

ESTUDO SOBRE MODELO DE VIATURAS POLICIAIS PARA AS UNIDADES TÁTICAS DA POLÍCIA MILITAR

José César Martins de Oliveira¹
Marcus Vinícius Costa Sá²

RESUMO

Acidentes veiculares tiram a vida de muitos brasileiros anualmente, sendo um mal na vida dos cidadãos. Um ponto em particular em relação aos acidentes se dá no capotamento de veículos, que, em geral, tem conexão com as características dos carros, velocidade no deslocamento e conhecimento do condutor. Viaturas policiais são ferramentas importantes para o desenrolar da atividade policial, e como ferramentas devem ser entendidas como mais um equipamento de trabalho. Como equipamento de trabalho é necessário entender suas limitações operacionais, e quais são os riscos quando for operar o veículo. Nesse contexto, para evitar acidentes que possam mutilar ou tirar a vida de policiais e terceiros é importante entender e delimitar dados e especificações técnicas para que o gestor possa adquirir veículos que consigam atender à demanda operacional da instituição e fornecer segurança ao usuário final, ou seja, o policial que está diuturnamente nas ruas. Nesse sentido, esse estudo busca demonstrar como as dimensões, a sobrecarga utilizada no veículo, a altura do centro de gravidade e instrumentos de controle eletrônicos podem trazer uma segurança significativa para o policial poder exercer sua atividade cotidiana, minimizando ao máximo a possibilidade de capotamentos das viaturas, fator esse que foi um mal cotidiano na vida dos policiais nos últimos anos.

Palavras-chave: polícia, viatura, acidente, capotamento, dimensões.

¹ Mestrando. Aluno do Curso de Aperfeiçoamento de oficiais– 2020. Email: jcmartins@gmail.com.

² Dr. Eng. Marcus Vinícius da Costa Sá. Doutor em Engenharia Mecânica.



STUDY ON VEHICLE MODELS FOR MILITARY POLICE TACTICAL UNITS

ABSTRACT

Vehicle accidents take the lives of many Brazilians annually, being an evil in the lives of citizens. One point in particular in relation to accidents is the overturning of vehicles, which in general has connection with the characteristics of the cars, speed in the movement and knowledge of the driver. Police vehicles are important tools for the development of police activity, and as tools they must be understood as more work equipment. As work equipment, it is necessary to understand its operational limitations, and what are the risks when operating the vehicle. In this context, to avoid accidents that may mutilate or take the lives of police officers, it is important to understand and delimit data and technical specifications so that the manager can acquire vehicles that can meet the institution's operational demand and provide security to the end user, who is the police officer who is on the streets day in and day out. In the meantime, this study seeks to demonstrate how the dimensions, the overload used on the vehicle, the height of the center of gravity and electronic control instruments can bring significant security to the police can carry out their daily operational activity, minimizing the possibility of overturning of vehicles. vehicles, a factor that has been an everyday evil in the lives of police officers in recent years.

Keywords: police, vehicle, accident, overturning, dimensions.



1. INTRODUÇÃO

Como observado em aquisições anteriores de viaturas policiais feitas pela Polícia Militar do Distrito Federal, foi notório o alto índice de capotamento de veículos policiais quando utilizados em sua atividade precípua de policiamento, principalmente quando essa ferramenta é utilizada para impedir fuga de criminosos em outros veículos. O fato é que se o veículo não tiver a estabilidade necessária, principalmente em manobras que são executadas em altas velocidades, ocorre um risco elevado de não controle, podendo levar a capotamentos ou acidentes, possibilitando a perda de vidas.

Nesse diapasão, se faz necessário estabelecer critérios mínimos para um modelo de viatura policial que possa dar maior segurança possível ao operador. Também, deve se considerar a questão ergonômica e com isso evitar o mínimo de absenteísmo, já que esse tipo de veículo é utilizado por, no mínimo, 12 horas a cada serviço por uma equipe policial.

Verificando-se essas necessidades, algumas considerações devem ser apontadas, tais como: a quantidade de policiais alocados no veículo, o que implica na carga suportada pelo carro, a especificidade do modelo de policiamento, técnicas empregadas, a carga aplicada no veículo, devido ao modelo operacional de policiamento, os equipamentos que serão alocados no veículo e os tipos de terrenos a que o veículo pode ser submetido.

Esses fatores, entre outros, são preponderantes para diferenciar o tipo de policiamento empregado por uma unidade convencional de área para uma unidade especializada. Como as viaturas utilizadas por equipes especializadas geralmente são compostas por 03 a 04 policiais e levam uma gama maior de equipamentos embarcados, será considerada essa configuração como modelo para objeto de análise.

Com isso, dentro das unidades especializadas, o Batalhão de Policiamento de Choque é a unidade que compõe a maior carga de equipamentos embarcados, como, escudos, capacetes, armamentos e munições de menor potencial ofensivo (lançador AM600, granadas explosivas, granadas de lançamento lacrimogêneo e granadas de emissão lacrimogênea), entre outros.

Corroborando com o entendimento dos fatos até agora discutidos, serão apresentadas fotos dos equipamentos e efetivo a que uma viatura especializada



pode suportar, sendo, nesse caso específico, o Batalhão de Policiamento de Choque, o que não retira as outras unidades especializadas do foco, pois seria inviável um estudo para cada uma, inviabilizando nosso trabalho. Com isso, devido às características de policiamento e operações do BPCHOQUE é possível defini-lo como a melhor escolha por amostragem, primeiramente por ser uma unidade de pronto emprego, que atua em todos os níveis de emprego da força, bem como pela elevada carga de equipamentos que transporta no emprego das diversas operações que é submetido. Com fito de demonstrar a carga de equipamentos a serem acomodados nas viaturas operacionais, seguem as fotos dos equipamentos e sua alocação na viatura, juntamente com a disposição de cada policial no veículo.

Figura 1: Equipamentos para policiamento e operações.



Fonte: Autor.

Figura 2: Acomodação dos Armamentos nas Viaturas



Fonte: Autor.



Figura 3: Policiais posicionados dentro da viatura



Fonte: Autor

Desse ponto de vista, verifica-se realmente que as unidades que possuem um aspecto de especialidade em sua atividade devem ter um veículo que consiga dar o aporte operacional, pois, como já mencionado, veículos adquiridos em licitações já realizadas não conseguem atender a combinação de segurança e disponibilidade de alocar os equipamentos. O fato é que o veículo empregado por unidades especializadas, principalmente nas que empregam ações de choque e patrulhamento tático, tem uma grande sobrecarga devido ao peso que nele é aplicado e ao estilo de policiamento, utilizando-se diuturnamente esses veículos, fato que deve ser considerado no bojo da elaboração de um projeto de veículo seguro. Nesse aspecto, o estudo busca equalizar a necessidade de transporte de carga e a estabilidade veicular para a segurança do operador policial.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Referencial Bibliográfico.

No contexto de estabilidade veicular, com o intuito de redesenhar e converter o veículo terrestre de passageiros Land Rover Defender 110 em veículo militar, Khetrou-Trifkovic (2016) utilizou um modelo de simulação usando veículo experimental para dois cenários, nomeadamente os testes de resposta e manobra de mudança de faixa dupla. Nisso, foi verificado que a posição vertical de equipamentos acondicionados afeta consideravelmente o comportamento do modelo do veículo, especialmente manipulação dinâmica. Neste caso, a simulação do evento de direção da rampa da configuração estendida do veículo convertido



forneceu evidências quantitativas de instabilidade do veículo e superior potencial para capotamento.

No estudo realizado por Dhahir-Hassan (2019), foi desenvolvida uma abordagem probabilística e explícita de segurança de projeto de curva horizontal, ou seja, sem inclinação, usando análise de confiabilidade de quatro critérios de projeto: estabilidade do veículo, conforto do motorista, distância de visão e capotamento do veículo, utilizando para isso duas configurações, sendo a direção em tempo claro ou chuvoso para verificar o desempenho de segurança para frequência de colisão anual é de cinco anos. Este trabalho desenvolveu uma abordagem probabilística completa de projeto de segurança de curvas horizontais de rodovia e verificaram-se os critérios considerados pelo autor. Apenas o índice de conforto do motorista não foi significativo em todos os modelos desenvolvidos, que de acordo com ele contrasta a filosofia de design atual da curva horizontal, que se baseia no conforto do motorista. Portanto, além das deficiências conhecidas da abordagem de projeto, desempenho de segurança esperado da curva horizontal é mais sensível a outros critérios que não são considerados diretamente no modelo de design.

Quanto ao controle de estabilidade veicular, especificamente a veículos pesados, Chua-Lia (2018) menciona que a velocidade em uma estrada curva é a principal causa de acidentes de capotamento para veículos pesados, devido a seus centros de gravidade relativamente mais elevados, em comparação com os de automóveis de passageiros. Para o autor, os métodos tradicionais de melhoria de segurança de direção em curvas incluem sinais de limite de velocidade estáticos/dinâmicos na estrada que não possuem as características individuais do veículo e os sistemas de controle de estabilidade anti-capotamento de alto custo que não podem levar em consideração parâmetros geométricos como a superelevação da curva de um veículo.

