

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

MATEUS REGO GANDRA

**COMPORTAMENTO DE VEÍCULOS DE CARGA EM
RAMPAS ASCENDENTES DE ROTAS URBANAS QUE
ATENDEM O POLO INDUSTRIAL DE MANAUS (PIM):
estudo de caso na Avenida Rodrigo Otávio.**

**MANAUS,
2022.**

MATEUS REGO GANDRA

**COMPORTAMENTO DE VEÍCULOS DE CARGA EM
RAMPAS ASCENDENTES DE ROTAS URBANAS QUE
ATENDEM O POLO INDUSTRIAL DE MANAUS (PIM):
estudo de caso na Avenida Rodrigo Otávio.**

Monografia apresentada à
Universidade Federal do Amazonas,
como requisito parcial para conclusão
do Curso de Engenharia Civil –
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Dra. Ana Maria Guerra
Seráfico Pinheiro.

**MANAUS,
2022.**

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

G196c Gandra, Mateus Rego
Comportamento de veículos de carga em rampas ascendentes de rotas urbanas que atendem o Polo Industrial de Manaus (PIM): estudo de caso na Avenida Rodrigo Otávio / Mateus Rego Gandra . 2022
53 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Ana Maria Guerra Seráfico Pinheiro
TCC de Graduação (Engenharia Civil) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Veículos de carga. 2. Rotas urbanas. 3. Polo industrial de Manaus. 4. Avenida Rodrigo Otávio. I. Pinheiro, Ana Maria Guerra Seráfico. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

MATEUS REGO GANDRA

**COMPORTAMENTO DE VEÍCULOS DE CARGA EM
RAMPAS ASCENDENTES DE ROTAS URBANAS QUE
ATENDEM O POLO INDUSTRIAL DE MANAUS (PIM):
estudo de caso na Avenida Rodrigo Otávio.**

Monografia apresentada à
Universidade Federal do Amazonas,
como requisito parcial para conclusão
do Curso de Engenharia Civil –
Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada pela Banca Examinadora em _____ maio de 2022.

Banca Examinadora:

Dra. Ana Maria Guerra Seráfico Pinheiro
Orientadora

Dra. Daniela Muniz D'Antona Guimarães
Membro da Banca

MSc. Ivo Almeida Costa
Membro da Banca

RESUMO

Devido ao aumento de demandas por produtos, os veículos em trechos urbanos, muitas vezes, há as sobrecargas, o que provoca uma incompatibilidade na interação veículo-via. Essa falha na interação do veículo-via provoca diversas alterações no tráfego de veículos nas regiões urbanas. Um dos impactos é sobre a perda de desempenho dos veículos de cargas em rampas ascendentes, provocando, assim, a redução de velocidade na via, dentre outros impactos. Portanto, este trabalho tem como objetivo analisar o desempenho de veículos de carga em trechos viários com rampas ascendentes, considerando os aspectos da interação veículo-via, em uma das principais rotas urbanas da cidade de Manaus, que atendem direta ou indiretamente o Polo Industrial de Manaus (PIM). Para isso, foi feita uma análise de como transporte de carga urbano influencia na mobilidade urbana. A metodologia de coleta de dados utilizada para extrair os dados das velocidades desenvolvidas foi o método indireto, onde por meio de filmagens retirou-se o tempo de passagem das carretas por marcos pré-definidos na pista e, posteriormente calculou-se a velocidade desenvolvida nas rampas. Além disso coletou-se dados categorizados do tráfego dos veículos utilizando de filmagens em horários de picos. Finalmente, com os dados coletados, foi realizado um estudo de caso, analisando o desempenho de veículos de carga adotando um modelo de veículo padrão para análise, devido à falta de dados de passagens e especificação técnicas das carretas transitam na região. Dentre as conclusões deste trabalho, há a falta de informações de pesagens das carretas que trafegam pela via, e o PIM não dispõe de balanças que controle o peso das carretas que trafegam na cidade de Manaus, ocorreu também que para as simulações feitas foi observado que as carretas desenvolveram uma velocidade de até 38km/h menor do que a velocidade regulamentada da via. Logo, sugere-se estudos para avaliar de maneira mais profunda o desempenho dos veículos, considerando a velocidade de entrada e saída da rampa, bem como a instalação de balança para uma melhor fiscalização desses veículos, para que seja possível uma avaliação de desempenho mais assertiva.

