



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XVII Jornada de Pesquisa

DINÂMICA DA VELOCIDADE DE VEÍCULOS¹

Marcelo Tresseno², Emerson Luiz Faccin³, Antonio Carlos Valdiero⁴.

¹ Trabalho de Dinâmica de Sistemas Não- Lineares do Mestrado em Modelagem Matemática

² Acadêmico do Mestrado em Modelagem Matemática, bolsista UNIJUI, marcelo3seno@hotmail.com

³ Acadêmico do Mestrado em Modelagem Matemática, bolsista UNIJUI, elfaccin@hotmail.com

⁴ Docente do Mestrado em Modelagem Matemática, doutor em Engenharia Mecânica valdiero@unijui.edu.br

Resumo: Aborda-se a formulação de um modelo matemático da dinâmica da velocidade de um veículo em um plano horizontal em movimento retilíneo. O estudo da dinâmica da velocidade veicular pode contribuir para a melhoria do conforto e segurança em transportes e através de um modelo matemático pode-se ter uma melhor noção acerca de pilotos automáticos, sistema máximo de tração necessário para chegar a uma determinada velocidade, aerodinâmica entre outros tópicos adjacentes a esse tema. Tem-se por objetivo a formulação de um modelo matemático, determinação de parâmetros, simulação computacional e a análise das características da dinâmica da velocidade de um veículo. Para tanto, descreve-se o modelo e utiliza-se o software matemático Matlab/Simulink para as simulações computacionais. Com o estudo do modelo e os resultados obtidos almeja-se expor com mais clareza a dinâmica da velocidade de um veículo e espera-se contribuir para o entendimento da modelagem com modelo exposto, a dinâmica da velocidade de um veículo em situações reais

Palavras-Chave: modelagem matemática, dinâmica de velocidade de veículos, movimento retilíneo.

Introdução

O presente trabalho aborda a modelagem matemática da dinâmica da velocidade de um veículo num plano horizontal em movimento em linha reta.

Na indústria automotiva, quando uma montadora projeta um novo veículo, certamente leva em consideração uma série de fatores, buscando segurança, conforto ao motorista e aos passageiros e também a economia para o proprietário. Entre estes fatores, um dos mais importantes é a perfeita relação entre o coeficiente aerodinâmico e a capacidade máxima de tração. Para tanto, faz-se necessário ter o conhecimento prévio do peso do veículo, a velocidade máxima que espera-se que ele atinja, bem como o tempo de resposta. Tomado o conhecimento de tais dados, é importante que sejam realizados testes experimentais para um perfeito ajuste de relação entre capacidade de tração e coeficiente aerodinâmico. Como esses testes em situações reais geralmente custam bastante dinheiro, é altamente recomendado que antes da construção do protótipo para testes reais, tenha-se uma excelente aproximação inicial, e esta pode ser conseguida através de simulações computacionais.

Pretende-se descrever um modelo que possa explicar e prever o comportamento real da dinâmica de um veículo em movimento analisando o tempo que se leva para que o veículo atinja sua velocidade cuja





Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XVII Jornada de Pesquisa

aceleração é nula, conhecida como velocidade de regime. Também visa-se através de simulações, tecer conclusões acerca dos resultados obtidos para a velocidade de um veículo com e sem capacidade máxima de passageiros e bagagem, e para a aerodinâmica do mesmo veículo considerando diferentes coeficientes de arrasto.

Metodologia

A metodologia utilizada no presente trabalho é composta dos estágios onde se define o sistema de coordenadas de referência, de consideração de hipóteses para o movimento do veículo, de determinação dos parâmetros, da formulação do modelo e da simulação computacional.

Para a representação do atrito do veículo será considerado o atrito do ar e a força de arraste. Será descrito o modelo e utilizado o software matemático Matlab/Simulink para as simulações computacionais.

Resultados e discussão

O movimento retilíneo do veículo em um plano horizontal e as forças que atuam sobre este estão representados esquematicamente na Figura 1.



Figura 1 - Forças atuantes no movimento do veículo.

A força de atrito é uma força que age sempre no sentido contrário ao movimento e diretamente proporcional a velocidade, ou seja, quanto maior a velocidade, maior será a força resistiva ao movimento. Além da velocidade, outro fator que interfere diretamente na força de atrito, é o coeficiente aerodinâmico. Outras forças que também agem sobre o veículo, são as forças peso e normal.