Neste artigo, um novo modelo de previsão de velocidade de *rollover* baseado na derivação da dinâmica veicular de três graus de liberdade e índice de taxa de Transferência de Carga Lateral (LTR), que é o deslocamento de carga da roda interna para a roda externa da curva, é apresentado. Por meio de experimentos numéricos, os resultados mostram que este modelo pode garantir a estabilidade de rolamento do veículo com a velocidade calculada para entrar em



uma curva, cujo raio da estrada é igual a 50 m, em que o LTR do veículo nunca ultrapassa 0,72 e a aceleração lateral é sempre menor que 0,63 g.

Ainda sobre estabilidade veicular, Hoye (2011) verificou de modo estatístico que os resultados obtidos em seu estudo indicam que o sistema de controle de estabilidade evita cerca de 40% de todos os acidentes envolvendo perda de controle. Ainda foram encontradas reduções para alguns tipos de colisões com vários veículos e que acidentes fatais envolvendo pedestres, bicicletas ou animais também aumentaram, mas o valor do aumento é difícil de estimar com base nos resultados inconsistentes. Para o autor, o sistema de controle de estabilidade foi considerado mais eficaz na prevenção de acidentes fatais do que acidentes não fatais, e que este sistema geralmente é mais eficaz em veículos utilitários esportivos (SUVs) do que em carros de passageiros, e indica ainda que os veículos equipados com controle de estabilidade são realmente mais seguros

Segundo o autor supramencionado, os resultados do presente estudo mostram que o ESC (*Eletronic Stability Control*) evita boa parte de todos os acidentes envolvendo perda de controle. Os resultados de estudos que não controlaram as características do motorista provavelmente são baseados nas diferenças entre os motoristas de veículos equipados com ESC e outros motoristas. Os resultados a que se referem a tipos de acidentes que geralmente são considerados afetados por ESC são provavelmente influenciados por um certo grau de viés de “publicação” (não é possível compreender essa palavra no contexto). Ao examinar os aspectos metodológicos dos estudos, os seguintes efeitos foram encontrados: todos os acidentes fatais são reduzidos, acidentes menos graves são inalterados quando todos os tipos de falhas são considerados juntos.

No estudo realizado por YuJie-CHEN (2018), são exploradas as vantagens da estabilidade lateral da suspensão do veículo pelo uso de elemento inerte junto ao sistema de suspensão (mola e amortecedor). Para isso, ao considerar o desempenho de condução veicular e o desempenho de resistência ao capotamento, três layouts de suspensão básicos incorporando elementos inertes são otimizados por meio de algoritmo genético, considerando aderência à estrada e espaço de trabalho da suspensão. Os resultados mostram que o conforto de direção e a estabilidade lateral do sistema de suspensão do veículo podem ser melhorados de



que distância do centro de gravidade ao chão é um fator importante para estabilidade em curvas.

Devido à geometria dos automóveis, é difícil estabelecer exatamente qual o ponto do centro de gravidade, e seria também inviável como especificação para um processo licitatório. No entanto, é possível exigir a menor distância de vão livre do veículo, que em termos básicos é a distância do solo até os eixos do carro e chassi. Isso leva a crer que, quanto menor for o vão livre de um carro, menor será a distância do centro de gravidade ao solo e, conseqüentemente, menor o torque aplicado em curvas.

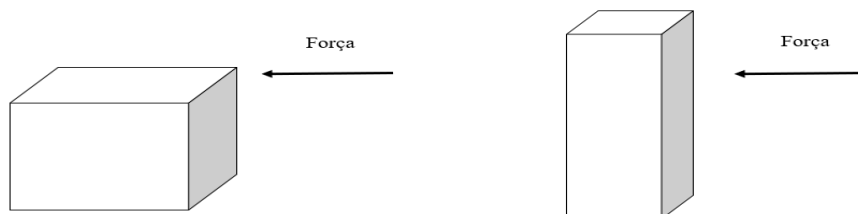
2.2.1 Verificando o momento de inércia:

Momento de inércia é uma propriedade de resistência à rotação dos corpos, que está vinculada a distribuição da massa em um eixo específico. De acordo com Meriam Kraige (2009, p. 307), o seguinte conceito é apresentado para definir o significado de momento de inércia:

É uma propriedade constante do corpo. Essa propriedade é uma medida de inércia de rotação, que é a resistência a variação na velocidade de rotação devida à distribuição radial de massa em torno de um eixo z por meio de G

Assim, a distribuição da massa de um corpo em torno de seus eixos em referência a G (centro de gravidade) tem influência no seu momento de inércia e, por conseguinte, na sua capacidade de resistir a rotação, ou seja, a girar. Assim, de forma didática para o entendimento, dois corpos com a mesma massa, mas em um formato de uma caixa (um cubo, por exemplo) e o outro em um formato de um paralelepípedo terão resistências diferentes à rotação. Observe, as seguintes figuras:

Figura 5: Momento de inércia.



Fonte: Autor

Nesse esquema, aplicando a mesma força aos dois corpos, verifica-se que o corpo da figura A vai resistir mais a rotação do que o corpo da figura B em virtude de suas dimensões, o que permite uma melhor distribuição da massa em

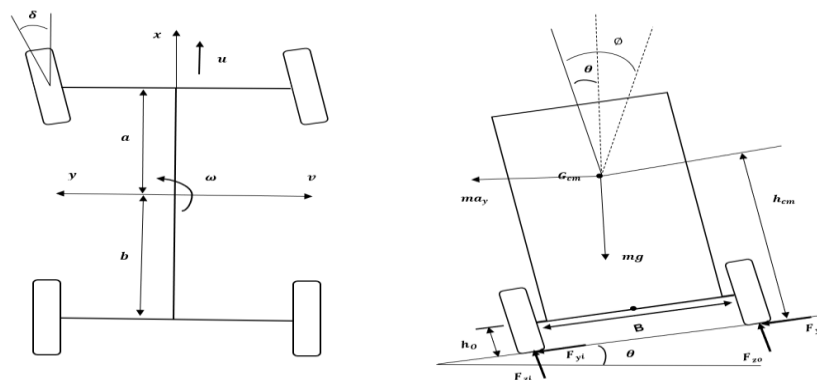
torno de seu eixo. Isso leva a crer que o comprimento e, principalmente, a largura são fatores preponderantes em um corpo quanto as resistências à rotação. Em um veículo, no que tange às especificações, essas dimensões se referem a distância entre eixos e as bitolas traseiras e dianteiras (distância entre a roda direita e esquerda no mesmo eixo).

A somatória dos torques (momentos) aplicados em um corpo de modo que as forças resultantes deste tem intrínseca relação com o momento de inércia e com suas distâncias ao ponto de aplicação é apresentada a seguir:

$$M = \sum I \frac{dw(t)}{dt} + \sum m \underline{a} d \quad (1)$$

Decorre que os torques como já mencionados surgem quando existem forças aplicadas em um determinado ponto em relação ao seu centro de gravidade. Para isso, em referência aos artigos pesquisados na pesquisa bibliográfica, a partir da análise da velocidade será feita correlação com a altura do centro de gravidade e massa veicular. Seria possível ainda correlacionar a distância entre eixos e as rodas no eixo da suspensão. A figura 6 apresenta uma ilustração de um veículo, que pode ser um veículo pesado, em pista com uma angulação θ , simulando uma curva.

Figura 6: Dinâmica da veicular em um plano.



Fonte: Autor.

Nesse caso, para análise, deve ser considerado que existe um equilíbrio dinâmico no sistema e, com isso, pode-se afirmar que: m representa a massa do veículo; $a; b$ são as distâncias longitudinais do Centro de Gravidade (G_{cm}) para o eixo dianteiro e o eixo traseiro; h_{cm} é a distância de G_{cm} ao solo; h_0 representa a distância do centro do rolo ao solo; δ ; a_y ; ω_r ; θ ; ϕ ; u ; g representa o ângulo da

roda dianteira, a aceleração lateral, a taxa de rotação angular, a inclinação da estrada, a velocidade longitudinal, o ângulo de derrapagem do eixo dianteiro, o ângulo de derrapagem do eixo traseiro e a gravidade, respetivamente.

