

VI-232 - AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE PROJEÇÃO POPULACIONAL PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE SANEAMENTO BÁSICO EM BELÉM DO PARÁ

Giovanni Chaves Penner⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo (EESC/USP). Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP.

Ana Gabriela Santos Dias⁽¹⁾

Bacharelada em Engenharia Sanitária e Ambiental pela UFPA.

Laércio dos Santos Rosa Junior⁽¹⁾

Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental pela UFPA.

Endereço⁽¹⁾: UFPA – Rua Augusto Corrêa, s/n, Belém-PA, Brasil. CEP: 66075-110. E-mail: gpenner@gmail.com

RESUMO

Para o dimensionamento de obras de saneamento, é de fundamental importância a aplicação de modelos matemáticos, que possibilitem a estimativa da população a ser atendida pelos serviços provenientes da execução dos projetos.

Sabe-se que projeções populacionais realizadas adequadamente possibilitam maior eficiência na distribuição dos serviços oferecidos. Por outro lado, uma projeção consideravelmente abaixo ou acima do que representará a realidade pode gerar, por exemplo, deficiências no atendimento dos usuários e encarecimento do projeto para uma determinada região.

Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo demonstrar a importância da adequada projeção populacional, bem como discutir sobre a precisão dos métodos de projeção utilizados na elaboração de projetos de saneamento básico no município de Belém do Pará. Os métodos de projeção adotados foram o Método Aritmético, Método Geométrico e Método Logístico.

O estudo foi realizado em quatro etapas. A primeira etapa consistiu na pesquisa bibliográfica à cerca das metodologias utilizadas, a segunda consistiu na coleta de dados populacionais referentes ao município de Belém, a terceira na aplicação dos métodos de projeção e a quarta etapa consistiu na comparação dos resultados obtidos com as estimativas do Plano de Saneamento de Belém, tendo-se como base os censos do IBGE.

Com base nos resultados obtidos, pôde-se concluir sobre a precisão dos métodos utilizados, quando comparados com os dados das projeções feitas para o Plano de Saneamento Básico do Município de Belém (PSBMB), com base nas estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Também foi possível concluir sobre quais as vantagens e desvantagens de cada método.

PALAVRAS-CHAVE: Projeção Populacional, Projetos de Saneamento, Saneamento Básico, Obras de Saneamento, Belém do Pará.

INTRODUÇÃO

Segundo Matuda (2009) em qualquer país o crescimento populacional resulta de duas variáveis: o saldo das migrações externas e o crescimento natural ou vegetativo da população. No caso do Brasil, apesar da imigração ter contribuído de forma decisiva no aumento populacional, sem dúvida foi o crescimento vegetativo o fator principal desse aumento. Se até a década de 1930 a imigração teve participação importante no crescimento populacional, a partir de então, o crescimento populacional passou a depender, quase exclusivamente, do crescimento vegetativo.

Quando aborda-se especificamente Belém do Pará, verifica-se que a dinâmica do crescimento populacional não foi diferente. De acordo com Coêlho (2017), o dinheiro gerado pela comercialização da borracha, no século XIX, foi muito importante para a estruturação urbana do município. À partir do ano de 1897, foram promovidas diversas mudanças de renovação estética e higienista como a instalação de uma rede coletora de esgoto, criação do serviço de transporte público e a instalação de poços artesianos para fim de abastecimento.

Dessa forma, houve um grande número de imigrantes e emigrantes vindo morar e trabalhar na cidade, fazendo com que o crescimento de sua população se acentuasse, até que este passasse a ser predominantemente vegetativo.

Neste contexto, conforme explica Benetti (2007), muitos serviços públicos são estratégicos e necessitam de projeção populacional para que não sofram as consequências da falta de planejamento adequado, já que a falta de infraestrutura em algumas áreas pode acarretar problemas em outras. Exemplo disso é a relação entre os serviços de água e esgoto com a área da saúde pública, levando em conta os problemas de saúde ocasionados pelo contato de pessoas com águas poluídas e/ou contaminadas. Este fato, por si só, justifica a necessidade de investimento em infraestrutura.

Nos projetos de saneamento básico, a projeção populacional é indispensável, pois para os diferentes projetos dessa área é necessário o conhecimento da população de início e de final de plano (população de projeto), bem como da sua evolução ao longo do tempo, para o estudo das etapas de implantação. Estes valores servem de “base” para os dimensionamentos.