O modelo matemático que expressa a velocidade de regime é dado pela equação diferencial ordinária de primeiro grau não homogênea, definida pela equação (1):



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XVII Jornada de Pesquisa

$$\dot{v} + \frac{cd}{m} v^2 = \frac{1}{m} Ft \quad (1)$$

Onde denotamos v (velocidade), Ft (força de tração), cd (Coeficiente de arrasto) e m como massa do veículo.

Define-se como velocidade de equilíbrio v_E , a velocidade na qual o veículo possui força de tração constante e aceleração nula. Nessa velocidade, a força de tração é igual à força de atrito de arraste. Em outras palavras, a força que impulsiona o veículo para frente é equivalente à força que ele faz para vencer o atrito com o ar.

Transcrevendo a equação (1) na forma de variável de estado, ou seja, considerando zero, a taxa de variação da velocidade em relação ao tempo, pode-se definir a velocidade de equilíbrio :

$$\begin{aligned} \dot{v} &= 0 \\ v_E &= \frac{1}{m} Ft - \frac{cd}{m} v^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Tabela 1 – Valores adotados para os parâmetros do modelo matemático da dinâmica da velocidade do veículo.

Descrição do parâmetro	Notação	Valores	
Massa do veículo	m	1230 kg (sem carga) e 1730 kg (com carga)	Determinado no manual do veículo Fiat Idea
Força de tração	Ft	2500 N	Obtido por simulação computacional.
Coeficiente de arrasto	cd	1.1 N.s/m	Obtido por simulação computacional

A análise da Figura 2 permite a percepção de que, quando a simulação considera apenas a massa do veículo (1230 kg), o mesmo atinge velocidade máxima de aproximadamente 172 km/h. Quando é realizada a simulação considerando também a massa aproximada de 5 passageiros (300 kg), atinge-se a mesma velocidade. O que muda, no entanto, é o tempo gasto para ganhar essa velocidade.

Gráfico da velocidade em função do tempo para o veículo com e sem carga, a massa considerada para 5 passageiros somado a bagagem é de 500kg:

SALÃO DO CONHECIMENTO

XX Seminário de Iniciação Científica II Mostra de Iniciação Científica Júnior
XVII Jornada de Pesquisa II Seminário de Inovação e Tecnologia
XIII Jornada de Extensão