Para análise do caso específico, como mencionado, será considerado que o sistema se encontra em equilíbrio dinâmico, a fim de se estabelecer condições de análise para o somatório das forças resultantes e do somatório dos momentos, considerando que $\cos \cos \theta \approx 1$ e $\sin \sin \theta \approx \theta$, bem como as forças no pneu dianteiro com a dinâmica linear e a aceleração lateral e tração das rodas:

$$ma_y \cos \cos \theta = F_{yi} + F_{yo} \quad (2)$$

$$mg \sin \sin \theta = F_{zi} + F_{zo} \quad (3)$$

No momento da curva, tomando por referência as informações supramencionadas, assumindo o equilíbrio em torno do centro de gravidade e as forças laterais nas rodas dianteiras e traseiras, em relação a somatória dos momentos define-se:

$$\sum F = F_{yd} + F_{yt} = \frac{(mv^2)}{R} \quad (4)$$

Onde:

- F_{yd} força lateral no eixo dianteiro (N);
- F_{yt} força lateral no eixo traseiro (N);
- m massa do veículo (kg);
- v velocidade longitudinal (m/s);
- R raio da curva (m).

Considerando as resultantes dos momentos das forças em relação ao centro de gravidade, tem-se:

$$F_{yd}a - F_{yt}b = 0 \quad (5)$$

$$F_{yd} = F_{yt} \frac{b}{a} \quad (6)$$



Correlacionando a equação (6) com a equação 5 em relação aos momentos resultantes, verifica-se que:

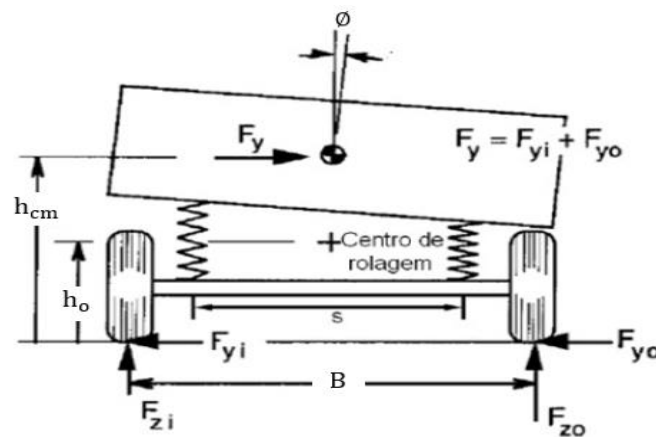
$$\frac{(mv^2)}{R} = F_{yt} \frac{b}{a} + F_{yt} = F_{yt} \left(\frac{b}{a} + 1 \right) = F_{yt} \left(\frac{b+a}{a} \right) \quad (7)$$

Sabendo que a soma $b + a$ equivale à distância entre os eixos dianteiros e traseiros, chamada aqui de $L = b + a$, a equação (7) pode ser reescrita nos seguintes termos

$$F_{yt} = \left(\frac{amv^2}{RL} \right) = \left(\frac{am}{R} \right) \left(\frac{v^2}{L} \right) \quad (8)$$

Diante da equação apresentada é importante verificar os efeitos da suspensão em uma curva, já que existe um trabalho mecânico das molas para manter a estabilidade veicular.

Figura 7: Forças em um veículo em curva.



Fonte: Menezes (2015).

Na figura (7), é possível observar que as forças envolvidas permitem o surgimento de um ângulo de rolamento ϕ , por meio da ação de momentos que tem proporção com a rigidez de rolamento K_ϕ , onde essa rigidez é proporcional à rigidez da mola.

$$K_\phi = 0,5K S^2 \quad (9)$$

Pela equação (10), é possível definir K como a rigidez da mola e S como a distância entre elas. Em virtude desse momento em relação ao ângulo de rolagem, é possível obter uma relação em função das forças verticais F_{zi} e F_{zo}

A partir desse momento, é possível definir a taxa de transferência de carga lateral como sendo a razão entre as forças F_{zi} e F_{zo} , que são os carregamentos na roda interna e externa da curva. Por ser uma taxa e uma razão, então a taxa será dada por:

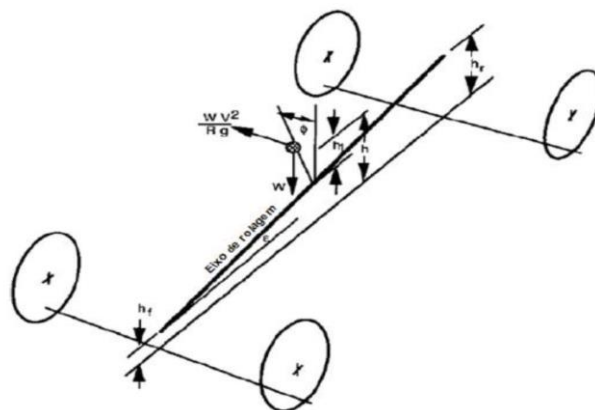
$$F_{zi} - F_{zo} = \frac{2F_y h_o}{B} + \frac{2K_\phi \phi}{B} \quad (10)$$

A partir da equação (10) pode-se definir que:

- O Termo $\frac{2F_y h_o}{B}$ tem relação com os esforços laterais gerados na curva.
- O Termo $\frac{2K_\phi \phi}{B}$ tem relação com a rolagem em relação a transferência de carga lateral.

A partir das relações apresentadas na equação (10), é demonstrado o quanto as forças laterais e o ângulo de rolamento em relação ao seu eixo influenciam drasticamente na estabilidade veicular. Tomada essa informação, a fim de buscar uma relação entre a velocidade e alguns parâmetros do veículo, a figura a seguir permite encontrar os momentos resultantes em relação ao ângulo de rolamento.

Figura 8: Momento sobre eixo de rolamento



Fonte: Menezes (2015).

Verificado as relações de momento e das aplicações dos esforços em relação ao centro de gravidade e eixo de rolamento, é possível verificar que:

$$M_{\phi} = \left(Wh_1 \sin \sin \phi + \frac{Wv^2h}{Rg \cos \cos \phi} \right) \cos \cos \varepsilon \quad (11)$$

Como já informado para pequenos ângulos, é possível assumir $\cos \cos \varepsilon = \cos \cos \phi = 1$ e $\sin \sin \phi = \phi$, onde a equação (12) pode ser reescrita da seguinte forma:

$$M_{\phi} = Wh_1 \left(\frac{v^2}{Rgh} + \phi \right) \quad (12)$$

Mas, considerando que os momentos dados em virtude da rigidez de rolamento da mola, pode ser admitido que:

$$M_{\phi d} + M_{\phi t} = (K_{\phi d} + K_{\phi t})\phi \quad (13)$$

$$Wh_1 \left(\frac{v^2}{Rgh} + \phi \right) = (K_{\phi d} + K_{\phi t})\phi \quad (14)$$

Essa mesma equação pode ser indicada em função da altura h , correlacionando a partir do ângulo ϕ , conforme indicado a seguir:

$$v = \sqrt{\frac{(Rg\phi)(K_{\phi d} + K_{\phi t} - Wh)}{Wh}} \quad (15)$$

Conhecendo a equação (15), são necessárias as seguintes definições:

- W carga sobre o eixo;
- $M_{\phi d}$ momento de rolamento dianteiro;
- $M_{\phi t}$ momento de rolamento traseiro;
- $K_{\phi d}$ rigidez de rolamento dianteiro;
- $K_{\phi t}$ rigidez de rolamento traseiro;
- ϕ ângulo de rolamento.

2.2.2 Tipo de câmbio

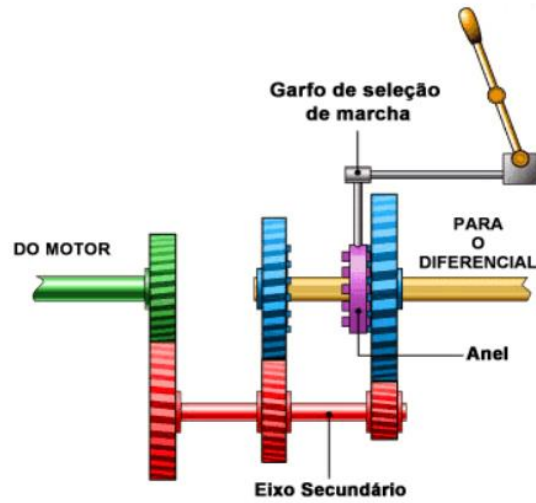
Os câmbios normalmente utilizados são manuais, automáticos e automatizados. Vamos assim diferenciar cada um deles:

Câmbio manual: possui uma embreagem que permite o isolamento do motor, onde por meio de uma caixa de mudança de engrenagem fornece relações



de torque e velocidades de acordo com a necessidade a qual o veículo está sendo submetido.

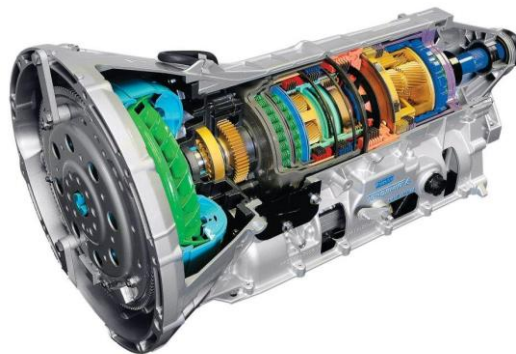
Figura 9: Desenho esquemático de câmbio manual.



