



XXIV CREAM
Congresso Nacional de Estudantes
de Engenharia Mecânica



Universidade Federal
do Rio Grande



INSTITUTO FEDERAL
RIO GRANDE DO SUL
Campus Rio Grande

XXIV Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica – 11 a 15/09/2017 – Rio Grande – RS

O FUTURO DO TRÂNSITO NO RIO GRANDE DO SUL: UMA ANÁLISE DO AUMENTO DA FROTA DE VEÍCULOS *VERSUS* O CRESCIMENTO POPULACIONAL

Vanessa Carina Dal Mago, Lucas Santin Bianchin, Matheus Berghetti, Denílson José Seidel

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – Campus Passo Fundo/RS

Estrada Perimetral Leste, 150, Passo Fundo/RS, CEP: 99064-440

vanessadalmago@gmail.com, lucas.sbianchin@hotmail.com, mberghetti@gmail.com, denilson.seidel@passofundo.ifsul.edu.br

RESUMO: O aumento da taxa de crescimento da frota de veículos nos estados brasileiros mostra-se cada vez maior que o da taxa de crescimento populacional. Desse modo, o congestionamento nesses estados é inevitável, ainda mais em um país onde o transporte individual é idealizado. Este artigo apresenta um estudo dos dados de crescimento populacional e da frota de veículos do estado do Rio Grande do Sul (RS). Tem como finalidade obter, através do método dos mínimos quadrados e do *software* Scilab, curvas que representem os dados de população e de frota de veículos, optando por aquelas que obtiverem o maior coeficiente de determinação e, a partir disso, determinar quando o número de conduções ultrapassará o número da população gaúcha. Os resultados indicam que em 2033 o RS terá mais veículos do que pessoas, indicando o possível aumento dos problemas com congestionamentos que acontecerão nos próximos 16 anos se nenhuma medida for providenciada.

Palavras-Chave: Frota de Veículos, Crescimento Populacional, Método dos Mínimos Quadrados

ABSTRACT: The increase in the growth rate of the vehicle fleet in the Brazilian states is increasing more than the rate of population growth. Thereby, the congestion in these states is inevitable, especially in a country where individual transport is idealized. This article presents a study of the population and vehicle fleet growth of the state of Rio Grande do Sul. Its purpose is to obtain, through the minimum squares method and the Scilab software, curves that represent population and vehicle fleet data, opting for those that obtain the highest coefficient of determination and, from this, to determine from which year the number of vehicles will surpass the number of the population. The results indicate that in 2033 the RS will have more vehicles than people, indicating the possible increase in congestion problems that will occur in the next 16 years if no measures are taken.

Keywords: Vehicle Fleet, Population Growth, Minimum Squares Method

INTRODUÇÃO

O trânsito se tornou uma das áreas mais estudadas por engenheiros devido a um significativo aumento na fabricação de meios de transporte, tanto de carga quanto de pessoas. Esse aumento na taxa de produção de veículos (o qual pode ser associado as medidas promovidas pelos fabricantes de veículos) corresponde a necessidade de ter disponível meios de transporte que facilitem e agilizem as atividades diárias da população. Para o governo de um estado, o trânsito é um dos setores que mais apresenta necessidade de atenção, devido ao apavorante e crescente número de acidentes envolvendo veículos. Somente no Rio Grande do Sul (RS), segundo o Departamento Estadual de Trânsito (DETRAN-RS), o número de veículos aumentou de 3 855 215 em 2007, para 6 403 542, em 2016.

Consoante o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA), dentre as competências de um engenheiro mecânico, publicada na Resolução nº 139, de 16 de março de 1964 no Diário Oficial, está o estudo, projeto, direção, fiscalização e construção de máquinas e motores. Assim, veículos estão intimamente ligados ao profissional dessa engenharia. Desse modo, estudos que envolvem o trânsito podem nortear as fábricas de veículos e, conseqüentemente, o engenheiro mecânico.

Conforme cresce a frota de veículos, cresce também a população de uma região. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população do Rio Grande do Sul aumentou de 10 844 476, em 2007, para 11 286 500, em 2016. O mais preocupante disso é que a taxa de crescimento do número veículos é muito maior que a da população. Enquanto o número de meios de transporte cresceu mais de 2,5 milhões, o número de habitantes do estado variou em pouco mais de 440 mil, no mesmo período de tempo.