2012



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XVII Jornada de Pesquisa

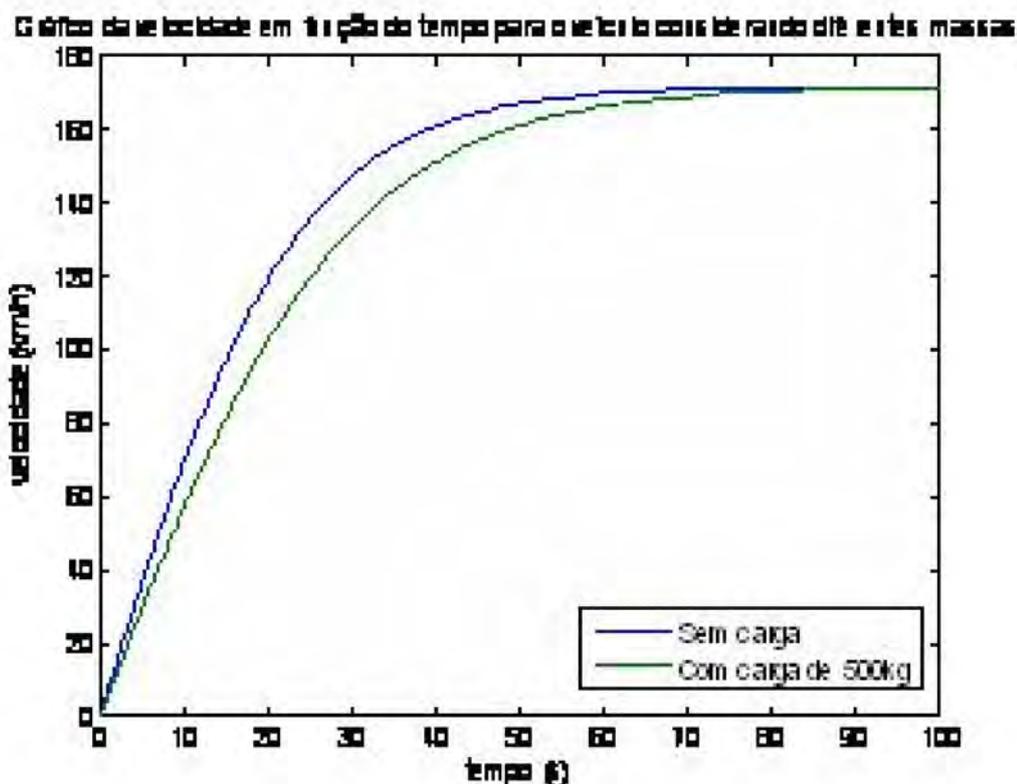


Figura 2

O gráfico da simulação apresentado na Figura 2 mostra que o veículo sem a carga considerada de 500kg de massa atinge a velocidade de regime mais rapidamente. É possível notar que em ambas as situações a velocidade de regime é a mesma e que o veículo com a carga atinge tal velocidade com pouco mais de um minuto e vinte segundos.

É possível medir a capacidade aerodinâmica de um veículo através do coeficiente de arrasto. Essa força que age em sentido contrário ao movimento do veículo é fator preponderante para o consumo de combustível por exemplo. Por isso as empresas do ramo automobilístico vêm dedicando uma atenção especial para esse fator em projetos que visam redução desse coeficiente. Através da modelagem matemática é possível conseguir um melhor entendimento acerca da aerodinâmica e isso permite aos engenheiros mecânicos melhorar cada vez mais os projetos para os carros que serão montados, tal melhoria é notada quando se analisa a economia, segurança e até mesmo a estética do veículo. Quanto menor for o coeficiente de arrasto melhor será a aerodinâmica de um veículo. Dessa forma objetivou-se simular as velocidades para um veículo com diferentes coeficientes de arrasto.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XVII Jornada de Pesquisa

A Figura 3 mostra as curvas que representam as velocidades para um veículo com e o mesmo veículo com dobrado:

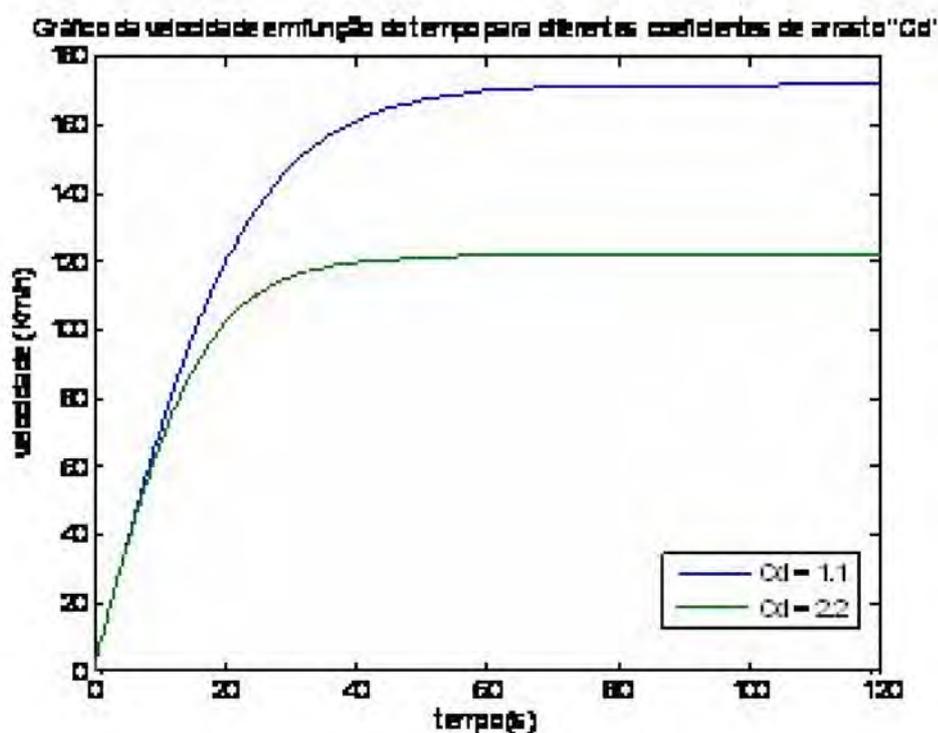


Figura 3

Através da Figura 3, nota-se que para o coeficiente de arrasto igual a 1.1, a velocidade de regime é maior, chegando aproximadamente 170 km/h, enquanto que para o coeficiente de arrasto dobrado há uma perda de aproximadamente 30% da velocidade de regime, dessa forma pode-se ter a conclusão de que o veículo com menor coeficiente de arrasto possui melhor aerodinâmica.