Fonte: Blog F1.

Transmissão Automática: a transmissão automática possui um conversor de torque, com um conjunto de transmissão epicloidal, juntamente com mecanismos para acionamento de freios e embreagens. Um conversor de torque é um tipo de acoplamento hidráulico que permite que o motor gire, algo independentemente do câmbio. Se o motor gira mais lento, como quando o carro está parado no semáforo, a quantidade de torque que passa pelo conversor de torque é menor, de modo que para manter o carro parado é preciso apenas uma pequena pressão no pedal do freio. A figura (10) a seguir mostra o modelo esquemático de um câmbio automático.

Figura 10 Esquema de um câmbio Automático.



Fonte: revista (2017).

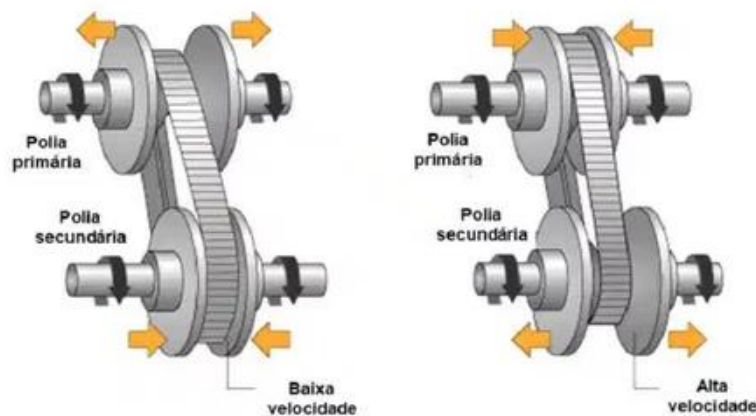


Câmbio automatizado: possui o mesmo mecanismo de transmissão conforme os câmbios manuais. A diferença específica decorre da atuação de um mecanismo chamado centralina, a qual atua no engate das marchas. É um tipo de mecanismo eletrônico que busca controlar o trabalho mecânico da engrenagem das marchas.

A diferença básica entre uma transmissão manual e a automática é que a primeira acopla e desacopla diferentes sequências de engrenagens dentro da caixa de mudanças e, assim, permite diversas velocidades. Para fazer as trocas, o sistema manual possui a embreagem. Ela acopla e desacopla o conjunto. Já a transmissão automática traz um conjunto de engrenagens planetárias, que é um jogo igual ao das engrenagens manual, mas concentrado em uma única peça. Para que o sistema funcione, existe um componente chamado de conversor de torque, que faz a função de embreagem. Este item faz um acoplamento hidráulico que permite que o motor gire de forma independente da transmissão.

Câmbio CVT: em relação ao câmbio CVT (Transmissão de Variação Continuada) pode definir como sendo constituído por duas polias de abertura variável, com enormes variações de seleções. Alguns definem como um modelo mais avançado da transmissão automática que não é limitada a um número de engrenagens fixas, com 4, 5 ou 6 marchas. A vantagem do câmbio CVT é que permite uma maior eficiência no consumo de combustível e menos perda na transmissão do torque do motor.

Figura 11: Cambio CVT



Fonte: veículos na WEB (2018)

Como mencionado pela comissão, em estudo técnico da FATEC de Carapicuíba sobre MOTOR DE INJEÇÃO ELETRÔNICA, TRANSMISSÃO, EMBREAGEM E CÂMBIO AUTOMÁTICO – 2011, indica-se que carros que são equipados com câmbio automático são mais duráveis e dificultam o mal uso do sistema de transmissão, por parte do condutor, podendo levar ao desgaste prematuro do sistema, e isso é minimizado porque as velocidades de rotação são convertidas automaticamente no momento certo.

O uso inadequado do sistema de transmissão é um dos fatores que mais leva ao desgaste do mecanismo, o que se observa em veículos de câmbio manual. A forma de uso do câmbio manual do veículo policial, principalmente as unidades especializadas, devido a carga excessiva, impõe um desgaste prematuro e desnecessário da embreagem e dos pneus além da diminuição da durabilidade e do risco de quebra de componentes como semi eixos, juntas homocinéticas, juntas deslizantes, mancais de fixação do câmbio e motor e buchas de fixação da suspensão. O veículo equipado com o câmbio automático não permite esse e outros tipos inadequados de operação que elevam os gastos com manutenção do veículo. Desse modo, levando em consideração todos esses fatores julga-se mais viável a aquisição de veículos com câmbio manual.

2.2.3 Motorização

A respeito desse assunto, a Comissão nº 28/2015 estabeleceu a gasolina como combustível para o veículo com as especificações apresentadas na Portaria PMDF nº 1037. Entende-se que para equipes policiais vinculadas a uma área específica, as quais não necessitam realizar grandes deslocamentos, será viável esse tipo de motorização, devido a potência dada ao ciclo de queima (Ciclo Otto), por meio de velas de ignição, tendo uma diferença de consumo em comparação a um veículo a diesel, fator que deve ser considerado em veículos, como os das unidades especiais, que devem percorrer grandes distâncias. Sendo assim, o consumo deve ser considerado pela administração.

Para dar seguimento nessa argumentação, deve-se primeiro conceituar o tipo de ciclo que veículos motorizados a diesel possuem. Para essa definição Çengel -Boles (2006, p. 406) conceitua de forma clara esse assunto.

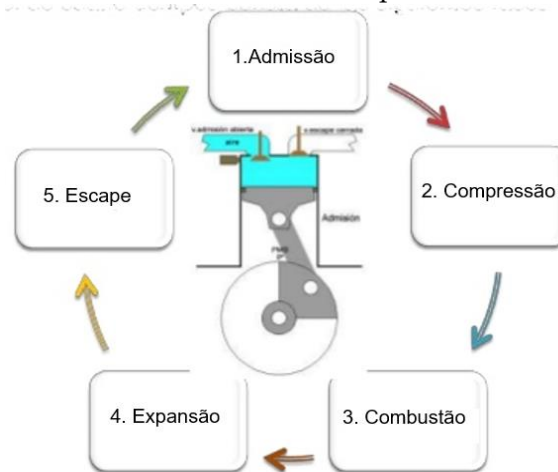
De acordo com o autor tem-se:



Nos motores de ignição por centelha (também conhecidos como motor a gasolina) a mistura ar e combustível é comprimida a uma temperatura abaixo da temperatura de auto-ignição do combustível, e o processo de combustão é iniciado pela centelha de uma vela de ignição. Nos motores de ignição por compressão (também conhecidos como motores a diesel), o ar é comprimido até uma temperatura acima da temperatura de auto-ignição do combustível, e a combustão é iniciada pelo contato à medida que o combustível é injetado nesse ar quente. Assim a ignição é substituída por um injetor de combustível nos motores a diesel.

A seguir para entendimento, serão apresentadas imagens de funcionamento desse ciclo.

Figura 12: Funcionamento de um pistão no Ciclo Diesel



Fonte: Çengel 2006

Assim, após essa conceituação, Boles (2006, p.407) apresenta vantagens quanto a utilização de motores utilizando combustível a diesel:

Os motores a diesel operam com razões de compressão mais altas e, portanto, em geral são mais eficientes do que os motores de combustão ignição por centelha (a gasolina). Os motores a diesel também que em geral eles operam com um número menor de rotações por minuto e a razão entre a massa e ar e a de combustível é muito mais alta do que nos motores por ignição por centelha.

Ainda o autor apresenta uma outra vantagem da motorização a óleo diesel:

A maior eficiência e os menores custos de combustível dos motores a diesel os tornam atraentes para aplicações que exigem quantidades relativamente grandes de potência.

No entanto, a comissão levantou o questionamento da economicidade. No relatório da comissão, traz-se o seguinte argumento em relação motorização:

Ou seja, comprando duas unidades do mesmo veículo equipadas com motorizações distintas podemos constatar que a unidade equipada com o

motor a gasolina, no exemplo, é 38,5% mais potente, tem o custo de manutenção 14,3% mais baixo e uma performance de aceleração superior em 39,4% quando comparado com a unidade equipada com o motor a diesel. Ademais a manutenção de um motor Diesel é complexa e exige a especialização de pessoal para tal fim. Outro ponto importante é o custo de aquisição. Veículos equipados com motor a Diesel tem custo de aquisição até 40% superiores aos seus equivalentes equipados com motos a gasolina ou flexíveis.

Desse modo, verificando as informações até agora discutidas, fica claro que nos dois tipos de motorização existem vantagens e desvantagens. Com isso, sugere, caso o administrador entenda assim, que não se estipule qual tipo de combustível, para que o veículo menos custoso financeiramente possa competir no certame, sendo isso menos danoso financeiramente.

Diante das informações apresentadas não se deve esquecer que a motorização em relação a potência máxima fornecida é importante para a elaboração do certame licitatório ao qual uma instituição policial irá publicar.