Palavras-chave: Veículos de carga. Rotas urbanas. Polo Industrial de Manaus. Avenida Rodrigo Otávio.

ABSTRACT

Due to the increased demands for products, vehicles on urban stretches are often overloaded, which causes a mismatch in the vehicle-track interaction. This failure in vehicle-track interaction causes several changes in vehicle traffic in urban regions. One of the impacts is on the loss of performance of freight vehicles on upward ramps, thus causing a reduction in speed on the road, among other impacts. Therefore, this paper aims to analyze the performance of cargo vehicles on road sections with upward ramps, considering the aspects of vehicle-traffic interaction, in one of the main urban routes of the city of Manaus, which directly or indirectly serve the Industrial Pole of Manaus (PIM). For this, an analysis was made of how urban freight transport influences urban mobility. The data collection methodology used to extract the data from the developed speeds was the indirect method, where by means of filming, the time of the trucks passing by pre-defined milestones on the road was taken and, later, the speed developed on the ramps was calculated. In addition, categorized data on vehicle traffic was collected using filming during peak hours. Finally, with the data collected, a case study was performed, analyzing the performance of cargo vehicles adopting a standard vehicle model for analysis, due to the lack of data on passages and technical specifications of the trucks transiting in the region. Among the conclusions of this work, there is the lack of weighing information of the trucks that travel on the road, and the PIM does not have scales that control the weight of the trucks that travel in the city of Manaus, it was also observed that for the simulations made it was observed that the trucks developed a speed of up to 38km/h less than the regulated speed of the road. Therefore, it is suggested studies to evaluate more thoroughly the performance of vehicles, considering the speed of entry and exit of the ramp, as well as the installation of scales for a better monitoring of these vehicles, so that a more assertive performance evaluation is possible.

Keywords: Cargo vehicles. Urban routes. Industrial Pole of Manaus. Rodrigo Otavio Avenue.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Forças atuantes e veículos em aclave.....	18
Figura 1 - Potência, torque e consumo específico do motor Maxion 4Tplus....	21
Figura 2 - Placa de sinalização vertical utilizada como referência.....	29
Figura 4 - Pórtico de sinalização vertical utilizada como referência final.....	29
Figura 5 - Perfil longitudinal.....	30
Figura 6 - Curva características SCANIA/R480 6X4.....	41

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curva de esforço trator- PBTC médio.....	45
Gráfico 2 - Curva de esforço trator- PBTC médio.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis e parâmetros do modelo empírico.....	19
Tabela 1 - Coeficientes de aderência típicos para pneus.....	22
Tabela 2 - Valores Típicos para o coeficiente 1.....	23
Tabela 4 - Coeficiente de penetração dinâmica.....	24
Tabela 5 - Fatores de Equivalência DNIT.....	33
Tabela 6 - Fatores de Equivalência IMMU.....	34
Tabela 7 - Contagem de tráfego dia 08.02.2022 - F.E DNIT aplicado.....	34
Tabela 8 - Contagem de tráfego dia 08.02.2022- F.E IMMU aplicado.....	35
Tabela 9 - Contagem de tráfego dia 10.02.2022- F.E DNIT aplicado.....	35
Tabela 10 - Contagem de tráfego dia 10.02.2022- F.E IMMU aplicado.....	36
Tabela 11 - Contagem de tráfego dia 11.02.2022- F.E DNIT aplicado.....	36
Tabela 12 - Contagem de tráfego dia 11.02.2022- F.E IMMU aplicado.....	37
Tabela 13 - Tempo de percurso nas rampas.....	38
Tabela 14 - Modelos de cavalos mecânicos.....	40
Tabela 15 - Curva de Potência.....	41
Tabela 16 - Planilha do cálculo de velocidades.....	42
Tabela 17 - Planilha do cálculo de esforço trator.....	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 JUSTIFICATIVA.....	12
1.2 OBJETIVO GERAL.....	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1 VEÍCULOS DE CARGAS EM RAMPAS ASCENDENTES.....	19
2.1.1 Modelo Empírico.....	17
2.2.2 Esforço Trator.....	19
2.2.3 Aderência e Resistência ao Movimento.....	22
2.2 VEÍCULOS DE CARGA E A MOBILIDADE URBANA.....	25
3 ESTUDO DE CASO.....	28
3.1 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	28
4 METODOLOGIA.....	31
4.1 DADOS OBTIDOS.....	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
6 CONCLUSÃO.....	48
REFERÊNCIAS.....	52