Quanto os modelos matemáticos utilizados para efetuar a projeção populacional, Hernández e Peroni (2011) entendem que não há um perfeito que seja geral, realista, preciso e simples ao mesmo tempo. A generalidade e a simplicidade sacrificam a precisão e o realismo de um modelo, que nada mais é que uma simplificação da realidade, para facilitar seu entendimento, e que pode gerar formulações que imitam um fenômeno do mundo real. Conforme os referidos autores, apesar de os modelos que necessitem de precisão, possibilitam a compreensão de tendências populacionais básicas.

OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo verificar qual dos métodos mais comuns de projeção (Método Aritmético, Método Geométrico e Método Logístico) é o mais preciso, quanto a representação real da evolução populacional em Belém, relacionando-se com o atendimento pelo serviços de saneamento básico.

METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa deste trabalho é desenvolvida ao longo das seguintes etapas:

- Primeira etapa: pesquisa bibliográfica à cerca dos modelos de projeção populacional utilizados;
- Segunda etapa: levantamento de dados populacionais referentes ao município de Belém do Pará;
- Terceira etapa: aplicação dos modelos de projeção populacional;
- Quarta etapa: resultados e discussão.

Para a escolha dos métodos levou-se em consideração as seguintes condições:

- A validade;
- O custo de aplicação;
- A facilidade de aplicação;
- A utilidade como ferramenta analítica;
- Aceitação política.

PRIMEIRA ETAPA: PESQUISA BIBLIOGRÁFICA À CERCA DOS MODELOS DE PROJEÇÃO POPULACIONAL UTILIZADOS

Os métodos abordados no estudo utilizaram a população dos anos de 1872 a 2010, obtidos dos últimos censos e do Anuário Estatístico do Município de Belém 2011. As projeções para os seguintes anos utilizaram os métodos matemáticos aritmético, geométrico e logístico.

O método aritmético pressupõe uma taxa de crescimento constante para os anos que seguem a parti de dados conhecidos, por exemplo, a população do último censo (TSUTIYA, 2006, p. 59).

$$dP/dt = Ka$$

$$P = P_2 + Ka (t - t_2)$$

Este método admite que a população varie linearmente com o tempo e pode ser utilizado para a previsão da populacional para um período pequeno, de 1 a 5 anos. Para períodos longos, torna-se acentuada a discrepância com a realidade histórica, uma vez que o crescimento é pressuposto limitado.

Quanto ao método geométrico Tsutiya (2006), considera para iguais períodos de tempo, a mesma porcentagem de aumento da população. Neste estudo para o método utilizou-se o logarítimo neperiano, sendo a expressão geral do método:

$$K_g = (\ln P_2 - \ln P_1) / (t_2 - t_1)$$

$$P = P_2 e^{K_g (t - t_2)}$$

A taxa de crescimento K_a e K_g para ambos os métodos, foi determinado com base no censo de 2000 e 2010.

No terceiro método, o logístico, na medida em que são conhecidos os valores P , de uma população, e os correspondentes valores dos tempos em que são observados, é possível ajustar-se a esses resultados o modelo da equação abaixo. Para tanto, basta que se determinem os parâmetros K_0 e P_{lim}

$$P = 1 + \frac{P_{lim} - P_0}{P_0} e^{-K_0 (t - t_0)}$$

SEGUNDA ETAPA: LEVANTAMENTO DE DADOS POPULACIONAIS REFERENTES AO MUNICÍPIO DE BELÉM DO PARÁ

Os dados obtidos referentes a população histórica de Belém foram correspondentes ao período de 1872 a 2005, com base em informações do IBGE. O quantitativos populacionais dos os anos obtidos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: População de Belém no período de 1872 a 2005

Ano base	População
1872	61 997
1890	50 064
1900	96 560
1920	236 402
1940	206 331
1950	254 949
1960	399 222
1970	633 374
1980	933 287
1991	1244689
1996	1144312
2000	1279861
2001	1304314
2002	1322683
2003	1342202
2004	1386482
2005	1425260

TERCEIRA ETAPA: APLICAÇÃO DOS MODELOS DE PROJEÇÃO POPULACIONAL

Para a aplicação dos modelos matemáticos considerou-se um horizonte de 30 anos. Sendo assim, foram projetadas as populações anuais do período compreendido entre 2006 a 2035. Em seguida, elaborou-se uma tabela para os resultados para os principais anos projetados, de 2010 à 2035.