Decorre que, quando se fala em potência de um tipo de motorização vem sempre a memória tantos “cavalos vapor”, ou o símbolo “CV”, e que quanto maior a seu valor numérico mais potente é o carro. É errôneo pensar dessa forma, já que uma carreta tem milhares de potência e é um veículo lento em relação a um carro de passeio. Nesse processo, o mais importante é analisar se o peso e sobrecarga no veículo podem influir na eficiência e potência do veículo, ou em outras palavras, deve ser analisado a relação peso versus potência (*PP*).

Portanto será definido a seguinte relação

$$PP = \frac{PESO}{POTÊNCIA \cdot POTENCIA} \quad (16)$$

Com essa expressão, é possível definir o quanto de uma potência é necessário para transportar 1kg de massa, e com isso verificar que quanto menor for seu valor para transportar essa massa, mais potente será o veículo. Numa análise de eficiência e perdas pode-se ter uma relação entre a potência nominal fornecida pela montadora e o aumento de carga no veículo, de modo que:

$$Eficiência = \frac{PP_{nominal}}{PP_{com\ carga}} \quad (17)$$

Verificando que $PP = PP_{nominal}$, e correlacionando as equações (16) e (17) chega-se a seguinte expressão para a eficiência.

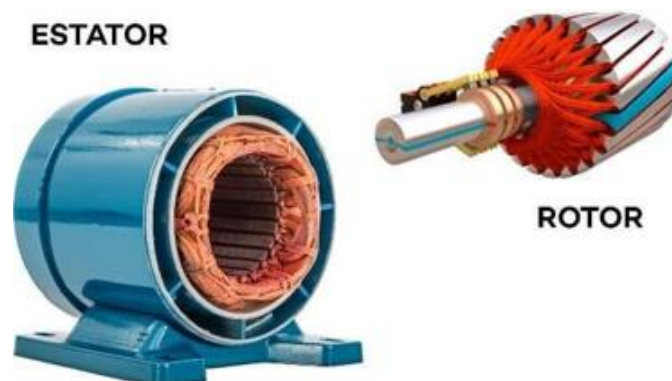


$$Eficiência = \frac{Peso}{PP_{com\ carga} \times Potência \times Potencia} \quad (18)$$

Em tempos de inovação tecnológica, é notório que motores híbridos e elétricos estão se tornando uma realidade de forma rápida e formal. A União Europeia tem o objetivo de vetar carros a combustão interna ou híbridos até 2035, levando as indústrias a se adaptarem à nova realidade de veículos elétricos. Pelo que foi informado, esse ato fomenta cumprir as metas estipuladas no Acordo de Paris, a fim de diminuir as emissões CO² na atmosfera, gás causador do efeito estufa. Nesse contexto, o Brasil não pode se isolar dessa nova realidade, até pelo tamanho de sua economia, bem como as instituições policiais já devem se preparar para esses novos tipos de veículos em seus certames.

Portanto, contextualizo aqui o funcionamento de um veículo elétrico. Um motor de um carro elétrico possui dois mecanismos, os quais se distinguem basicamente pelo elemento rotativo chamado rotor e um estacionário chamado estator. Quando a corrente elétrica passa pelo motor, os dois elementos, que possuem campos magnéticos diferentes, se repelem causando a rotação do rotor dentro do estator. Uma diferença entre motor a combustão interna e elétrico é que os últimos requerem altos torques em baixas velocidades permitindo que o veículo atenda às necessidades da aceleração. Uma das deficiências é o armazenamento em baterias que possuem baixa capacidade e horas de uso em relação a um motor à combustão interna.

Figura 13: Mecanismos de um motor elétrico.



Fonte: site NeoCharge

2.2.4 Torque do motor:

A Comissão nº 28/2015 não menciona em seu relatório sobre qual o torque o veículo deve possuir. Essa informação é muito importante porque em situações emergenciais, é necessária uma resposta e uma saída rápida. Nesse sentido, o torque influencia na “arrancada” do carro, ou seja, o *input* necessário para o veículo sair de uma situação de inércia se dá na capacidade de o motor produzir força motriz, ou seja, o movimento giratório. É essa força que faz o veículo sair da inércia, arrancar e vencer ladeiras íngremes sem que se precise efetuar muitas trocas de marchas.

Considerando o que foi colocado no parágrafo anterior, os veículos aqui estudados possuem uma carga excessiva e um modelo de policiamento especializado, onde as especificações do torque médio que o motor irá produzir devem ser levadas em consideração, para atender as necessidades das unidades a que se propõem.

2.2.5 Suspensão

Para iniciar a discussão sobre qual o tipo de suspensão se deve utilizar nesse contexto, é preciso discorrer sobre se as dimensões veiculares em uma curva levam a forças que influenciam na estabilidade, sendo elas associadas à velocidade e ao raio da curva. Nesse diapasão, Nicolai e Rosa (2001), no trabalho sobre a modelagem quase estática de veículos automotores de rodas, escrevem sobre o funcionamento físico e mecânico de vários mecanismos de um veículo, onde Forças e Momentos que agem sobre uma suspensão, leva-os a discutirem sobre a influência dessas forças. Portanto:

O giro de um corpo no espaço está associado a uma aceleração angular e, conseqüentemente, a um momento. Assim o ângulo de rolamento de um automóvel é função do momento devido a uma força centrífuga que age no centro de gravidade em relação ao eixo de rolamento e da rigidez das molas e do estabilizador.

O sistema de suspensão é um fator importante para a estabilidade veicular. Nesse ponto, existem dois sistemas de suspensão: eixo fixo e eixos independentes, utilizados comumente nas rodas traseiras.

A Comissão nº 28/2015, instaurada pelo Estado Maior, em seu relatório, menciona que:



O primeiro é mais antigo, é a suspensão de eixo rígido. É a tipologia predominante na construção de veículos de carga em todo o mundo. Basicamente é constituído por dois semi eixos fixos acoplados a um diferencial central que limita a flexibilidade da suspensão, comprometendo a capacidade do veículo de contornar curvas em alta velocidade, porém, suporta altas cargas de peso e tração

Um dos objetivos para se ter um veículo para cada unidade especial, além de realizar o policiamento, é a condução de equipamentos e materiais. E, como já mencionado no início desse trabalho, unidades como o BPCHOQUE podem carregar uma carga maior de 500 kg e, portanto, necessitam de um modelo que possa suportar essa carga.

A mesma comissão conceitua suspensão independente:

O segundo tipo de suspensão é empregado desde veículos de alta performance até automóveis comuns. Denominado por suspensão independente, é composto por múltiplos braços de fixação ancorados a mancais de maneira independente em cada lado do veículo. Eles permitem o movimento individual das rodas de modo a mantê-las em contato com o pavimento por mais tempo em condições severas. Apesar de não suportar toneladas de carga são mais eficientes na absorção de irregularidades do terreno conferindo mais estabilidade e dirigibilidade ao veículo

Essa suspensão tem a desvantagem de não suportar uma grande carga como a rígida, mas tem maior estabilidade, o que por si só já é uma grande vantagem. Os dois modelos apresentam vantagens e desvantagens, no que se refere ao tipo de carro apresentado. No entanto, sugere-se que seja dada prioridade ao sistema de suspensão independente em virtude da maior estabilidade em detrimento da suspensão rígida, valorizando assim a segurança.

No tocante à suspensão, é importante mencionar que se deve analisar quanto aos ângulos de ataque (entrada) e os de saída, devido a topografia das pistas urbanas, principalmente por causa de meios fios e quebra-molas.

2.2.6 Sistema de freios

No sistema ABS, sensores e alguns módulos analisam de forma constante o sistema de freio veicular, no momento do acionamento do freio, verificando assim os níveis de rotações no momento da parada. A depender do nível de rotações identificados o sistema leva a um controle da pressão nos discos, diminuindo-a ou aumentando-a caso seja necessário, o que é sentido quando



acionado por meio da trepidação no freio, explicado pela diminuição e aumento da pressão em um curto espaço de tempo no momento da parada.

Já no caso do EBD, o sistema pode ser explicado com uma central de monitoramento dos freios, a qual verifica todas as informações, como rotação das rodas, ângulo e tração. A partir desses dados, o sistema realiza a distribuição da força de frenagem da maneira mais eficiente possível. Isso permite verificar quando uma das rodas do veículo não toca o solo ou não tem aderência, corrigindo esse problema e evitando que o carro possa sair de uma trajetória ao acionar os freios e o ABS.

Verificando a informação acima colocada, o sistema de freios deve possuir, no mínimo, sistema eletrônico antitravamento das rodas com sistema de distribuição de frenagem (EBD) e sistema de auxílio de frenagem em emergência (ABS).

2.2.7 Controle eletrônico de estabilidade:

É um sistema eletrônico que atua diretamente nos freios e evita que o condutor perca o controle direcional em curvas ou desvios de trajetória, garantindo maior segurança. O dispositivo analisa a rotação de cada uma das rodas em relação à velocidade do veículo e rapidamente identifica aquela que está perdendo aderência, acionando o freio daquela unidade, a fim de corrigir a trajetória do veículo, evitando que o veículo rode na pista ou saia excessivamente, de modo tangencial, a curva.

