

Revista Eletrônica

AeroDesign

Magazine



Volume 18 - Número 1 – 2026

ISSN - 2177-5907

Estudo da Aceleração Longitudinal em Veículos Durante Partidas e Ultrapassagens

Caique Pimentel da Silva
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
caiue.pimentel@aluno.ifsp.edu.br

Kayky Raphael Gigante da Silva
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
kayky.gigante@aluno.ifsp.edu.br

Resumo

Ao partir da inércia, um corpo produz um efeito denominado de aceleração, que por sua vez, aumenta a velocidade deste corpo retirando-o do estado da inércia. No caso deste estudo, visa-se analisar os efeitos causados pela aceleração nos veículos quando partem da inércia, mas também quando estes estão em estado de ultrapassagem a outros veículos, explicitando dados empíricos e demonstrações com exemplos fictícios. Neste artigo, somente será retratado situações em pavimentos nivelados e veículos de tração dianteira, desconsiderando diferenças de níveis nas estradas e veículos de tração traseira.

Palavras-chave

Dinâmica veicular, aceleração longitudinal, modelagem matemática, partidas e ultrapassagens.

Abstract

When starting from rest, a body produces an effect known as acceleration, which in turn increases the velocity of the body, removing it from the state of inertia. In the context of this study, the objective is to analyze the effects caused by acceleration in vehicles when they start from rest, as well as when they are performing overtaking maneuvers relative to other vehicles, presenting empirical data and demonstrations with hypothetical examples. In this article, only situations involving level road surfaces and front-wheel-drive vehicles will be considered, disregarding road grade variations and rear-wheel-drive vehicles.

Keywords

Vehicle dynamics, longitudinal acceleration, mathematical modeling, vehicle starting and overtaking maneuvers.

2 – Fundamentação Teórica

De modo a servir como base para o tema principal discutido no artigo, são destacados diversos assuntos técnicos correlacionados. Sendo assim, mesmo não sendo o ponto de maior relevância, é de extrema importância a orientação por meio desses itens para melhor compreensão dos tópicos futuros.



Figura 1 – *Honda® Prelude™* 2026.

Fonte: Motor Show, Lucca Mendonça.

2.1 – Dinâmica Veicular Longitudinal

Segundo as principais normas inseridas em meio a engenharia mecânica: International Organization for Standardization (ISO), Society of Automotive Engineers (SAE), a própria Associação Brasileira de Normas técnicas (ABNT), dentre outras; a dinâmica veicular, temática essencial no panorama inserido, é um conceito amplamente discutido em projetos automotivos e veiculares no geral. Dessa maneira, é possível dizer que a mesma é a responsável por estudar como um veículo pode se mover ou reagir às forças que atuam sobre ele durante o movimento, como por exemplo em regimes de aceleração, frenagem, curvas e em outras condições específicas de manobra em contato com o solo. Ademais, em legitimidade diante do exposto, é possível orientar-se através das seguintes normas regulamentadoras:

ISO 8855: define a terminologia padronizada nos estudos, permitindo consistência conceitual;

ISO 4138: estipula os procedimentos para ensaios de curva em regime permanente;

SAE J2909: padroniza métodos para a medição da aceleração longitudinal e tempo de aceleração;

UNECE Regulation No. 13: regulamento internacional para requisitos de desempenho no sistema de freios e estabilidade durante frenagem.

Conseqüentemente, apresentando as áreas de maior importância surgidas a partir da dinâmica veicular, é possível citar:

Segurança Ativa: Através da compreensão da dinâmica veicular é possível o desenvolvimento de sistemas de Controle Eletrônico de Estabilidade (ESC/VDC), evitando derrapagens controlando a potência transmitida do motor e forças dos freios individualmente;

Desempenho e Estabilidade: Envolvendo a relação de interação entre pneus, suspensão, direção e aerodinâmica, visa garantir uma resposta correta do veículo mediante aos comandos do motorista em situações críticas;

Conforto: Considerando a dinâmica vertical atuante nos mecanismos de suspensão, procura minimizar os impactos na irregularidade da rodagem;

Interação Pneu-Solo: Tratando-se dos pneus, um dos componentes mais importantes em um automóvel, é analisada as forças de contato e a maneira com que ele interage com a estrada, influenciando diretamente nas condições de aceleração e frenagem;

Projeto e Validação: Permite a execução de simulações realistas a respeito de transferência de carga e comportamentos em manobras, algo amplamente utilizado na legitimação de novos veículos ou protótipos.