1 INTRODUÇÃO

Inicialmente, vale ressaltar que o transporte de carga urbana é um tema pouco discutido no planejamento urbano. Nesse sentido, as movimentações de cargas dentro do ambiente urbano são fundamentais para entender e planejar a dinâmica e a integração entre as diversas variáveis que compõem o planejamento urbano. Nos estudos de Thiago e Karin (2015), por exemplo, é demonstrado que o transporte de carga urbano não é tratado de forma adequada pelas autoridades do poder público, sendo escassa a quantidade de informações específicas, tais como: rotas preferenciais de caminhões, densidade de carregamento, mapeamento de pontos de geração e atração de viagem de veículos de carga.

Além disso, em contexto mundial, o tema vem sendo tratado com maior relevância apenas recentemente. Pois bem, Bárbara (2015) afirma que as autoridades reconhecem a grande influência que o transporte de carga ocasiona no ambiente urbano, porém, elas não discutem quais as principais causas dos problemas e muito menos as possíveis soluções.

Dito isso, apenas em 2007, com a apresentação do Plano Nacional de Logística e Transporte (PNLT), o transporte de carga começou a ser tratado pelas autoridades como elemento essencial no planejamento urbano. Conforme Zione (2009), o PNLT foi a primeira manifestação, em 20 anos, de um projeto de uma política que tratasse o transporte de carga urbana.

Depois, em 2012, entra em vigor a Lei Federal 12.587/12, que institui a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU). Essa lei impõe a municípios que possuem a população maior que 20.000 habitantes elaborem um plano de mobilidade urbana que seja compatível com os planos diretores vigentes.

Por isso, o PlanMob-Manaus (MANAUS, 2015) estabeleceu uma série de diretrizes destinadas ao transporte de cargas, no entanto, não deixou claro quais as bases de dados e metodologias que resultaram no estabelecimento das mesmas.

Apesar da instituição dessas políticas, conforme Allen (2000), há uma dificuldade no planejamento de ações assertivas, e algumas das razões é

aspecto cultural de que o transporte de carga é um fator negativo para o bem-estar local. Logo, legisladores optam por impor restrições físicas e temporais no meio urbano. Além disso, há uma competição do uso do solo, devido à escassez do espaço urbano. No entanto, as estratégias adotadas são implantadas com base em insuficientes pesquisas para identificação do perfil de carga, ponto geradores de tráfego, dentre outros aspectos.

Nesse contexto, especialistas na área de Engenharia de Tráfego desenvolveram estudos com o objetivo de definir um conjunto de indicadores destinados a avaliar a mobilidade do transporte de cargas sob a ótica do poder público, tendo como base um conjunto de restrições aplicadas em diversas cidades do mundo. Esses indicadores foram agrupados em: infraestrutura pública para transporte motorizado, infraestrutura pública para transporte não motorizado, uso do solo, gestão de tráfego e condições de acesso (ROCHA; BANDEIRA; CAMPOS, 2017).

Rocha; Bandeira e Campos (2017) especificam em seus estudos, sete indicadores pertencentes ao grupo “infraestrutura pública para transporte motorizado”, como: baias ao longo da via, baias em ruas de serviço, condições de pavimentos, esquinas com ângulos adequados, inclinação da via, largura da via e número de faixas de rolamento por sentido.