Dentre as teorias de crescimento populacional, o economista inglês Thomas Malthus apresentou, em 1798, o primeiro modelo, que retrata que o crescimento de uma população se dará de maneira exponencial. Segundo Henriques (2007), este modelo, quando proposto, parecia condizente com a realidade. Teoricamente, o modelo de Malthus pode ser aplicado em casos ideais, pois uma população não pode crescer indefinidamente. Entretanto, o modelo possui algumas falhas, considerando as dificuldades encontradas na época para a coleta de dados precisos. Malthus tirou suas conclusões e formulou sua teoria baseando-se no comportamento demográfico e crescimento populacional de uma região onde a população era, em sua maioria, de classe rural. No entanto, ele falhou ao considerar suas conclusões válidas para todo o planeta, sem levar em conta efeitos de urbanização, progressos tecnológicos decorrentes da natural evolução humana, limitações no espaço, falta de alimentos e água, entre outros fatores.

Em 1838, surge um modelo conhecido na atualidade como modelo de crescimento logístico, elaborado por Pierre François Verhulst. Este modelo, de acordo com Tavoni (2013), é essencialmente o modelo de Malthus modificado, considerando a variação de crescimento dependendo da própria população em cada instante e que esse crescimento tende a estabilizar-se a partir de um determinado tempo. Essa estabilização acontece devido à redução de recursos naturais disponíveis. Assim, nota-se que o modelo de Verhulst tende a ser apropriado para quem deseja estudar dinâmicas populacionais, pois considera fatores importantes que afetam o crescimento da população de uma cidade e, nesse estudo em particular, investigar o crescimento populacional do RS e da frota de veículos desse estado. Atualmente pesquisas relacionadas ao trânsito são frequentes, já que este é causa de muitos problemas para o governo e para os cidadãos. A grande diferença entre o aumento da taxa do número de veículos e o aumento da taxa populacional do RS pode ser considerada um problema significativo, pois traz consequências como a superlotação de veículos e a poluição do estado. Estudos nessa área são de suma importância pois revelam aspectos positivos e também denunciam aspectos que precisam ser analisados, discutidos e, conseqüentemente, melhorados. Assim, a partir dessas pesquisas, o governo pode agir corretamente em relação a problemas no setor do trânsito.

Devido ao crescimento econômico e populacional, a movimentação urbana de pessoas tem ocasionado congestionamento do tráfego nas grandes metrópoles, resultando em aumento na demanda por transportes. Contudo, quando as cidades não estão preparadas e estruturadas para atender tal demanda, esse fluxo gera impactos negativos de ordem social, econômica e ambiental, além de gerar uma significativa deterioração na qualidade de vida dos envolvidos no processo (Neto *et al.* 2016).

A partir disso, esse estudo busca encontrar as curvas que melhor descrevem o crescimento da população e da frota de veículos do RS e, a partir delas, responder a seguinte questão: em que ano o número de veículos se tornará igual ao número de habitantes, considerando os crescimentos apresentados entre 2007 e 2016 e as projeções encontradas?

Para atingir esse objetivo será utilizado um método de ajuste de curvas, conhecido como método dos mínimos quadrados. Segundo Garnés *et al.* (1996), esse método foi aplicado pela primeira vez por Gauss (1809) e Legendre (1806) e tem se transformado no principal modo de modelamento de dados. O ajuste de curvas através do método dos mínimos quadrados, consiste em minimizar a soma de quadrados das diferenças (erro) entre valores correspondentes a uma reta (ou curva linearizada) e os valores reais da pesquisa (Helene, 2013). Uma maneira de verificar a qualidade da curva é, segundo Chapra & Canale (2016), através do coeficiente de determinação, um número que varia de 0 até 1, de modo que quanto mais próximo de um for esse valor, teoricamente melhor será a ajustagem. Todavia, é sempre aconselhado uma análise gráfica entre os dados da pesquisa (pontos no plano cartesiano) e a curva de regressão.

Logo após seu surgimento, o método dos mínimos quadrados apresentava restrições devido à quantidade de operações exigidas para alcançar um resultado. Entretanto, os atuais equipamentos tecnológicos eliminaram essas restrições, tornando bastante comum no ramo da engenharia a utilização de métodos numéricos e de modelagem matemática para encontrar uma equação aproximada que melhor correlacione os dados obtidos através de uma pesquisa. A partir desses instrumentos, pode-se entender de uma forma mais clara os dados da pesquisa, bem como os resultados que ela nos apresenta. Além disso, a utilização da modelagem matemática através de métodos numéricos permite alcançar uma previsão do comportamento dos dados de uma pesquisa no futuro. Essas previsões mostram-se de grande importância quando a pesquisa se trata de um problema, pois podem ajudar a amenizá-lo ou até mesmo solucioná-lo.

METODOLOGIA

Os dados de crescimento populacional, provenientes do IBGE (2017), estão descritos na Tab. 1 e os dados da frota de veículos, provenientes do DETRAN-RS (2017), estão descritos na Tab. 2.