Como detalhamento em um parecer mais técnico, a dinâmica veicular, ao analisar as forças atuantes em um veículo, considera forças provenientes do motor, frenagem, resistência de rolagem, perdas por atrito, forças aerodinâmicas, inerciais e distribuição de massa ao longo da estrutura, isto é, correlacionando conceitos da física clássica a projetos de desenvolvimento e aperfeiçoamento automotivo. Dessa forma, no âmbito da engenharia mecânica, temos que todos esses conceitos surgem a partir das Leis do Movimento de Newton, com destaque para a segunda lei, que também é conhecida como o “Princípio Fundamental da Dinâmica”, onde a força resultante (F) é tida como o produto entre massa (m) e aceleração (a). Equação (1):

$$F = m \cdot a \quad (1)$$

Em especial, tratando-se da dinâmica veicular longitudinal, o conceito se refere ao movimento do veículo na direção do deslocamento do mesmo, isto é, ao longo do seu eixo longitudinal, envolvendo estudos relacionados a elementos como: Aceleração, distância de frenagem, tração resistência ao rolamento e aerodinâmica, desempenho em ultrapassagens, etc. Sendo assim, segundo a bibliografia de referência GILLESPIE, Thomas D. *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. Warrendale (1992), esse campo analisa como as principais forças citadas influenciam a aceleração e desaceleração o veículo, além também da transferência de carga entre os eixos mediante as manobras apresentadas:

Aceleração → Carga aumentada no eixo traseiro;

Desaceleração → Carga aumentada no eixo dianteiro.

É válido citar que os efeitos acima são diretamente afetados pela capacidade de tração, eficiência de frenagem e até mesmo estabilidade do veículo.

2.2 – Análise das Forças Atuantes no Veículo

Como supracitado, mediante a movimentação dos veículos, pode-se observar diversas variáveis atuantes, desde a aceleração inicial e em velocidades de rodagem, tal que pode contribuir para que se possa analisar e entender os efeitos que cada uma dessas forças vai inferir no corpo em estudo e o porquê surgirem, como Reza N. Jazar trata na segunda edição de seu livro “*Vehicle Dynamics: Theory and Application*” de 2013.

Em primeiro momento, um dos principais elementos de um veículo é o seu pneu, tal sua importância que são o único componente a transferir as forças entre o veículo e a estrada, tendo seus parâmetros como capacidade de carga, velocidade máxima e entre outros escritos em sua lateral (JAZAR, Reza N., 2013). Este elemento possui limite de aderência, por suas características físico-químicas e sua interação, denominada de pneu-solo, ajuda a explicar o porquê veículos não aceleraram infinitamente ou porque há diferença entre dirigir em pista seca ou molhada.

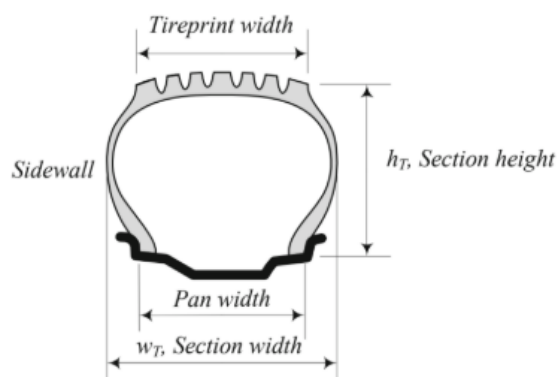


Figura 2 – Corte transversal de um pneu para demonstrar parâmetros como altura e comprimento.

Fonte: (JAZAR, Reza N., 2013).