Este trabalho, então, tem por objetivo avaliar a comportamento de veículos de cargas urbanas na cidade de Manaus, com vistas a produzir indicadores relativos à inclinação da via analisada. Será analisada a interação veículo-via em rampas ascendentes, mediante estudo de caso realizado em um dos principais corredores da cidade.

1.2 JUSTIFICATIVA

Todo sistema de transporte possui componentes básicos inter-relacionados, com funções distintas que buscam um objetivo comum, sendo principalmente o de transportar pessoas e/ou cargas com rapidez, segurança, conforto, qualidade, economia e com menor impacto ambiental possível. Para Hoel *et al.* (2011), um sistema de transporte pode ser composto por três

componentes básicos: a) os elementos físicos que englobam a infraestrutura, veículos, equipamentos e sistemas de controle, comunicação e localização; b) os recursos humanos, referentes às pessoas envolvidas direta e indiretamente com o funcionamento dos sistemas de transportes, como exemplo, operadores dos veículos, engenheiros de tráfego, engenheiros de projetos e manutenção de vias, agentes de trânsito, gestores e planejadores de transporte urbano, dentre outras especialidades; c) as normas operacionais que estabelecem as condições, nas quais cada sistema deve operar, tais como: programação de horários, a relação custo/nível de serviço, alocação de tripulação, entre outros aspectos.

Nesse contexto, não se pode negligenciar, por exemplo, a interação veículo-via, haja vista os impactos negativos que podem surgir quando estes elementos físicos e componentes básicos de um sistema de transporte apresentam incompatibilidades. Isso porque pode gerar vários problemas, como retardos na corrente de tráfego, acidentes, maiores custos operacionais, degradação precoce do pavimento, dentre outros. Pode se ter o melhor veículo e a melhor via, porém, se esta não considerar em seu projeto, os parâmetros pertinentes ao comportamento do veículo, o transporte apresentará deficiências.

Nesse sentido, após oito anos de vigência da Lei da Mobilidade Urbana, a Lei Federal 12.587, de 03 de janeiro de 2012 (BRASIL, 2012), com a problemática em integrar aspectos do transporte de carga ao processo de planejamento urbano e de mobilidade urbana ainda permanece. Segundo Dias *et al.* (2018, p. 588):

as cidades brasileiras não estão preparadas para desenvolver um plano eficiente de transporte de carga urbano, porque os gestores públicos parecem estar inconscientes sobre as demandas da logística urbana em suas cidades ou os gestores têm negligenciado aspectos de carga urbana dentro da Política Nacional de Mobilidade Urbana - PNMU.

Além disso, especialistas na área de Engenharia de Transportes apontam que os modelos adotados no Brasil, para as análises de engenharia de tráfego, são oriundos de outros países, principalmente, os contidos em manuais americanos e europeus. Neste caso, alguns parâmetros se mostram inconsistentes, devido aos diferentes tipos de veículos adotados nesses países.

Por exemplo, nos Estados Unidos são adotados caminhões mais robustos e com maior potência, que fornecem velocidades e tempos de manobras diferentes da realidade brasileira. Segundo especialistas, há necessidade de investigar parâmetros típicos para o caso brasileiro (DEMARCHI, 2000; DEMARCHI; SETTI, 2001; PEREIRA NETO, 2007; CUNHA, 2007; PIVA e SETTI, 2015). E, no estudo de Ferreira (2017), realizado em Coimbra, é mostrada a diversidade de resultados obtidos para um mesmo parâmetro, quando usados modelos distintos.

Complementarmente, em 2015, foi apresentado pela Prefeitura Municipal de Manaus (PMM), o Plano de Mobilidade Urbana do Município de Manaus, o PlanMob-Manaus (MANAUS, 2015), cujo conteúdo foi orientado pelo Ministério das Cidades, por meio do Caderno de Referência para Elaboração do Plano de Mobilidade Urbana (BRASIL, 2015).