Tabela 1: População do RS, de 2007 a 2016

Ano	População Total
2007	10.844.476
2008	10.906.958
2009	10.965.071
2010	11.019.030
2011	11.069.861
2012	11.118.261
2013	11.164.043
2014	11.207.274
2015	11.247.972
2016	11.286.500

Tabela 2: Frota de veículos do RS, de 2007 a 2016

Ano	Frota de Veículos
2007	3.855.215
2008	4.138.550
2009	4.417.646
2010	4.709.614
2011	5.031.931
2012	5.376.302
2013	5.721.904
2014	6.023.696
2015	6.234.770
2016	6.403.542

Para fazer a projeção da população e da frota de veículos do RS a partir dos dados da Tab.1 e da Tab. 2 foi desenvolvido um arquivo de *script* no Scilab¹ versão 5.5.2 contendo o método dos mínimos quadrados com o objetivo de testar (avaliar o maior coeficiente de determinação) as curvas da Eq. (1) (função linear), Eq. (2) (função exponencial), Eq. (3) (função potência) e Eq. (4) (modelo de Verhulst). As Eq. (1), Eq. (2) e Eq. (3) assim como suas respectivas linearizações foram obtidas em Barroso (1987) e a Eq. (4) foi obtida em Barbosa (2009). Os termos A e B representam constantes a serem determinadas com método de mínimos quadrados, t é a variável tempo, em anos, $P(t)$ é a população ou a frota de veículos em função do tempo e K e P_0 , na Eq. (4), são respectivamente o limite de saturação e o valor no instante inicial do modelo de crescimento logístico.

$$P(t) = A \cdot t + B \quad (1)$$

$$P(t) = A \cdot e^{-B \cdot t} \quad (2)$$

$$P(t) = A \cdot t^B \quad (3)$$

$$P(t) = \frac{K}{\left(\frac{K}{P_0} - 1\right) \cdot e^{-B \cdot t} + 1} \quad (4)$$

Antes de projetar a população e a frota de veículos do Rio Grande do Sul através do programa implementado, é preciso testá-lo. Para a validação do programa, utilizou-se a projeção de crescimento da população brasileira apresentada por Bassanezi (1994), considerando o modelo de Verhulst como modelo de projeção. De acordo com a Fig. (1) verifica-

¹ Scilab é um *software* para computação numérica, que além de gratuito oferece um eficiente ambiente para a solução de diversos problemas acadêmicos, como, por exemplo, problemas na área da engenharia. (Scilab Enterprises, 2017).

se que os dados do modelo do programa implementado estão condizentes com os dados apresentados pela bibliografia, pois possuem um bom nível de aproximação. Assim, conclui-se que o programa implementado pode ser usado para a projeção dos dados.