A força atuante, neste caso, não é definida apenas em uma fórmula, tal que se pode montar um sistema de equações para analisar todas as forças no pneu, como será tratado posteriormente neste artigo. Contudo, tratando-se somente da aderência deste ao solo, podemos averiguar uma força tal que depende do coeficiente de atrito (μ) e a força normal (N). Equação (2):

$$F_{m\acute{a}x} = \mu \cdot N \quad (2)$$

Um dos efeitos que podem surgir em veículos em movimento, principalmente nas partidas, denominado de “transferência de carga”, ajuda explicar – Baseado na altura do centro de massa do automóvel (h), a distância entre eixos (l), a massa do corpo (m) e a aceleração (a) – O porquê certos carros “empinam” ao acelerarem bruscamente ou também o motivo da perda de tração dianteira e ganho de traseira. Equação (3):

$$\Delta F = \frac{m \cdot a \cdot h}{l} \quad (3)$$

Tal efeito é muito perceptível em motos de alta cilindrada e principalmente nos veículos da marca *Dodge*® em especial o modelo *Challenger SRT*™, sendo amplamente difundido entre a comunidade jovem e apaixonados por mecânica automotiva devido a essa característica.



Figura 3 – Veículo *Dodge*® *Challenger SRT*™ partindo da inércia.

Fonte: Jornal do Carro, Estadão.

Por fim, outro fator determinante nas modelagens de sistemas é a influência aerodinâmica, contudo, diferente dos exemplos anteriores que atuam principalmente quando o veículo sai do modo estático, este vai atuar em situações em que os veículos estão em alta velocidade, como por exemplo em ultrapassagens.



Figura 4 – Manobra de ultrapassagem entre veículos.

Fonte: Globo Esporte, reprodução F1.

Na prática, a aerodinâmica vai atuar com sua Força de arrasto como uma resistência aerodinâmica ao fluido (neste caso, o ar), tal que será relacionada a velocidade relativa do veículo e o ar (V), a área do objeto que vai de encontro ao ar (A), o coeficiente de arrasto (C_d) e a massa específica do ar (ρ), conforme demonstra a fórmula abaixo. Equação (4):

$$F = \frac{\rho \cdot A \cdot C_d \cdot V^2}{2} \quad (4)$$

Outro fator que infere diretamente ajudando a determinar velocidade e aceleração para os melhores tempos de ultrapassagem em determinada distância, mas que também pode ser utilizado para determinar a máxima inicial das variáveis aventadas pode ser definida pelas equações do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado e do Movimento Uniformemente Variado. Equações (5) e (6):

$$S = V_o \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2} \quad (5)$$

$$V = V_o + a \cdot t \quad (6)$$

Onde:

V – Velocidade do corpo (m/s);

V_o – Velocidade inicial do corpo (m/s);

S – Posição do corpo (m);

S_o – Posição inicial do corpo (m);

a – Aceleração do corpo (m/s²);

t – Tempo de deslocamento (s).

2.3 – Modelo Matemático da Aceleração

Definidas as forças atuantes no sistema, é possível realizar o modelo matemático para cada uma dessas variáveis para que se possa definir o modelo final nas situações de partida e de ultrapassagem.

Desse modo, podemos realizar a modelagem de um veículo inicialmente estacionado em uma estrada nivelada, para determinar o cálculo da aceleração máxima que este veículo pode chegar a partir das forças atuantes em seus pneus (F_z), no seu centro de massa (C) e a distância entre eixos (l), partindo de m sistema de duas coordenadas.

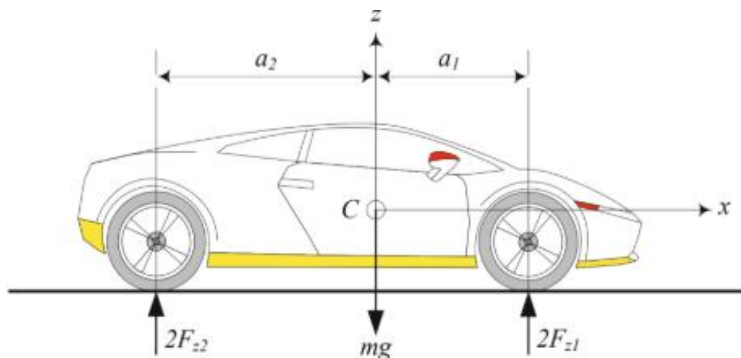


Figura 5 – Carro estacionado em pavimento nivelado.