RESULTADOS OBTIDOS

A Tabela 2 apresenta projeções, de maneira comparativa, variando a cada 5 anos, de 2010 a 2035, conforme cada modelo de projeção.

Tabela 2: Projeção para o período de 2010 a 2035

Ano	IBGE	Aritmético		Geométrico		Logístico	
		PSBMB	Autores	PSBMB	Autores	PSBMB	Autores
2010	1.393.399	1.393.399	1.502.816	1.393.399	1.544.287	1.393.399	1.392.893
2015	1.439.561	1.465.871	1.599.761	1.585.813	1.696.332	1.378.130	1.418.124
2020	-	1.538.343	1.696.706	1.585.813	1.863.346	1.402.308	1.435.954
2025	-	1.610.814	1.793.651	1.691.019	2.046.803	1.420.774	1.448.437
2030	-	1.683.286	1.890.596	1.802.700	2.248.324	1.434.771	1.457.121
2035	-	1.755.758	1.987.541	1.921.235	2.469.684	1.445.319	1.463.133

Os resultados obtidos através dos Métodos de projeção populacional Aritmético, Geométrico e Logístico, em sua totalidade, estão representados nas figuras 1, 2 e 3 respectivamente.

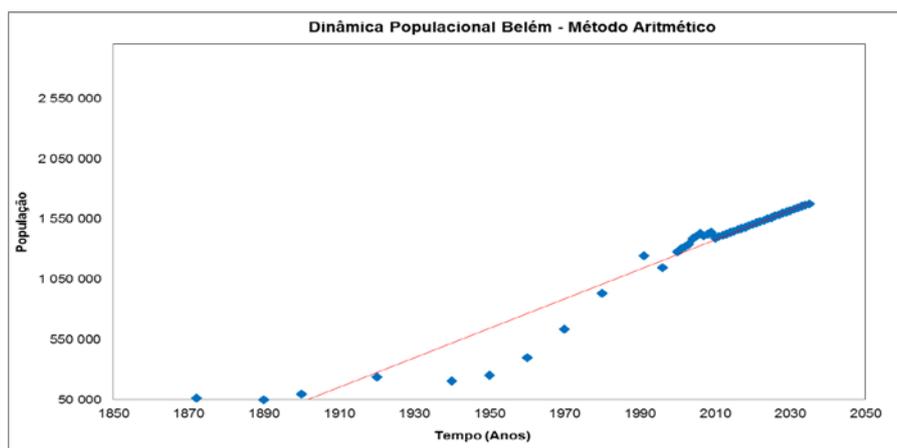


Figura 1: Dinâmica Populacional de Belém obtida através do Método Aritmético: 1872 - 2035

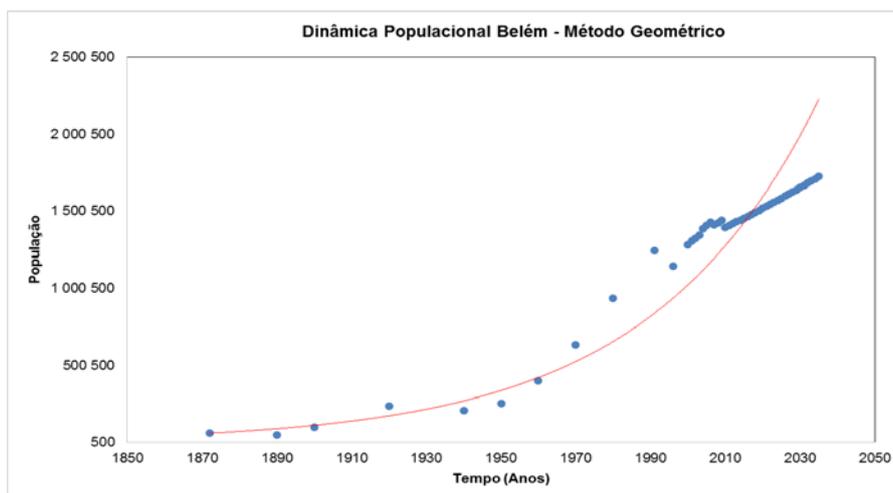


Figura 2: Dinâmica Populacional de Belém obtida através do Método Geométrico: 1872 - 2035