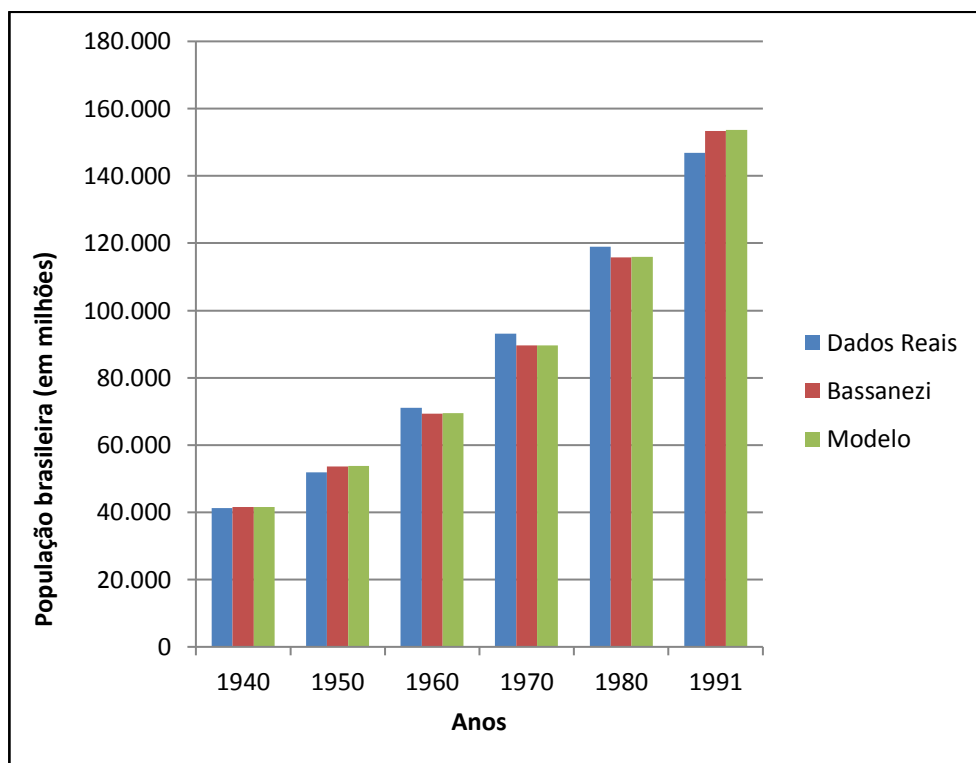


Figura 1. Validação do arquivo de *script* implementado no Scilab

A partir dos dados da Tab. 1 e da Tab. 2 e do arquivo implementado no Scilab busca-se encontrar as curvas que melhor ajustam o crescimento da população e da frota de veículos do RS, e assim encontrar o ano a partir do qual o número de conduções ultrapassará o número de habitantes no estado gaúcho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após serem testadas as curvas da Eq. (1) a Eq. (4) no arquivo de *script* criado no Scilab com os dados populacionais apresentados na Tab. 1 foram obtidos os coeficientes de determinação apresentados na Tab. 3.

Tabela 3. Coeficientes de determinação para os ajustes dos dados da Tab. 1

Nome	Equação	Coefficiente de determinação
Função linear	Equação 1	0,99448
Função exponencial	Equação 2	0,99362
Função potência	Equação 3	0,99372
Modelo de Verhulst	Equação 4	0,99999

A partir dos coeficientes de determinação apresentados na Tab. 3 observa-se que a curva que melhor ajusta o crescimento populacional do RS é o modelo de Verhulst. A Eq. (5) representa o modelo de crescimento logístico após ajustar os dados da Tab. (1).

$$P(t) = \frac{11\,870\,000}{1 + 2,052537996 \cdot 10^{-57} \cdot e^{-0,06692879 \cdot t}} \quad (5)$$

A partir da Eq. (5) observa-se que o limite de saturação (valor máximo que a população tende a alcançar) da população do RS é de 11,87 milhões de habitantes que será atingido aproximadamente no ano de 2085. A Fig. (2) representa o crescimento populacional do RS a partir da Eq. (5).

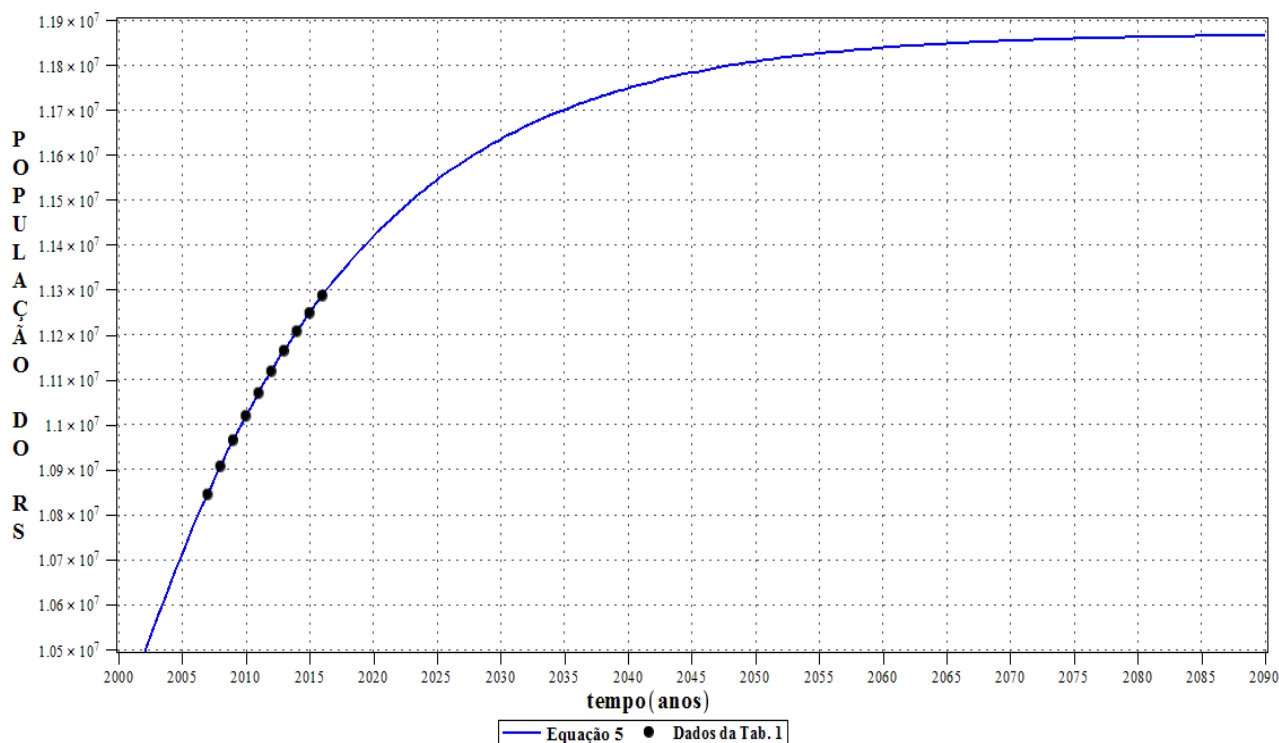


Figura 2. Crescimento populacional do RS, a partir da Eq. (5)

Do mesmo modo que com o crescimento populacional, foram testadas as curvas da Eq. (1) a Eq. (4) no arquivo de *script* com os dados de frota de veículos da Tab. 2. Os coeficientes de determinação das respectivas curvas estão apresentados na Tab. 4.