Fonte: (JAZAR, Reza N., 2013).

Assim como demonstra a Figura Y, duas forças verticais atuam nos pneus do veículo, a força peso e a distância entre eixos. Considerando tal corpo rígido e aplicando a equação do equilíbrio é possível chegar na equação das forças atuantes nos pneus. Equações (7), (8) e (9):

$$l = a_1 + a_2 \quad (7)$$

$$F_{z1} = \frac{m \cdot g \cdot a_2}{2 \cdot l} \quad (8)$$

$$F_{z2} = \frac{m \cdot g \cdot a_1}{2 \cdot l} \quad (9)$$

Contudo, quando este veículo parte de seu repouso o sistema estático passa a ter novas componentes atuantes, como, por exemplo, a força de aceleração, a aceleração. Olhando de forma horizontal, no eixo X, uma componente de força surge nos pneus motivada pela aceleração do veículo e passamos a chamá-la de partes dinâmicas (JAZAR, Reza N., 2013), e serão inclusas ao sistema de equações de forma que essa advém da equação de Newton e dependem diretamente do centro de massa do veículo. Equações (10), (11) e (12):

$$F_{z1dinâmico} = -\frac{m \cdot h \cdot a}{2 \cdot l} \quad (10)$$

$$F_{z2dinâmico} = \frac{m \cdot h \cdot a}{2 \cdot l} \quad (11)$$

$$F_{x1} = F_{x2} = m \cdot a \quad (12)$$

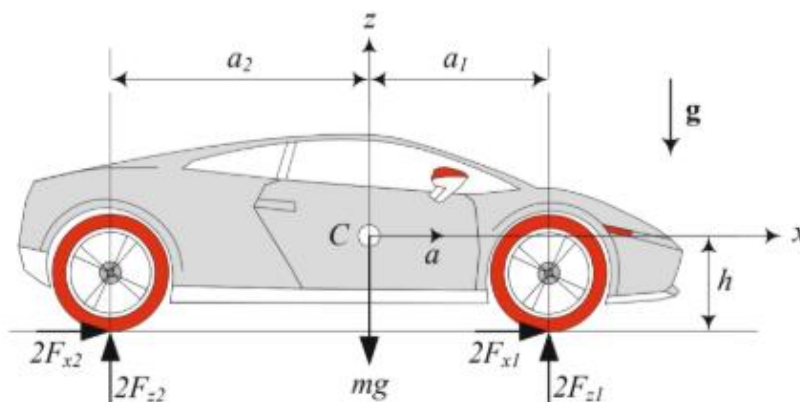


Figura 6 – Veículo acelerando em pavimento plano.

Fonte: (JAZAR, Reza N., 2013).

Porém, deve-se também considerar que os pneus do veículo sofrem com a força de atrito tal que sua máxima aceleração ou desaceleração irá depender diretamente do coeficiente de atrito, assim, considerando que os pneus são perfeitamente idênticos e que seus coeficientes de atrito são os mesmos, podemos aderir essa força de oposição ao sistema de equações, tal que – Equação (13):

$$m \cdot a = \pm 2 \cdot \mu_x \cdot (F_{z1} + F_{z2}) \quad (13)$$

Assumindo os valores de F_{z1} e F_{z2} , obtemos, por fim, o valor da aceleração em um regime de limite de aderência para velocidades baixas em pneu-solo, típico de uma partida. Equação (14):

$$a = \pm \mu_x \cdot g \quad (14)$$

3 – Modelagem do Sistema

Diante de todo o panorama criado ao longo do artigo, inserido em meio a engenharia automobilística, a modelagem do sistema enuncia o objetivo de representar matematicamente o comportamento longitudinal de um veículo durante seus regimes de aceleração considerando as forças atuantes no sistema. Para tal, como discutido anteriormente, é utilizado dos princípios da mecânica clássica (2º Lei de Newton).

