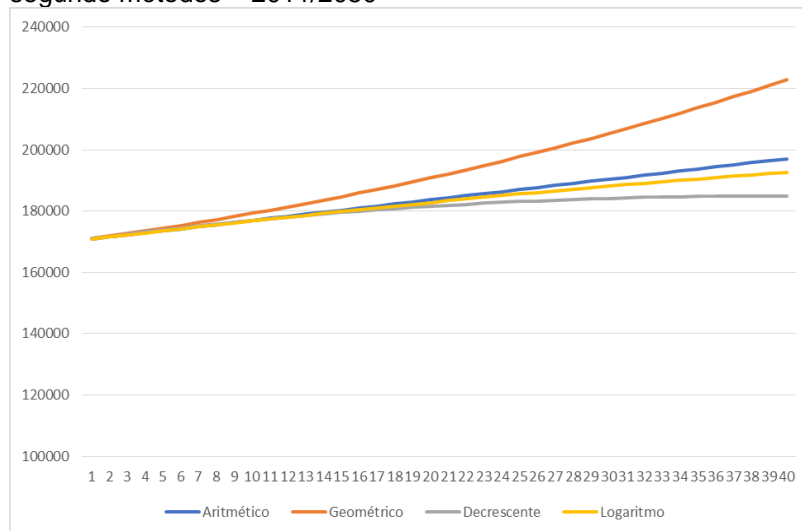


Gráfico 9: Projeção da população rural da bacia da Ibiapaba segundo métodos – 2011/2050



Fonte: Elaboração própria.

Segundo análise dos três gráficos percebe-se que os métodos decrescente e logístico geraram projeções populacionais mais próximas entre si, enquanto os métodos aritmético e, principalmente, o geométrico tenderam a estimar valores populacionais maiores ao longo dos anos.

Neste contexto, o Quadro 17 exhibe as estimativas populacionais do IBGE para a bacia hidrográfica da Serra da Ibiapaba para os anos com dados disponíveis, ou seja, de 2011 a 2021, assim como os dados projetados para cada um dos quatro métodos utilizados.

Quadro 17: Estimativa populacional e projeção da população total da bacia hidrográfica da Serra da Ibiapaba segundo métodos – 2011/2021

Ano	Estimativa populacional (IBGE)	Aritmético	Geométrico	Decrescente	Logístico
2011	347.847	348.687	349.134	349.049	348.659
2012	350.535	352.302	353.282	352.941	352.229
2013	357.190	355.916	357.519	356.750	355.781
2014	359.434	359.531	361.845	360.478	359.313
2015	361.590	363.145	366.263	364.127	362.822
2016	363.658	366.759	370.774	367.697	366.307
2017	365.643	370.374	375.380	371.189	369.764
2018	367.962	373.988	380.082	374.606	373.192
2019	371.340	377.603	384.882	377.948	376.589
2020	373.270	381.217	389.782	381.217	379.952
2021	375.148	384.831	394.784	384.413	383.281

Fonte: IBGE e elaboração própria.

A partir dos dados apresentados no quadro acima é possível calcular o erro médio de precisão (EMP e EMPM) para cada uma das metodologias de projeções em comparação com a estimativa anual do IBGE (Quadro 18).

Quadro 18: Erros percentuais calculados para cada uma das projeções utilizadas em comparação com a estimativa oficial do IBGE – Serra da Ibiapaba – 2011/2021

Ano	Aritmético		Geométrico		Decrescente		Logístico	
	EMP	EMPM	EMP	EMPM	EMP	EMPM	EMP	EMPM
2011	0,24	0,24	0,37	0,37	0,35	0,35	0,23	0,23
2012	0,50	0,50	0,78	0,78	0,69	0,69	0,48	0,48
2013	-0,36	0,36	0,09	0,09	-0,12	0,12	-0,39	0,39
2014	0,03	0,03	0,67	0,67	0,29	0,29	-0,03	-0,03
2015	0,43	0,43	1,29	1,29	0,70	0,70	0,34	0,34
2016	0,85	0,85	1,96	1,96	1,11	1,11	0,73	0,73
2017	1,29	1,29	2,66	2,66	1,52	1,52	1,13	1,13
2018	1,64	1,64	3,29	3,29	1,81	1,81	1,42	1,42
2019	1,69	1,69	3,65	3,65	1,78	1,78	1,41	1,41
2020	2,13	2,13	4,42	4,42	2,13	2,13	1,79	1,79
2021	2,58	2,58	5,23	5,23	2,47	2,47	2,17	2,17
Média	1,00	1,07	2,22	2,22	1,16	1,18	0,84	0,92

Fonte: Elaboração própria.