Tabela 4. Coeficientes de determinação para os ajustes dos dados da Tab. 2

Nome	Equação	Coefficiente de determinação
Função linear	Equação 1	0,99526
Função exponencial	Equação 2	0,98783
Função potência	Equação 3	0,98796
Modelo de Verhulst	Equação 4	0,99702

Os coeficientes de determinação apresentados na Tab. 4 demonstram que o modelo de Verhulst é também o que melhor correlaciona os dados da Tab. (2). A Eq. (6) representa o modelo de Verhulst que ajusta os dados da frota de veículos do RS.

$$P(t) = \frac{8\,500\,000}{1 + 5,25832285 \cdot 10^{131} \cdot e^{-0,151016536 \cdot t}} \quad (6)$$

A partir da Eq. (6) observa-se que o limite de saturação para a frota de veículos do RS é de 8,5 milhões que será atingido aproximadamente no ano de 2055. A Fig. (3) representa o crescimento da frota de veículos do RS a partir da Eq. (6).

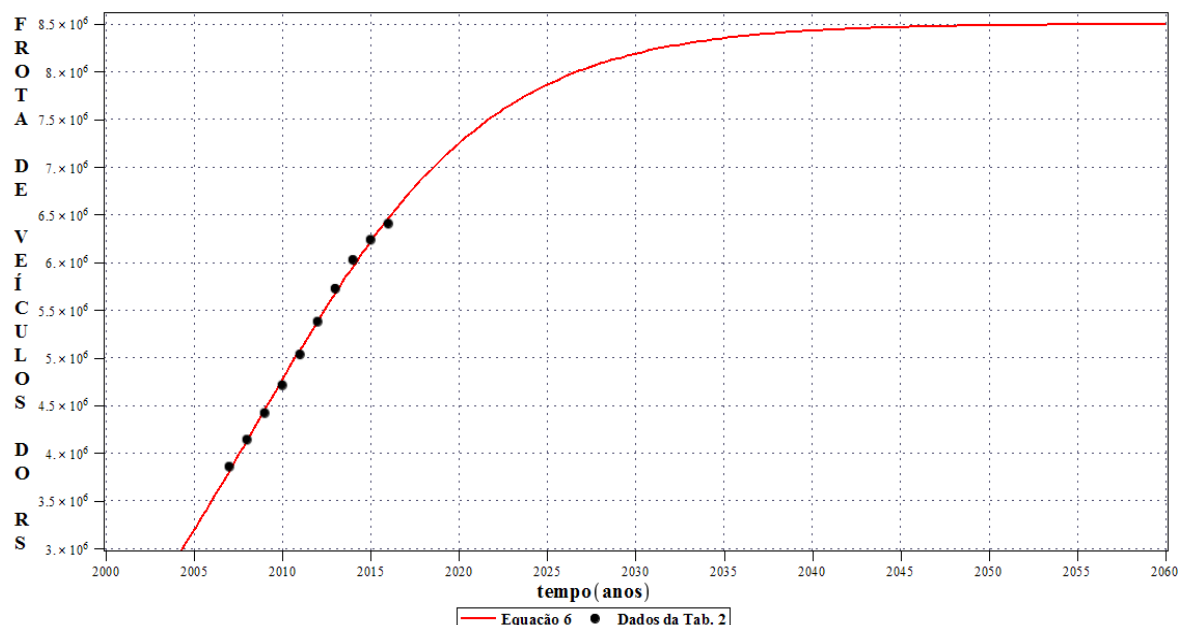


Figura 3. Crescimento da frota de veículos do RS, a partir da Eq. (6)

Com os limites de saturação da Eq. (5) e da Eq. (6), observa-se que o número de veículos nunca atingirá o número da população no estado do RS. A Fig. (4) representa o comportamento da Eq. (5) e da Eq. (6) no mesmo plano cartesiano, reforçando a ideia de que as curvas nunca irão se interceptar.