Em acréscimo, outra vez orientando-se pela bibliografia de GILLESPIE, Thomas D., é possível estabelecer a dinâmica longitudinal descrita por um “balanço” de forças no eixo de deslocamento, com

a aceleração observada sendo resultado da diferença entre as forças de tração das rodas motrizes e as forças que se opõem ao movimento (resistivas). Ou seja, a análise construída considera tanto as forças de propulsão quanto de dissipação presentes no sistema.

3.1 – Equacionamento da Força Resultante

Para analisar o comportamento da aceleração do veículo ao longo do eixo longitudinal, é preciso considerar o equilíbrio dinâmico das forças atuantes no eixo em questão. Dessa maneira, por meio da aplicação do Princípio Fundamental da Dinâmica e definindo o veículo em si como um corpo rígido em movimento, é possível obter a equação geral do movimento. Em meio a isso, temos que a força resultante é obtida através da diferença a força de tração (F_t) e as forças resistivas (F_r). Equação (15).

$$m \cdot a = F_t - F_r \tag{15}$$

Onde:

m – Massa total do veículo;

a – Aceleração.

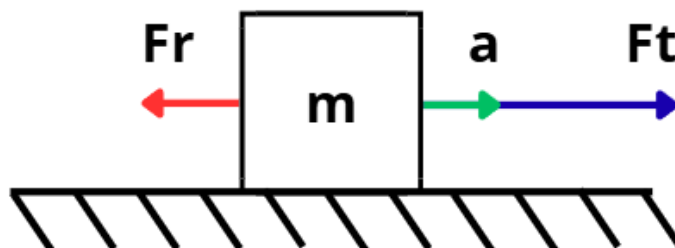


Figura 7 – Diagrama de corpo livre simplificado da força resultante do sistema.
 Fonte: Autoral.

No contexto das forças resistivas, considerando diferentes contribuições físicas, é possível observar a seguinte decomposição – Equação (16):

$$m \cdot a = F_t - (F_{rr} + F_d + F_g) \tag{16}$$

Onde:

F_{rr} – Resistência ao rolamento;

F_d – Resistência aerodinâmica;

F_g – Componente gravitacional (desconsiderada em caso de superfície nivelada);

Esse equacionamento permite análise de desempenho do veículo tanto em situações de partida quanto em ultrapassagens.

3.2 – Forças Resistivas

Visando um estudo mais realista das forças encontradas no sistema, as forças resistivas atuantes no sentido contrário do deslocamento agem reduzindo a aceleração do corpo ou limitando sua velocidade máxima. Desta forma, sempre considerando o veículo em uma superfície plana e referenciando-se na obra de GILLESPIE, Thomas D., é possível especificar as duas principais forças de resistência.

Resistência ao rolamento (F_{rr}): Predominando em baixas velocidade e considerando perdas internas pela relação roda-pneu é gerada principalmente pela deformação do pneu durante o atrito com o pavimento. Pode ser modelada simplificada – Equação (17):

$$F_{rr} = C_{rr} \cdot m \cdot g \quad (17)$$

Onde:

C_{rr} – Coeficiente de resistência ao rolamento;
 g – Aceleração da gravidade.

Resistência aerodinâmica (F_d): Mais influentes em altas velocidades é causada pela interação entre o automóvel e o ar, sofrendo, portanto, grande influência do perfil geométrico do carro. Equação (18):

$$F_d = \frac{\rho \cdot A \cdot C_d \cdot V^2}{2} \quad (18)$$

Onde:

ρ – Densidade do ar;
 A – Área frontal do veículo;
 C_d – Coeficiente de arrasto aerodinâmico;
 V – Velocidade relativa do veículo.