O menor erro médio de precisão indica a projeção populacional que mais se aproxima da estimativa oficial do IBGE, identificando-se o método logístico como aquele que apresenta dados mais próximos daqueles praticados pelo IBGE.

4.4. Projeções populacionais selecionadas

Nos Quadros 19, 20 e 21 são apresentadas as projeções populacionais (total, urbana e rural) selecionadas para as bacias hidrográficas do Curu, Sertão do Crateús e Serra da Ibiapaba, atinente aos anos de 2011 a 2050.

Quadro 19: Projeção da **população total, urbana e rural** da bacia hidrográfica do Curu – 2011/2050

Ano	População projetada		
	Total	Urbana	Rural
2011	368.791	218.228	150.563
2012	372.841	221.911	150.930
2013	376.860	225.558	151.302
2014	380.843	229.164	151.679
2015	384.787	232.725	152.061
2016	388.686	236.238	152.448
2017	392.539	239.700	152.838
2018	396.340	243.109	153.231
2019	400.087	246.460	153.627
2020	403.844	249.754	154.091
2021	407.534	252.987	154.547
2022	411.156	256.159	154.997
2023	414.707	259.268	155.438
2024	418.187	262.315	155.872
2025	421.595	265.297	156.298
2026	424.931	268.216	156.716
2027	428.196	271.070	157.126
2028	431.387	273.860	157.527
2029	434.507	276.587	157.919
2030	437.554	279.251	158.303
2031	440.530	281.852	158.678
2032	443.435	284.391	159.044
2033	446.270	286.868	159.402
2034	449.038	289.286	159.752
2035	451.737	291.644	160.093
2036	454.369	293.943	160.425
2037	456.935	296.186	160.749
2038	459.436	298.372	161.064
2039	461.874	300.502	161.371
2040	464.249	302.579	161.670
2041	466.563	304.603	161.961
2042	468.818	306.575	162.243
2043	471.013	308.496	162.517
2044	473.152	310.368	162.785
2045	475.227	312.191	163.035
2046	477.253	313.968	163.285
2047	479.221	315.698	163.523
2048	481.144	317.384	163.761
2049	483.015	319.025	163.990
2050	484.835	320.624	164.211

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 20: Projeção da **população total, urbana e rural** da bacia hidrográfica do Sertão dos Crateús – 2011/2050

Ano	População projetada		
	Total	Urbana	Rural
2011	243.621	135.763	107.858
2012	244.374	137.498	106.876
2013	245.164	139.257	105.907
2014	245.992	141.041	104.952
2015	246.859	142.850	104.010
2016	247.765	144.684	103.081
2017	248.709	146.544	102.165
2018	249.693	148.430	101.263
2019	250.716	150.343	100.372
2020	251.778	152.283	99.495
2021	252.880	154.251	98.629
2022	254.022	156.247	97.776
2023	255.205	158.270	96.934
2024	256.428	160.323	96.104
2025	257.691	162.405	95.286
2026	258.996	164.517	94.479
2027	260.343	166.659	93.684
2028	261.731	168.832	92.899
2029	263.162	171.036	92.126
2030	264.635	173.272	91.363
2031	266.150	175.540	90.611
2032	267.709	177.840	89.869
2033	269.312	180.174	89.138
2034	270.958	182.542	88.416
2035	272.649	184.944	87.705
2036	274.385	187.381	87.004
2037	276.166	189.854	86.312
2038	277.992	192.362	85.630
2039	279.865	194.908	84.957
2040	281.784	197.490	84.294
2041	283.751	200.111	83.640
2042	285.765	202.770	82.995
2043	287.827	205.468	82.359
2044	289.937	208.206	81.731
2045	292.097	210.984	81.113
2046	294.306	213.803	80.503
2047	296.566	216.665	79.901
2048	298.876	219.568	79.308
2049	301.238	222.515	78.722
2050	303.651	225.506	78.145

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 21: Projeção da **população total, urbana e rural** da bacia hidrográfica da Serra da Ibiapaba – 2011/2050