O controle eletrônico de estabilidade permite, com análise de informações, a correção de um trajeto por meio do controle do torque fornecido às rodas, bem como no momento da frenagem das forças atuantes. Confirmando essa informação, Nah-Yim (2020) diz que o controle eletrônico de estabilidade (ESC), que faz uso da frenagem (frase incompleta). O ESC é baseado no sistema de freio hidráulico e tem uma função de frenagem independente ou diferencial. Pode ser considerado um dispositivo de vetorização de torque (TVD), que pode gerar torque de tração, diminuindo, assim, a possibilidade de derrapagem em curvas.

Como colocado, em curvas as rodas giram em rotações diferentes. A roda de dentro da curva tende a girar mais rápido que a de fora da curva e, dependendo



da velocidade de entrada, o carro pode ter seu controle comprometido e, por isso, a necessidade do controle de estabilidade para corrigir isso.

2.2.8 Modelo de Chassi

2.2.8.1 Chassi tipo escada

Estrutura onde a carroceria é separada do chassi, sendo possível montar sobre o mesmo chassi diversos tipos de carrocerias diferentes. É constituído por duas vigas longitudinais, que acompanham todo o comprimento do veículo, conhecidas como longarinas, ligadas entre si, por uma série de vigas transversais, conhecidas como transversinas, sendo assim um conjunto que tem boa capacidade de carga em sua aplicação. Somando a essa informação, o estudo sobre Otimização Paramétrica De Chassi Veicular Tipo Escada, Machado Alba (2015) conceitua sobre esse assunto:

Ele é tipicamente composto por vigas de seção vazada retangular, circular ou perfil aberto “C”. É formado por dois membros paralelos dispostos no sentido do comprimento do veículo chamados longarinas (retas ou curvas, paralelas ou não), que são interligadas por membros transversais (com quantidade a depender do modelo), chamados transversinas ou travessas (OLIVEIRA, 2007). Nesse tipo de estrutura, na qual a base e a carcaça são peças separadas, é possível que o chassi sofra torção sem causar estresse no habitáculo que comporta passageiros ou carga, prolongando a vida útil da carroceria e evitando o surgimento de ruídos. Também são mais baratos de fabricar e de reparar em caso de acidentes, em comparação com outros tipos de chassi utilizados atualmente.

Ainda na mesma dissertação:

Dessa forma, no mercado atual, a aplicação deste tipo de chassi é concentrada em veículos de médio e grande porte, de alta capacidade de carga e comumente sujeitos à torção devida a desnivelamento entre rodas, causados por terrenos irregulares (SAMAHÁ, 2009) tais como picapes, utilitários, caminhonetes e caminhões.

Corroborando sobre esse tipo de estrutura:

Um chassi tipo escada é o mais simples e mais antigo usado na construção de veículos modernos. Foi originalmente adaptado de carruagens estilo charrete de cavalo, uma vez que, tinha a força suficiente para suportar o peso dos componentes. Se uma capacidade de peso maior fosse necessária, então poderiam ser usadas vigas maiores. No entanto, este tipo de quadro fornece muito pouca rigidez para um automóvel de alta performance. O chassi tipo escada é simples de projetar e fabricar, mas tende a ser pesado se se quiser rigidez. [12, 17] Quando algumas travessas e / ou umas barras de proteção são adicionadas a um chassi tipo escada simples, não há muita melhoria na sua rigidez à torção.



Figura 14: Imagem Chassi escada.



Fonte: site Web Cars

2.2.8.2 Chassi tipo monobloco

É um chassi automotivo com uma única estrutura, ou seja, uma peça única, integrando a carroceria junto ao chassi, sendo muito eficiente contra impactos. Somando a essa informação a dissertação da Universidade de Brasília, da mesma forma no estudo sobre Otimização Paramétrica De Chassi Veicular Tipo Escada, Machado Alba (2015), remonta a vantagens e, no que tange a um veículo policial, tem uma rigidez maior a momentos fletores e torçores:

“Segundo Pinto Filho (2004), do ponto de vista estrutural um monobloco tem que resistir aos mesmos esforços e atender aos mesmos requisitos que um veículo similar que possua quadro de chassi e carroceria. Seu processo de fabricação envolve a produção de suportes nas regiões inferiores mais reforçadas que remetem à longarinas e travessas. São acrescentadas à base colunas verticais laterais nas regiões traseira, central e frontal, placas metálicas através de estampagem formam a carroceria e outros componentes como portas e capôs, que posteriormente são soldados à base Segundo Happian-Smith (2002) as vantagens da estrutura integral são numerosas. É mais rígida em torção e flexão, possui menor peso do que quando se utiliza chassi e corpo separados, pode ser produzido com um custo mais baixo, e produz um carro mais silencioso para os passageiros, além de oferecer boa utilização do espaço interno e proteção contra impactos. Outra importante vantagem, segundo Oliveira (2007) é a sua facilidade de adequação aos processos automatizados de fabricação, o que minimiza o custo”



Figura 15: Imagem Chassi Monobloco



Fonte: site Mecânica Online.

Verificando o que foi apresentado na dissertação mencionada, chega-se à conclusão que para a atividade a qual se propõe o veículo até esse momento debatido, deve ser montado sobre a estrutura de chassi monobloco, pois é mais adequado à atividade policial, principalmente as unidades operacionais, cujo modelo de policiamento leva a uma maior intensidade do que as unidades convencionais, principalmente por ter uma rigidez maior à torção e flexão. Esses tipos de esforços levam a uma estabilidade estrutural do veículo de acordo com a intensidade aplicada, e por isso, é importante minimizá-lo.

A Comissão nº 28/2015, instaurada pelo Estado Maior, entendeu também que veículos montados sobre estrutura de chassi sobre monobloco são mais seguros, apresentando uma variável de análise chamada de fator de segurança, que é proporcional à largura do carro pela altura do centro de gravidade, ou seja, $F=L/2HG$. Essa informação a comissão buscou na *The Highway Traffic Safety Administration Nacional* (NHTSA, para o short), uma agência do governo dos Estados Unidos que faz parte do Departamento de Transportes. Nota-se que essa análise foi abordada quando se discorria sobre quais as dimensões seriam adequadas para o veículo utilizado na atividade policial das unidades especializadas, explorando que devia considerar a largura do veículo, bem como a distância do centro de gravidade ao chão, pois quando mencionado na parte das dimensões foi debruçado que a relação dessas medidas influencia na capacidade do veículo a resistir ao torque, diminuindo a capacidade do veículo a capotar.



Continuando a seguir um trecho do que a comissão escreveu sobre esse tipo de veículo:

Por outro lado, pode-se concluir com base nos argumentos e dados apresentados no bojo desse processo, que os veículos fabricados com tecnologia construtiva de cabine fixada sobre chassis são criticamente mais suscetíveis à capotamentos quando comparados aos veículos baseados na tecnologia de construção por monobloco

Fica evidente então que principalmente os veículos do tipo utilitário esportivo de grande porte apresentam desempenho inferior no quesito chance de capotamento. Tal fragilidade decorre do método construtivo destes veículos que utiliza a tipologia carroceria sobre chassis e suspensão traseira de eixo fixo que favorece o transporte de grandes quantidades de carga, porém, compromete a estabilidade e consequentemente o desempenho dinâmico do veículo por elevar o seu centro de gravidade.

Após verificar os conceitos e afirmações apresentadas até o momento, entendendo que o veículo montado sobre o chassi em monobloco é o ideal para o tipo de atividade policial, sendo assim, fica sugerido que seja parâmetro considerado em futuras licitações.

3 METODOLOGIA

Esse estudo tem por análise verificar o comportamento da estabilidade veicular em virtude de parâmetros como peso, altura do centro de gravidade e distância entre eixos. Nessa proposta, para a metodologia, alguns parâmetros e procedimentos foram tomados e alguns passos adotados. Primeiramente, para a sobrecarga a que uma viatura é submetida foi realizada uma pesagem no veículo utilizando a balança de pesagem da Serra Alimentos LTDA, sediada na Cidade de Samambaia, às margens da rodovia DF 180. As duas Guias de Pesagem com número de Registro 1518328 e 15918340 estão apresentadas na Figura 16 e na Figura 17, como demonstrado a seguir



Figura 16: Peso medido da Viatura não equipada.