3.3 – Modelo da Tração

Inicialmente, essa força é representa a força efetivamente transmitida pelas rodas motrizes, entretanto a mesma é proveniente do torque gerado pelo motor e transmitido por meio do sistema de

transmissão do automóvel. Dessa forma, o mesmo sobre grande influência de perdas mecânicas e relações de transmissão. Equação (19):

$$F_t = \frac{T_e \cdot i_t \cdot \eta}{r} \quad (19)$$

Onde:

T_e – Torque do motor;
 i_t – Relação total de transmissão;
 η – Eficiência do sistema de transmissão;
 r – Raio efetivo do pneu.

É importante ressaltar que essa força não pode escalar indefinidamente, pois é limitada pela capacidade de aderência entre os pneus e o pavimento. Sendo assim, um limite máximo de tração pode ser estabelecido pela relação entre a força normal aplicada ao pneu e o coeficiente de atrito longitudinal. Equação (20).

$$F_{t,máx} = \mu \cdot N \quad (20)$$

Onde:

$F_{t,máx}$ – Limite máximo de tração;
 μ – Coeficiente de atrito pneu-solo;
 N – Força normal no eixo motriz.

Em acréscimo, esse limite é particularmente relevante em situações de partida do veículo, visto que, como apresentado anteriormente, ocorre uma transferência dinâmica de carga entre os eixos, alterando a distribuição das forças normais. Assim sendo, o modelo de tração adotado considera que a força disponível nas rodas será sempre o menor valor entre a força gerada pelo sistema de propulsão e o limite de aderência encontrado.

4 – Análise de Cenários

A partir da modelagem matemática supracitada ao longo do artigo, é possível analisar o comportamento de um automóvel em diferentes condições de operação. Tal análise, por sua vez, permite compreender como as forças apresentadas são capazes de influenciar a dinâmica veicular longitudinal em meio a engenharia automobilística. Dessa maneira, nesse estudo em específico são consideradas duas situações de foco principal para análise: partida do veículo e manobras de ultrapassagem. Sendo assim,

conforme as hipóteses definidas na modelagem do sistema, ambos os casos consideram pavimento plano e condições ideais de aderência.

4.1 – Partida do Veículo

Inicialmente, em definição, o processo de partida corresponde à situação em que o veículo dá início ao seu movimento a partir do estado de completo repouso. Nesse cenário, temos que a aceleração longitudinal do automóvel é determinada majoritariamente pela força de tração disponível nas rodas motrizes e pela capacidade de aderência entre os pneus e o solo. Portanto, a análise da partida permite avaliar a capacidade do veículo de converter torque do motor em aceleração efetiva, considerando tanto as características do sistema de propulsão quanto as limitações impostas pela interação pneu-solo.

Dessa maneira, com o veículo iniciando o movimento em si, a força de tração (F_t) gerada pelo motor é transferida às rodas através do sistema de transmissão.

Isso, por sua vez, tende a acelerar o veículo, com esse fenômeno sendo contrariado pelas forças resistivas, em especial a resistência ao rolamento (F_{rr}) – mais influente em baixas velocidades –, pois, como dito anteriormente, em regimes com velocidades muito baixas é possível desconsiderar a resistência aerodinâmica. Dessa forma, o balanço das forças atuantes neste momento pode ser expresso pela Equação (21):

$$m \cdot a = F_t - F_{rr} \quad (21)$$

Dito isso, é importante dizer que durante esse momento de aceleração inicial acontece também o fenômeno conhecido como transferência dinâmica de carga, onde parte da carga normal do eixo dianteiro é transferida para o eixo traseiro. Em resumo, esse fenômeno acontece por consequência da inércia do automóvel e sobre influência direta de fatores como a altura do centro de massa, distância entre eixos e da aceleração longitudinal propriamente dita.