A seguir, é apresentado pela Figura 4, o diagrama de blocos utilizado para as simulações implementadas no software matemático Matlab/Simulink

SALÃO DO CONHECIMENTO

XX Seminário de Iniciação Científica
XVII Jornada de Pesquisa
XIII Jornada de Extensão

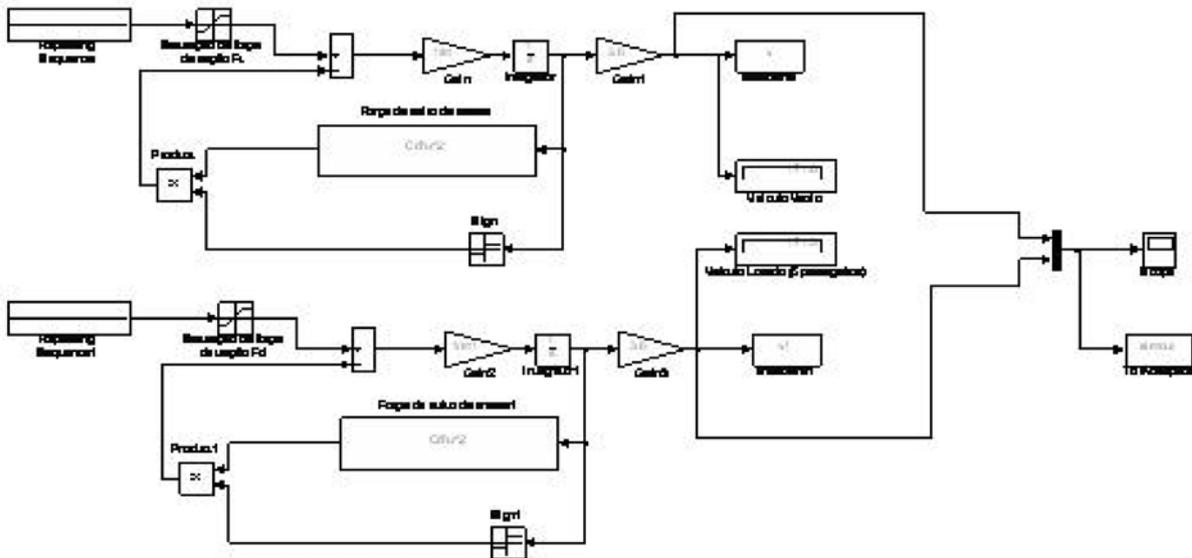
II Mostra de Iniciação Científica Júnior
II Seminário de Inovação e Tecnologia

2012



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XVII Jornada de Pesquisa



Após a descrição do modelo e da realização das simulações computacionais, é possível perceber que não há interferência na velocidade de regime quando considerado o veículo com e sem carga máxima, apenas observa-se que o tempo gasto para atingir tal velocidade é maior. Assim, quanto maior a massa, mais tempo leva pra chegar a velocidade onde a aceleração é zero, definida como velocidade de regime. Também nota-se que para o coeficiente de arrasto igual a 1.1, a velocidade de regime é maior, para o veículo considerado nesse trabalho, ultrapassa 170 km/h, enquanto que para o coeficiente de arrasto dobrado há uma perda de aproximadamente 50 km/h da velocidade de regime, o que foi possível comprovar através das simulações é que se o veículo tiver menor coeficiente de arrasto, terá uma melhor aerodinâmica.

SAMAHÁ, Fabrício. Aerodinâmica, o poder do vento. Disponível em: <<http://bestcars.uol.com.br/tecprep/aero-1.htm>>. Acesso em 13 de agosto de 2012.

SILVA Marco Aurélio da, Aerodinâmica. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/fisica/aerodinamica.htm>>. Acesso em 13 de agosto de 2012.

SAAD, Daher Fuad, Mecânica, Física com Demonstrações. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/59013595/1/MOVIMENTO-UNIFORME-Velocidade-de-Regime>>. Acesso em 14 de agosto de 2013.



Para uma vida de CONQUISTAS