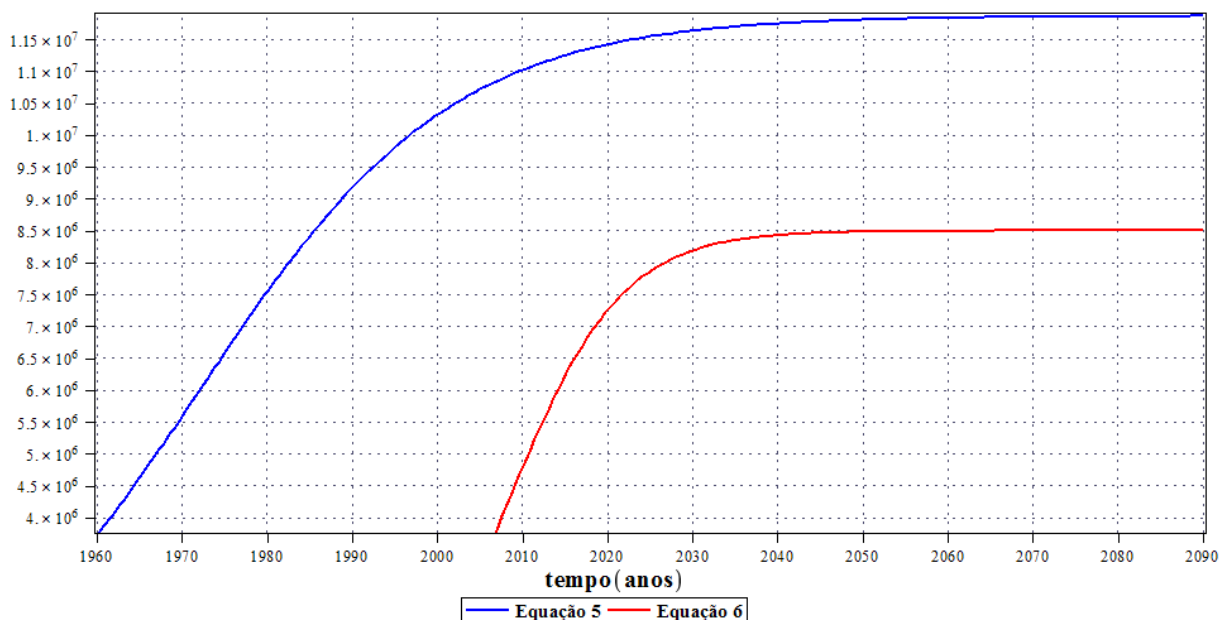


Figura 4. Comparativo entre a Eq. (5) e a Eq. (6)

Embora o modelo de Verhulst tenha apresentado o maior coeficiente de determinação e possa descrever o crescimento da frota de veículos do RS, ele também é um modelo muito relacionado ao crescimento populacional por levar em conta que uma população tende a se estabilizar ao longo dos anos. O crescimento do número de conduções depende de outros fatores, como do poder aquisitivo da população e da economia do estado no período analisado.

Portanto, utilizar o modelo de crescimento logístico para projetar a frota de veículos do estado não permite desenvolver o objetivo deste trabalho: encontrar o ano a partir do qual o número de veículos ultrapassará o número de habitantes, visto que pelos dados apresentados nas Tab. 1 e Tab. 2 o crescimento da frota de veículos é superior ao crescimento populacional. Assim, pela Tab. 4 observa-se que a Eq. (1) também descreve com bom coeficiente de determinação a frota de veículos do RS. A Eq. (7) representa a função linear que relaciona os dados da Tab. (2) e a Fig. (5) representa o crescimento da frota de veículos do RS a partir da Eq. (7).