SEARA ALIMENTOS LTDA. - Controle de Pesagem		Nº Reg. 15918340																			
Fornecedor/Cliente	2914460/205 SEARA ALIMENTOS LTDA	Nota Fiscal	Item																		
Pesagem de Entrada	2350	Pesagem Saída	2350																		
Transportadora	VIATURAS PATAMO																				
Motorista	POLICIAIS																				
Placa	JIL6331	UF: DF	UF:																		
Nº Container	Nº Lacres																				
Data hora Entrada	23/02/2018 17:28:23	Data hora Pesagem Saída	23/02/2018 17:28:38																		
Balaceiro	AMDSMAC AILTON MARQUES DE LIMA SANTOS MACHADO	Data hora Saída	23/02/2018 17:28:38																		
Obs	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Umidade</th> <th>%</th> <th>Qt Desconto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Imp. e Mat. Estranhas</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grãos carunchados</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grãos avariados</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Quebrados</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Total Desconto</td> </tr> </tbody> </table>			Umidade	%	Qt Desconto	Imp. e Mat. Estranhas			Grãos carunchados			Grãos avariados			Quebrados			Total Desconto		
Umidade	%	Qt Desconto																			
Imp. e Mat. Estranhas																					
Grãos carunchados																					
Grãos avariados																					
Quebrados																					
Total Desconto																					
Assinatura																					
<input type="checkbox"/> Condições do caminhão: deve estar apto de acordo com a legislação, não excessivamente sujo e devidamente coberto com lona <input type="checkbox"/> Garantias do produto: deve atender as especificações do laudo do fornecedor (validade, lotes, lacres, níveis de garantia) <input type="checkbox"/> Produtos transportados últimas viagens do veículo:																					

Fonte: Autor

Figura 17: Peso medido da Viatura totalmente equipada.

SEARA ALIMENTOS LTDA. - Controle de Pesagem		Nº Reg. 15918328																			
Fornecedor/Cliente	2914460/205 SEARA ALIMENTOS LTDA	Nota Fiscal	Item																		
Pesagem de Entrada	2970	Pesagem Saída	2970																		
Transportadora	VIATURA PATAMO																				
Motorista	POLICIAIS																				
Placa	JIL6371	UF: DF	UF:																		
Nº Container	Nº Lacres																				
Data hora Entrada	23/02/2018 17:25:58	Data hora Pesagem Saída	23/02/2018 17:26:31																		
Balaceiro	AMDSMAC AILTON MARQUES DE LIMA SANTOS MACHADO	Data hora Saída	23/02/2018 17:26:31																		
Obs	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Umidade</th> <th>%</th> <th>Qt Desconto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Imp. e Mat. Estranhas</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grãos carunchados</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grãos avariados</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Quebrados</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Total Desconto</td> </tr> </tbody> </table>			Umidade	%	Qt Desconto	Imp. e Mat. Estranhas			Grãos carunchados			Grãos avariados			Quebrados			Total Desconto		
Umidade	%	Qt Desconto																			
Imp. e Mat. Estranhas																					
Grãos carunchados																					
Grãos avariados																					
Quebrados																					
Total Desconto																					
Assinatura																					
<input type="checkbox"/> Condições do caminhão: deve estar apto de acordo com a legislação, não excessivamente sujo e devidamente coberto com lona <input type="checkbox"/> Garantias do produto: deve atender as especificações do laudo do fornecedor (validade, lotes, lacres, níveis de garantia) <input type="checkbox"/> Produtos transportados últimas viagens do veículo:																					

Fonte: Autor

A tabela a seguir fará um comparativo entre as duas pesagens no intuito de se mostrar o mais claro possível que as unidades especializadas aplicam uma carga maior no veículo do que unidades convencionais, mesmo que sejam especialidades diferentes e cada uma dentro de seu metier utilizam equipamentos e efetivo operacional que sobrecarregam o veículo.

Tabela 1: Pesagem da viatura

Veículo não equipado	2350 Kg
Veículo totalmente equipado	2970 Kg
Diferença entre as pesagens	620 Kg

Fonte: Autor

A diferença de pesagem entre uma viatura equipada e uma não equipada é bastante significativa, com um valor de 620 Kg (mais de meia tonelada). Essa informação se forma crucial para a construção de curvas em referência à velocidade limite para o capotamento, bem como a relação do peso em referência a potência veicular definida pela motorização.

Para a obtenção de curvas que demonstram o comportamento do veículo será utilizado o software *Matlab*, que é um programa para geração de códigos com equações matemáticas, possuindo assim várias ferramentas, dentre elas, a possibilidade de geração de uma curva, ou seja, de um gráfico. Para esse objetivo alguns parâmetros são necessários a serem determinados, já que são características intrínsecas e não possuem variações significativas. A proposta a ser explorada no gráfico que será montado não é determinar o comportamento de um veículo específico, pois cada veículo possui suas particularidades, mas sim observar como a altura do centro de gravidade influencia consideravelmente na velocidade limite de capotamento do carro.

Boa parte dessas informações podem ser obtidas em pesquisa aberta na internet, ou em outros meios de pesquisa. Nesse sentido, os parâmetros a seguir serão estimados a partir de pesquisas realizadas em fontes abertas, as quais se encontram no referencial bibliográfico que segue neste trabalho. Desse modo os seguintes parâmetros são apresentados.

- Ângulo de inclinação da curva $\theta = 10^\circ$
- Bitola Traseira até 2m
- Distância entre eixos até 3m
- Raio da Curva de pista até 100m
- Vão livre do Solo até 20cm
- Massa do Veículo equipado até 3000kg
- Aceleração de 0 a 100m em até 10s
- Ângulo de rolamento entre 2° e 4.5°

Não obstante, em referência à potência de motorização, por meio da equação (20), no intuito de exemplificar como o peso e a carga a qual um veículo está submetido influencia diretamente na eficiência de deslocamento e por consequência, no elevado consumo veicular, serão tomadas por parâmetro as especificações do veículo Dodge Journey, adquirido na última aquisição



institucional, com informações e especificações do veículo, obtidas no site Webmotors. Conforme a seguir:

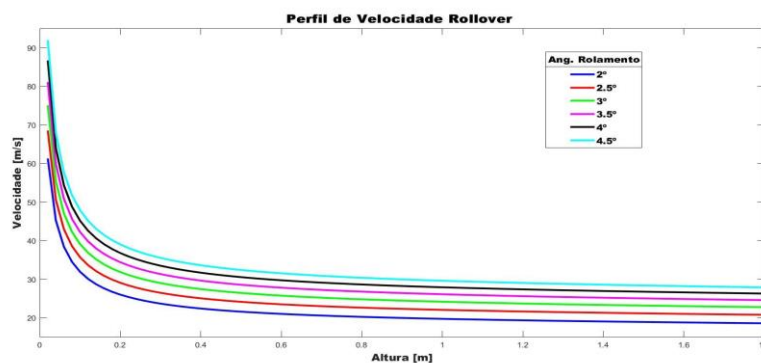
- Veículo Dodge Journey
- Potência máxima 280 CV
- Peso nominal: 1988 kg

Os outros dados como aceleração da gravidade e dados de conhecimento físicos são constantes universais que são obtidas no Sistema Internacional de Medidas, o qual o Brasil é signatário.

4 ANÁLISE E RESULTADOS

A seguinte figura apresenta o perfil de velocidade em relação à altura do centro de gravidade em relação ao seu eixo de rolamento, com valores do ângulo de rolamento ϕ

Figura 18: Curva Velocidade *versus* Altura.



Fonte: Autor

Com essa curva, é possível observar que a velocidade limite para o veículo capotar tem direta proporcionalidade com a altura do centro de gravidade e, com isso, com a segurança veicular. Mesmo com valores diferentes do ângulo de rolamento, o comportamento da curva se manteve, de forma a demonstrar o impacto da altura do centro de gravidade na velocidade limite de entrada em uma curva.

Nesse raciocínio, ao se pesquisar a Agência *Highway Traffic Safety Administration Nacional* (NHTSA), verificou-se que muitos dos conceitos apresentados se enquadram nos veículos com melhor performance quanto à resistência ao capotamento (*rollover*). Para indicar uma maior resistência aos capotamentos, alguns dos parâmetros usados por essa agência é indicar por meio



de valores percentuais, os quais podem ser observados em pesquisa realizada ao site (<https://www.nhtsa.gov/ratings>).

Tabela 2: Relação Veículos e Capacidade de resistência

Veículo	Porcentagem ao capotamento
Hyundai Santa Fé	15,10%
Chevrolet Equinox	18,80%
Dodge Journey	17,90%
Subaru Forest	16,90%
Honda CR - V	17,40%
Hyundai New Tucson	16,20%
Toyota RAV4	16,90 %
Jeep Cherokee	16,90 %

Fonte: Autor

Como forma de comparativo, abaixo será apresentada tabela com veículos que não se adequam à proposta que está sendo construída neste estudo por terem eixo traseiro rígido, montado em chassi escada, elevado vão livre, dentre outros fatores aqui colocados.