Ano	População projetada		
	Total	Urbana	Rural
2011	348.659	177.768	170.891
2012	352.229	180.672	171.557
2013	355.781	183.561	172.220
2014	359.313	186.433	172.880
2015	362.822	189.285	173.537
2016	366.307	192.116	174.191
2017	369.764	194.924	174.840
2018	373.192	197.707	175.485
2019	376.589	200.463	176.126
2020	379.952	203.191	176.762
2021	383.281	205.889	177.392
2022	386.573	208.555	178.018
2023	389.827	211.189	178.637
2024	393.041	213.790	179.251
2025	396.213	216.354	179.859
2026	399.343	218.883	180.460
2027	402.429	221.375	181.055
2028	405.471	223.828	181.643
2029	408.466	226.243	182.224
2030	411.415	228.618	182.798
2031	414.316	230.952	183.364
2032	417.170	233.246	183.924
2033	419.974	235.498	184.476
2034	422.729	237.709	185.020
2035	425.434	239.878	185.556
2036	428.089	242.004	186.085
2037	430.694	244.088	186.606
2038	433.249	246.129	187.119
2039	435.753	248.128	187.624
2040	438.207	250.085	188.121
2041	440.610	251.999	188.611
2042	442.963	253.871	189.092
2043	445.266	255.701	189.565
2044	447.519	257.490	190.030
2045	449.723	259.237	190.487
2046	451.878	260.942	190.936
2047	453.985	262.608	191.377
2048	456.043	264.233	191.810
2049	458.054	265.818	192.236
2050	460.018	267.364	192.654

Fonte: Elaboração própria.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa nota técnica objetivou calcular as projeções para a população total, urbana e rural das bacias hidrográficas do Curu, Sertão dos Crateús e Serra da Ibiapaba tendo como horizonte temporal final o ano de 2050, gerando-se importantes subsídios para o desenvolvimento do Plano de Recursos Hídricos que está sendo conduzido pela COGERH.

Destaca-se que a tarefa de projetar uma população para longos períodos de tempo normalmente é uma atividade bastante complexa, uma vez que pode existir a interação de diversas variáveis (demográficas, econômicas, sociais) que nem sempre podem ser quantificáveis.

Nesse contexto, muitos eventos inesperados podem alterar a trajetória de crescimento (ou redução) prevista pelos métodos de projeção populacional, ainda mais considerando o horizonte temporal de longo prazo definido no Plano de Recursos Hídricos.

Desse modo, ressalta-se a importância da revisão das projeções populacionais a cada período de 5 anos ou pelo menos a cada novo censo demográfico, a fim de adequar sempre o planejamento previsto à realidade populacional da bacia hidrográfica.

REFERÊNCIAS

- BORGES, A. S. et al. **Projeções populacionais no Brasil: subsídios para seu aprimoramento.** Disponível em: www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2006/docspdf/ABEP2006_901. Acesso em: 18 de agosto de 2007.
- BRITO, L. P. G; CAVENAGHI, S; JANNUZZI, P. M. Estimativas e projeções populacionais para pequenos domínios: uma avaliação da precisão para municípios do Rio de Janeiro em 2000 e 2007. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais.** V. 27, n. 1. P. 35-57. 2007.
- DEVINE, J.; COLEMAN, C. **People might move but housing units don't: an evaluation of the state and county housing unit estimates.** Washington: Population Division Working Paper Series nº 71 – U.S. Census Bureau. 2003.
- IBGE, **Censos demográficos de 2000 e 2010.** Disponível na internet: www.sidra.ibge.gov.br. Acesso em 19/09/2021.
- MATUDA, N. **Introdução a Demografia:** Notas de Aula. Departamento de Estatística, UNIVERSIDADE FEDERAL PARANÁ. Paraná. 2009.
- ONU, Organização das Nações Unidas. **World Population Prospects.** Disponível na internet: <https://population.un.org/wpp/> Acesso em: 18/09/2021.
- QUASIM, S. R. **Wastewater treatment plants: planning, design, and operation.** CBS College Publishing, Estados Unidos, 1985.
- SMITH, S.; TAYMAN, J.; SWANSON, D. **State and local population projections: methodology and analysis.** New York: Kluwer, capítulos 1, 2, 12 e 13, 2001.
- TSUTIYA, Milton. **Abastecimento de água.** 3a. ed. São Paulo. Departamento de engenharia hidráulica e sanitária da escola politécnica da universidade de São Paulo. 2006.