Em meio a isso, temos que a capacidade de tração do carro pode aumentar ou diminuir de acordo com sua configuração do sistema de tração, em veículos de tração dianteira, por exemplo, o aumento de carga no eixo traseiro pode implicar em uma redução de aderência disponível no eixo motriz, limitando a aceleração efetiva máxima na partida. Além disso, é válido supracitar que o limite máximo de aceleração é determinado pela relação entre o coeficiente de atrito pneu-solo e força normal aplicada ao pneu em si. Nesse contexto, quando a força de tração excede esse limite acontece a patinagem das rodas, caracterizando a perda de aderência.

4.2 – Ultrapassagem

Agora, mediante a abordagem do processo de ultrapassagem veicular, pode-se que a ultrapassagem representa uma situação dinâmica, ou seja, com o automóvel já em movimento e necessitando de aumentar ainda mais sua velocidade para superar outro veículo que se desloca a uma velocidade inferior. Em meio a isso, a aceleração longitudinal outra vez assume papel fundamental, desta vez determinando o tempo e a distância necessários para completar a manobra com segurança.

Sendo assim, diferente do processo de partida, na qual a velocidade inicial é nula, a ultrapassagem ocorre com velocidade inicial diferente de zero, fazendo com que as forças resistivas de resistência aerodinâmica (F_d) passem a ter influência significativa no sistema. Neste momento, o modelo de forças longitudinal pode ser expresso pela Equação (22):

$$m \cdot a = F_t - (F_{rr} + F_d) \quad (22)$$

Em meio a esse panorama, a resistência aerodinâmica é formulada sendo proporcional ao quadrado da velocidade, ou seja, seu efeito torna-se mais evidente à medida que velocidade do conjunto aumenta. Conseqüentemente, a aceleração ofertada durante a ultrapassagem tende a diminuir conforme o veículo atinge maiores velocidades.

Dessa maneira, a análise desse cenário permite estimar variáveis importantes no campo da engenharia automobilística e para a segurança viária, como por exemplo:

Tempo efetivo para completar uma ultrapassagem;

Distância percorrida durante a manobra;

Variação de velocidade do veículo ao longo do processo.

Detalhadamente, essas variáveis podem ser obtidas a partir do uso das equações do movimento uniformemente variado – apresentado anteriormente: Equações (5) e (6) –, possibilitando avaliar a viabilidade situacional da manobra em diferentes condições de velocidade inicial e desempenho do automóvel, permitindo, ainda, compreender como fatores como potência do motor, massa do veículo e resistências ao movimento influenciam a capacidade de aceleração em situações reais de condução.

5 – Discussão e Análise Crítica

Expondo o panorama geral criado, a partir da fundamentação teórica apresentada e das modelagens desenvolvidas ao longo deste estudo, torna-se possível discutir de maneira mais aprofundada o comportamento da aceleração longitudinal em veículos durante partidas e ultrapassagens, bem como os fatores que influenciam diretamente o desempenho nessas condições.

Inicialmente, observa-se que o comportamento do veículo ao partir da inércia está diretamente relacionado ao equilíbrio entre a força de tração disponível nas rodas motrizes e as forças resistivas ao movimento, como a resistência ao rolamento e o arrasto aerodinâmico. Sendo assim, baixas velocidades, especialmente no instante inicial da partida, o arrasto aerodinâmico apresenta influência reduzida, sendo a resistência ao rolamento e as limitações de aderência dos pneus os principais fatores que determinam a capacidade de aceleração do veículo.

Dessa maneira, durante a fase inicial de aceleração, temos a existência do fenômeno conhecido como transferência dinâmica de carga, no qual parte da carga vertical do veículo é deslocada do eixo dianteiro para o eixo traseiro em função da aceleração longitudinal. Dito isso, em veículos de tração dianteira, como considerado neste estudo, essa característica pode representar uma limitação adicional de desempenho, uma vez que a diminuição da carga normal nas rodas motrizes reduz o potencial máximo de força de tração transmitida ao solo. Dessa forma, mesmo que o motor seja capaz de fornecer elevado torque, a aceleração efetiva pode ser limitada pela capacidade de aderência dos pneus.