$$P(t) = 297\,090,75152 \cdot t - 592\,406\,729,67578 \quad (7)$$

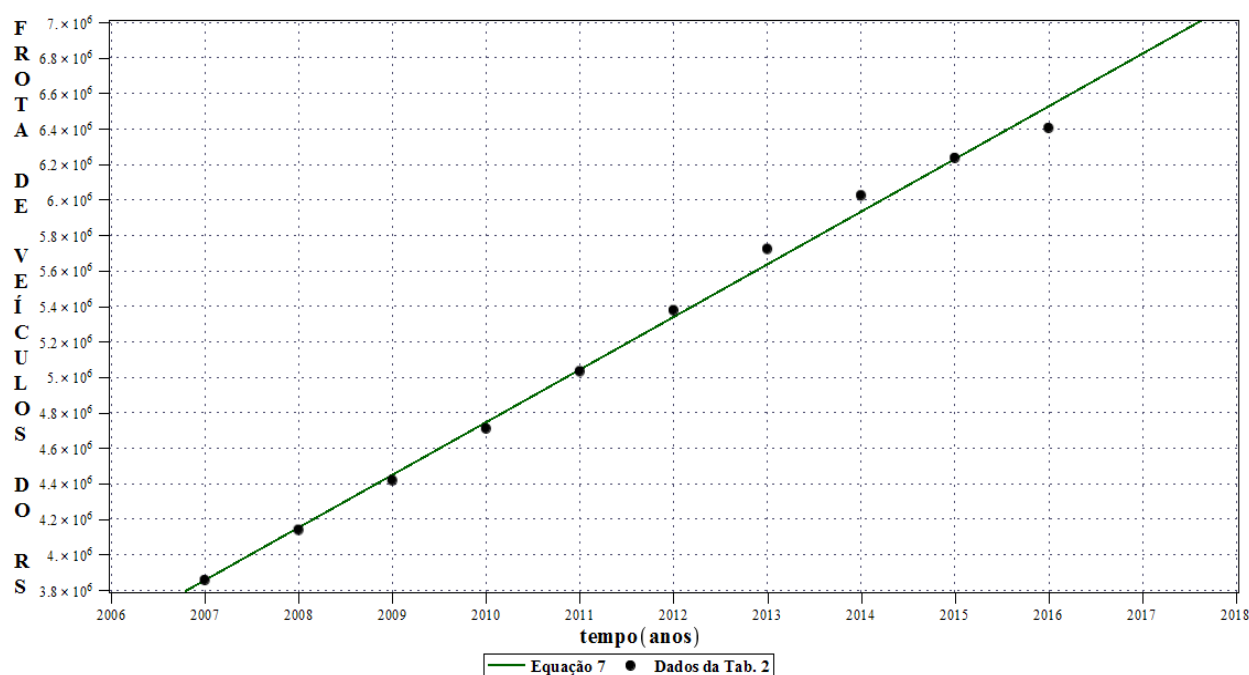


Figura 5. Crescimento da frota de veículos do RS, a partir da Eq. (7)

Igualando-se a Eq. (5) e a Eq. (7) observa-se que o número de veículos irá ultrapassar o número de habitantes do estado do RS em meados do ano de 2033, quando a população e a frota de veículos tiverem alcançado o valor de pouco mais que 11,6 milhões. A Fig. (6) ilustra o comportamento da Eq. (5) e da Eq. (7) no mesmo plano cartesiano.

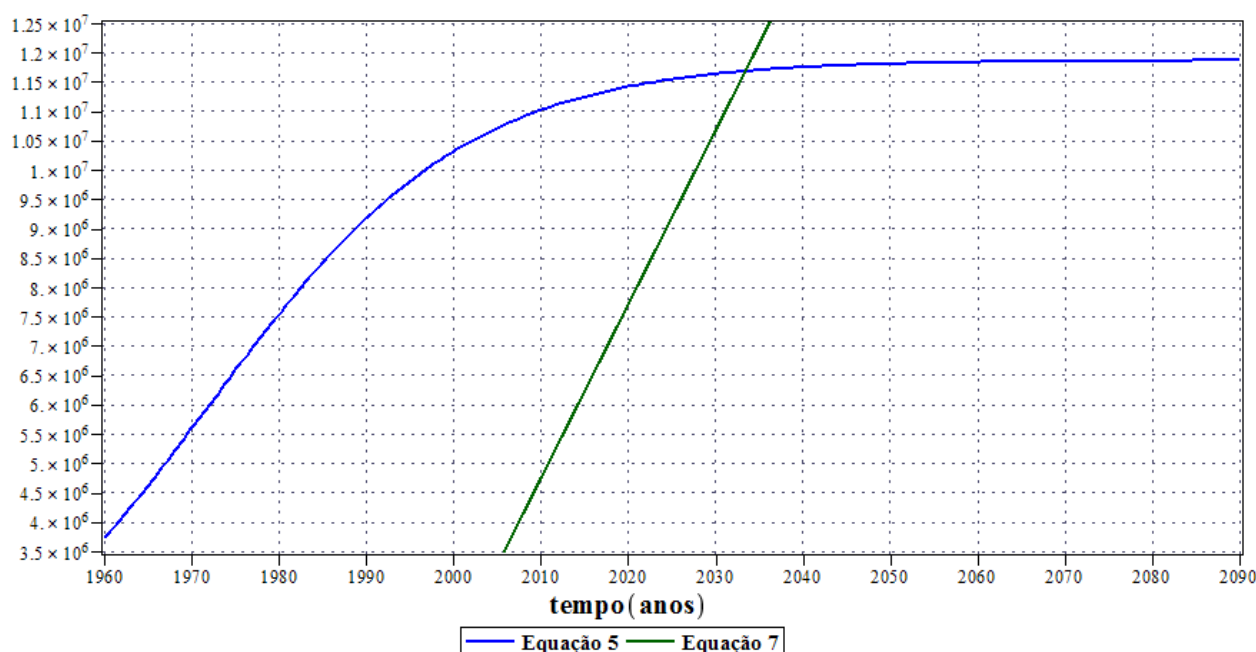


Figura 6. Análise da intersecção das curvas da Eq. (5) e da Eq. (7)

Assim, pode-se orientar o governo do estado do RS para que tome medidas preventivas em relação a infraestrutura do trânsito, uma vez que, se o crescimento da frota de veículos se mantiver, nos próximos 16 anos, o número de veículos circulando nas vias gaúchas terá aumentando em mais de 5 milhões.