Tabela 3: Relação Veículos e Capacidade de resistência

Veículo	Porcentagem ao capotamento
Toyota 4runner	24,60%
Chevrolet Tahoe	22,20%
Chevrolet Traillblaizer	20,40%
Ford Expedition	21,20%

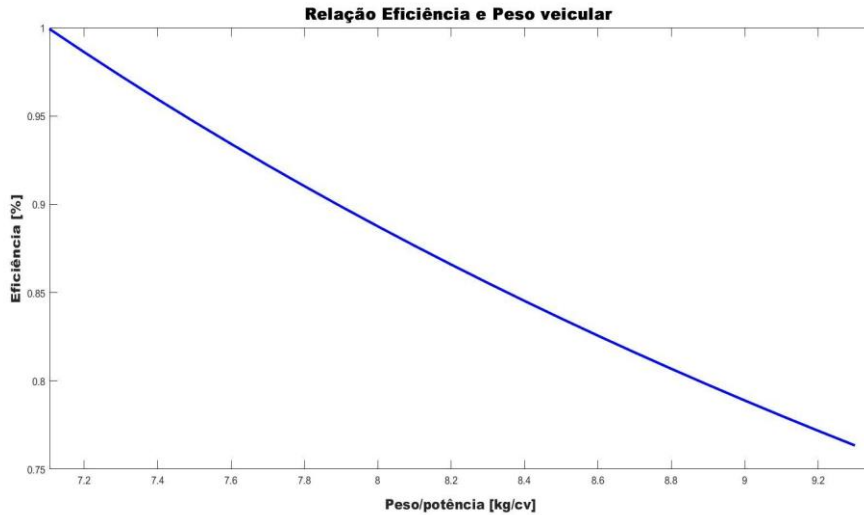
Fonte: Autor

Em análise a essas duas tabelas fica claro que é importante verificar, do ponto de vista de controle veicular e estabilidade do carro, quanto às dimensões e dados até aqui estudados, bem como seus sistemas de controle e segurança. Nesse aspecto, será proposto por meio do Apêndice 1 especificações técnicas que possam atender ao anseio de segurança veicular e operacional da Polícia Militar, principalmente no tocante às equipes táticas.



Nessa análise, conforme apresentado na Tabela 1, mediante pesagem realizada o peso nominal pode ser somado com até 600 kg de sobrecarga, e com essa informação será construído a relativa curva supramencionada.

Figura 19: Curva eficiência versus peso/potência.



Fonte: Autor

Através dessa figura, fica claro que a sobrecarga em um veículo policial diminui drasticamente a capacidade de resposta desta ferramenta de trabalho, à medida em que se aumenta o peso em sua estrutura, necessitando uma resposta maior do motor. Na atividade policial, principalmente em atendimento de ocorrências, tais como, roubo com restrição de liberdade, fuga de criminosos em veículos roubados ou outros tipos que necessitem de um deslocamento veloz para que se possa dar resposta a essa ameaça, é necessário que o operador possua ferramentas capazes de interromper esse ato criminoso, trazendo paz e segurança à população e a sociedade vigente. Nesse aspecto, foi demonstrado que quanto maior a sobrecarga a que um veículo é submetido maior será a perda de eficiência em seu deslocamento, o que em um atendimento de ocorrência com roubo com restrição de liberdade é bastante prejudicial.

Por meio desse estudo, verifica-se que são vários fatores responsáveis pela estabilidade veicular como geometria do automóvel, tipo de suspensão, altura e distância de vão livre, dispositivos de controle de estabilidade, influência do condutor, aerodinâmica, dentre outros fatores.



5 CONCLUSÃO

A compreensão dos parâmetros de segurança veicular é primordial para prover o policial das condições viáveis de realizar seu trabalho de policiamento. Não é razoável que durante ações policiais, agentes sejam mutilados ou percam suas vidas em seu trabalho. Buscando diminuir essas estatísticas, foi demonstrado nesse estudo o efeito do elevado centro de gravidade em confluência à velocidade limite de capotamento, de modo que quanto maior o centro de gravidade e maior a velocidade, mais riscos o agente terá ao entrar em uma curva ou para controlar a viatura.

É proposto que os veículos a serem adquiridos por meio de processos licitatórios sejam baixos, com menor centro de gravidade possível, com suspensões independentes, distância entre eixos e rodas suficientemente bem distribuídas em relação às dimensões do veículo. É necessário que os veículos possuam potência para que possam dar a resposta desejada em situações de socorro ao cidadão.

Uma outra limitação é que os dados foram retirados de fontes abertas e não foram medidos in loco. Os dados coletados em fontes abertas permitem uma análise segura bem aproximada da realidade. No entanto, o ideal seria fazer medições com sensores e ferramentas de medidas para comparar o simulado com as medidas reais.

Verificando que a análise dos dados foi obtida através de parâmetros do veículo Dodge Journey, convém a título de conhecimento e comparação que a mesma metodologia seja utilizada em outros veículos, a fim de conhecer suas diferenças e como estas poderão ser usadas para a instituição escolher a melhor especificação técnica para futuras licitações. Também no tocante a propostas futuras é salutar verificar as blindagens de viaturas policiais, que já são realidade em outras forças policiais, pois essas podem, devido ao peso e mudança estrutural mudar a dinâmica da estabilidade veicular.

Uma consideração importante a ser mencionada é que a evolução tecnológica sempre precisa ser verificada para análises de cenários futuros. Devido a questões de ordem ambientais e climáticas existe uma tendência, como mencionado, de muitos governos proibirem a utilização de veículos com motores a combustão interna em seus países no intuito de diminuir a emissão de gases de efeito estufa. Existe uma pressão sobre as montadoras de veículos,



principalmente na União Europeia, para investir em tecnologias de veículos com motorização elétrica.

Essa mudança é um caminho sem volta e a instituição já precisa começar a se adaptar e pensar como irá influenciar em processos licitatórios nos próximos anos. Veículos híbridos, que possuem motores elétricos e a combustão interna, já são uma realidade presente no território nacional, bem como já está iniciando a chegada de veículos elétricos. Nesse ínterim, é proposto que em estudos futuros já se balize sobre a aquisição de veículos elétricos, analisando desde as especificações, manutenções e como seriam abastecidos, de modo que a instituição já ficasse na vanguarda do processo.

Por fim, ainda no tocante a mudanças tecnológicas, é necessário falar sobre automação. Estudos já demonstram que muitas profissões serão extintas, tomando por exemplo a profissão de caminhoneiro, já que existem caminhões autônomos que fazem toda uma viagem sem a necessidade de um condutor. Já existem veículos e drones que fazem entregas em domicílio, carros que fazem trajetos sem a necessidade de um motorista. Essa já é uma realidade presente, a qual no passar de alguns anos será algo cotidiano e a polícia militar precisa desde já entender essas novas tecnologias para não ficar à margem desses avanços.



REFERÊNCIAS

ÇENGEL, Yunus A. **Termodinâmica**. 5ª edição. Editora Mc Graw Hill

SHIGLEY, Joseph E. **Projeto de Engenharia mecânica**. 7ª Edição. Editora Bookman.

MERIA, J.L. **Mecânica para Engenharia – Dinâmica**. 6ª Edição. Editora LTC

DHAHIR, Bashar; YASSER, Hassan. **Probabilistic, safety – explicit desing of horizontal curces on two – lane rural highways based on reliability analysis of naturalistic driving data**. Dezembro 2018.

CHU, Duanfeng; LI, Zhenglei; WANG, Junmin; WU, Chaozhong; HU, Zhaozheng. **Rollover speed prediction on curves for heavy vehicles using mobile smartphone**. Julho 2018.

NAH, Jaewon; YIM, Seongjin. **Vehicle Stability Control with Four – Wheel Independent Braking, Drive and Steerins on In – Wheel Motor – Driven Eletric Vehicles**. Novembro 2020.

HOYE, Alena. **The effects of Electronic Stability Control (ESC) on crashes – An update**. Dezembro 2020.

KHETTOU, Nabil; TRIFKOVIC, Dragan; MUZDEKA, Slavko. **Using Modelling and Simulation to Predict Dynamics of Dynamics of Converted Ground Vehicle**. Setembro 2016.

SE – JIN, Kim; SHIM, Jae – Hong; KIM, Ho – Kyung. **How wind affects vehicles crossing a double – deck suspension bridge**. Agosto 2020.

YUJIE, Shen; Long, Chen; YANLING, Liu; XIAOLIANG, Zhang; XIAOFENG, Yang. **Improvement of the lateral stability of vehicle suspension incorporating inerter**. Maio 2020.

MARTINS, Silvinei Diniz. **Controle eletrônico de estabilidade para um triciclo a combustão adaptado para cadeirante**. 2018

OLIVEIRA, Alex Dutra de. **Controle Eletrônico da Estabilidade para Veículos de Passeio**. 2012.

WEIHERMANN, Henrique Weber. **Estudo sobre aplicação de transmissão continuamente variável para veículos de pequeno porte**. 2015.

ALBA, Michel Henrique. **Otimização paramétrica de chassi veicular tipo escada**. 2015.

MENEZES, Diego Vilela. **Estudo da dinâmica transversal Veicular: uma abordagem numérica**. Novembro 2015