Em meio a esse cenário, quando se analisa o processo de ultrapassagem, o comportamento do carro apresenta diferenças significativas em relação à situação de partida. Nesse contexto, o veículo já se encontra em movimento e, conseqüentemente, em velocidades mais elevadas. Assim, o arrasto aerodinâmico passa a desempenhar um papel mais relevante, uma vez que essa força cresce proporcionalmente ao quadrado da velocidade. Dessa forma, para que o veículo consiga aumentar sua velocidade de forma eficiente durante a ultrapassagem, torna-se necessário que a força de tração supere não apenas a resistência ao rolamento, mas também a resistência aerodinâmica crescente.

Outro aspecto relevante observado é que o desempenho em ultrapassagens está diretamente associado à relação potência-peso do veículo, bem como à capacidade do conjunto motriz de fornecer torque adequado nas faixas de rotação utilizadas durante a manobra. Ou seja, veículos com maior disponibilidade de potência conseguem reduzir significativamente o tempo necessário para a realização da ultrapassagem, aumentando assim as margens de segurança dessa operação.

Adicionalmente, deve-se considerar que o presente estudo foi desenvolvido com base em condições idealizadas, tais como pavimento perfeitamente nivelado, ausência de inclinação da via e valores hipotéticos para os parâmetros utilizados, etc. Assim sendo, na prática, diversos fatores adicionais podem influenciar o comportamento da aceleração longitudinal, como irregularidades do pavimento, variações de coeficiente de atrito entre pneu e solo, condições climáticas, características da transmissão do veículo e até mesmo o comportamento do condutor.

Portanto, os resultados e análises apresentados neste trabalho devem ser interpretados como uma aproximação teórica do fenômeno, sendo úteis principalmente para fins didáticos e para a compreensão

dos princípios fundamentais envolvidos na dinâmica veicular longitudinal. Entretanto, as formulações utilizadas permitem observar de forma clara como as diferentes forças atuantes no veículo influenciam diretamente sua capacidade de aceleração em situações reais de condução.

Por fim, destaca-se que o estudo da aceleração longitudinal constitui apenas uma parte do amplo campo da dinâmica veicular, podendo ser complementado por análises adicionais relacionadas à dinâmica transversal, à estabilidade em curvas e ao comportamento do veículo em frenagens. De certa forma, tais extensões permitiriam uma compreensão ainda mais completa do desempenho e da segurança veicular em diferentes condições de operação.

6 – Conclusão

Ao longo deste trabalho foi possível desenvolver um estudo acerca do comportamento da aceleração longitudinal em veículos durante situações de partida e ultrapassagem, utilizando como base conceitos da dinâmica veicular e princípios fundamentais da mecânica clássica. Isso, por sua vez, englobando fundamentação teórica necessária para a compreensão do assunto e desenvolvendo a modelagem matemática essencial para o detalhamento dos sistemas descritos.

Além disso, também foi possível uma análise individual distinta das duas manobras, permitindo um contexto mais minucioso do processo e seus efeitos. Assim, espera-se que o leitor possa compreender de maneira clara a importância da dinâmica veicular longitudinal na área da engenharia automobilística e que o documento possa ainda ser referenciado em outras publicações, tornando possível, inclusive, o desenvolvimento de estudos futuros a respeito do assunto de modo a complementar adequadamente a produção científica.

7 – Referências

- [1] GILLESPIE, Thomas D. *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. Warrendale (1992);
- [2] Reza N. Jazar. *Vehicle Dynamics: Theory and Application* (2013);
- [3] MILLIKEN, William F.; MILLIKEN, Douglas L. *Race Car Vehicle Dynamics*. Warrendale: SAE International (1995);
- [4] RAJAMANI, Rajesh. *Vehicle Dynamics and Control*. 2. ed. New York: Springer (2012);
- [5] Análise de Dinâmica Veicular do Protótipo Baja SAE. CEFET/RJ (2016). [Análise de Dinâmica Veicular do Protótipo BAJA SAE.pdf](#);
- [6] GOLDSTEIN, Herbert; POOLE, Charles; SAFKO, John. *Classical Mechanics*. 3. ed. Boston: Addison-Wesley (2002).