CONCLUSÃO

O método dos mínimos quadrados e o coeficiente de determinação mostraram que o modelo de Verhulst é o que melhor descreve os dados da população e da frota de veículos do RS. Para a população, o valor da constante de saturação foi de 11,87 milhões, com um coeficiente de determinação de 0,99999, enquanto para o número de conduções, os respectivos valores foram de 8,5 milhões e 0,99702. No entanto, essas curvas não se interseccionam, de modo que o número de veículos nunca atingirá o número de habitantes. Isso se deve ao fato do modelo de Verhulst ser muito voltado para projeções populacionais que possuam fatores de limitação no seu crescimento. Assim, a partir da função linear, que também ajustou com boa correlação os dados de frota (coeficiente de determinação igual 0,99526) obteve-se que o número de veículos no Rio Grande do Sul se tornará maior que o número de habitantes por volta do ano de 2033, quando ambas quantidades forem aproximadamente iguais a 11,6 milhões, considerando que os crescimentos se mantenham nesse período. Portanto, se as taxas de crescimento foram mantidas, é de se esperar que no ano de 2033 o problema de superlotação de veículos no estado do RS já esteja bastante agravado, principalmente nas grandes cidades. Deste modo, o governo, juntamente com engenheiros de tráfego, pode tomar medidas que minimizem a superlotação de veículos no estado, como por exemplo, realizar campanhas que conscientizem a população quanto à poluição causada pelos veículos, criação de ciclovias que incentivem o uso de bicicletas, criação de novos metrô, incentivo do uso do transporte coletivo e melhorias na qualidade do transporte coletivo.

REFERÊNCIAS

- Barbosa, J. C., 2009. "Modelagem e Modelos Matemáticos na Educação Científica". Alexandria (UFSC), v. 2, p. 65-85.
- Barroso, L. C. *et al.*, 1987. "Cálculo Numérico com aplicações". 2 ed. São Paulo: Ed. HARBRA, 367p.
- Bassanezi, R. C., 1994 "Modelagem como estratégia metodológica no ensino da matemática". Boletim de Educação da SBMAC. São Paulo: IMECC/Unicamp.
- Chapra, S. C., Canale, R. P., 2016. "Métodos numéricos para engenharia". 7 ed., Ed. AMGH, Porto Alegre.
- CONFEA, 1964. "Disposição sobre o exercício da profissão de Engenheiro Mecânico". Resolução nº 139, de 16 de março 1964. Diário Oficial.



XXIV CREAM
Congresso Nacional de Estudantes
de Engenharia Mecânica



**Universidade Federal
do Rio Grande**



INSTITUTO FEDERAL
RIO GRANDE DO SUL
Campus Rio Grande

- DETRAN-RS, 2017. “Frota em circulação no RS”. 23 Jul 2017, < <http://www.detrans.rs.gov.br/conteudo/27453/frota-do-rs> >.
- Garnés, S. J. A., Sampaio, R. J.B., Dalmolin, Q., 1996. “Ajustamento paramétrico por mínimos quadrados com análise na estabilidade da solução”. Curitiba: CESUP/UFPR. 25 Jul 2017
<ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/bcg/article/download/1469/1223>.
- Helene, O., 2013. “Método dos mínimos quadrados com formalismo matricial”. Editora Livraria da Física. São Paulo. 2° ed.
- Henriques, A., 2007. “Thomas Robert Malthus: a teoria malthusiana”. 25 Jul 2017,
<http://www.miniweb.com.br/ciencias/artigos/thomas_robert_malthus.pdf>.
- IBGE, 2017. “Estimativas da população residente nos municípios brasileiros com data de referência em 1° de julho de 2016”. 23 Jul 2017, <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2014/estimativa_tcu.shtm>.
- Neto, W. P. S., Paveloski, E. M. e David, P. L. D., 2016. “Efeitos da Logística Reversa de Veículos em Fim de Vida sobre a Mobilidade Urbana”, procedente do IV Simpósio Nacional de Gerenciamento de Cidades, São Paulo, Brasil.
< <https://www.amigosdanatureza.org.br/eventos/data/inscricoes/983/form4833349.pdf>>.
- Scilab Enterprises, 2015. “What is Scilab?”. Open source software for numerical computation. 13 Jul. 2017
<<http://www.scilab.org/scilab/about>>.
- Tavoni, R., 2013. “Os modelos de crescimento populacional de Malthus e Verhulst – uma motivação para o ensino de logaritmos e exponenciais”. 9 Jul 2017,
<http://base.repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/92412/tavoni_r_me_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso contido neste artigo.