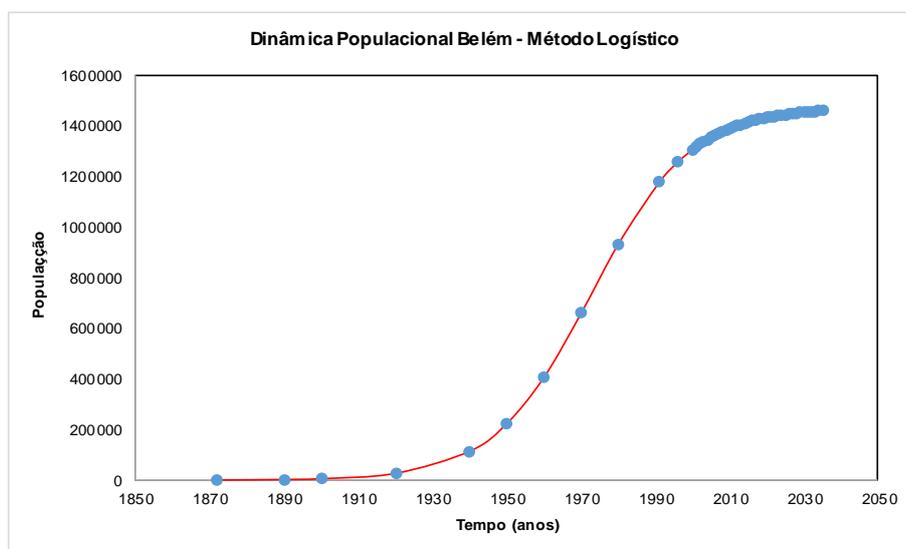


Figura 3: Dinâmica Populacional de Belém obtida através do Método Logístico: 1872 - 2035

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Comparando-se os resultados, percebe-se que as projeções realizadas no PSBMB foram mais precisas, comparadas com os censos e estimativas do IBGE, no Métodos Aritmético e Geométrico.

No que diz respeito aos Métodos Aritmético e Geométrico, isso deve-se ao fato de que no PSBMB a população foi prevista para um curto intervalo de tempo, partindo-se de dados dos últimos censos, imediatamente anteriores ao ano base da projeção, os quais serviram como base para o cálculo da taxa de crescimento anual. Já no presente estudo, considerou-se uma previsão para um período muito longo, o que tornou acentuada a discrepância com a realidade histórica da população.

Quanto ao método da curva logística, as projeções realizadas no estudo foram mais eficientes, se comparadas com os resultados obtidos no PSBMB: neste trabalho o erro obtido foi de apenas 3,25% (para menos), já no PSBMB o erro obtido foi de 8,18% (para mais). A maior precisão obtida neste estudo deve-se ao fato de que, diferentemente dos métodos anteriores, a maior quantidade de dados levados em consideração para a projeção foram determinantes: enquanto no PSBMB foram utilizados quantitativos populacionais referentes a 4 censos, nesta pesquisa foi utilizada uma série histórica com 17 anos (1872 - 2005).

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e comparações realizadas, percebeu-se que o método mais recomendado para quantificar uma grande população como a do município de Belém, ao longo dos anos, é o Método Logístico. A adoção deste método possibilitaria um melhor investimento do dinheiro público voltado para o saneamento básico e também possibilita uma melhor distribuição destes serviços para a população de Belém.

Somado a isso, retoma-se a importância dos critérios de seleção dos métodos de projeção populacional (validade; custo de aplicação; facilidade de aplicação; utilidade como ferramenta analítica e aceitação política.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BENETTI, J. A utilização da projeção populacional na elaboração de projetos de saneamento básico: Estudo de caso, IJUÍ, RS. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento De Tecnologia. Universidade Regional Do Noroeste Do Estado Do Rio Grande Do Sul. Ijuí/RS.2007.
2. MATUDA, N. Introdução A Demografia: Notas De Aula. Departamento de Estatística – UNIVERSIDADE FEDERAL PARANÁ. Paraná. 2009.
3. PERONI, M; HERNÁNDEZ, M. Ecologia de populações e comunidades. Florianópolis: CCB/EAD/UFSC, 2011.
4. TSUTIYA, Milton. Abastecimento de água. 3ªed. São Paulo. Departamento de engenharia hidráulica e sanitária da escola politécnica da universidade de São Paulo. 2006.