Nesse caso, as diretrizes voltadas para o transporte de carga são superficiais. Todavia, Abreu (2015, p. 78) comenta que no Caderno supracitado “(...) não são encontrados elementos suficientemente relevantes ao planejamento do transporte de carga (...)”. A autora ressalta, que “(...) este fraco tratamento destinado ao tema reflete a maneira como a atividade é tratada pelos órgãos públicos no País”, o que torna o planejamento da distribuição urbana de mercadorias mais desafiador àqueles municípios que o pretendem fazer.

No estudo desenvolvido por Abreu (2015), no qual foram propostas diretrizes para elaboração de planos de mobilidade urbana de carga, foi sugerido que um dos primeiros temas que devem ser estruturados para que o poder público possa avaliar a mobilidade urbana é uma base de dados sobre o transporte de mercadorias, incluindo dados secundários, rotinas de geoprocessamento, contagem volumétrica e pesquisa O/D de cargas, especialmente, se o município possuir população acima de 500 mil habitantes.

Face ao exposto, observa-se que no PlanMob-Manaus (MANAUS, 2015) não estão claras quais as bases de dados e metodologias adotadas para o estabelecimento das diretrizes lá contidas. Isso porque o programa e as ações mencionadas para o tratamento do transporte de carga não tiveram o mesmo detalhamento que outras dispostas, tais como, as voltadas para o transporte

urbano de passageiros. Alguns dados mostrados sobre tempos gastos, custos operacionais e emissão de gases, por exemplo, referem-se apenas aos automóveis particulares e ônibus, pouco mostrando a participação dos veículos de carga. Faltam, então, estatísticas consistentes sobre as variáveis do tráfego de veículo de carga nos principais corredores urbanos de Manaus.

1.3 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é analisar o desempenho de veículos de carga em trechos viários com rampas ascendentes, considerando os aspectos da interação veículo-via, em uma das principais rotas urbanas da cidade de Manaus, que atendem direta ou indiretamente o Polo Industrial de Manaus (PIM).

Nesse sentido, de acordo com o Manual de Estudos de Tráfegos (DNIT, 2006), a definição da área de estudo não advém de uma regra específica e precisa, mas está condicionada a partir de três variáveis: origem e Destino dos veículos, opções de rotas na rede existente e interferência dos fluxos de longa distância. Logo, será necessário identificar as principais rotas geradas pelo PIM e os seus respectivos fluxos caracterizados, a rota selecionada se encontra na Avenida Rodrigo Otávio, onde é observado um grande fluxo de veículos de cargas oriundos do PIM.

Além disso, foi necessário caracterizar os veículos de carga que transitam na rota estudada, considerando os elementos dimensionais, como pesos, potência, idade, dentre outros aspectos relevantes para as análises. É importante ressaltar que esses tipos de dados são extremamente difíceis de encontrar, pois são dados que geralmente somente as empresas de transportes e logísticas têm em sua base de dados. O poder público Estadual, Municipal e o PlaMob-Manaus não fornecem esse tipo de informação dos veículos de cargas que transitam na cidade de Manaus.

Para sanar essa falta de dados, portanto, foi feita uma pesquisa na base de dados do Ministério da Infraestrutura, o REVAVAM (Registro Nacional de Veículos Automotores), que é um sistema que tem como principal finalidade

armazenar os dados dos veículos que circulam no país; a base de dados utilizada foi de dezembro de 2021.

Outro objetivo deste estudo é caracterizar os trechos em rampas, considerando os aclives, extensão, inclinação, largura etc. O processo de coleta dessas características consiste em consultar a rota estudada no aplicativo *Google Earth*, onde foi possível caracterizar o comprimento da rampa, inclinações máximas, inclinações mínimas e inclinações média.

Por fim, esta pesquisa visa ainda analisar o comportamento dos veículos de carga, ao longo das rotas, considerando os trechos em rampa (aclives), verificando os impactos dos veículos de carga no desempenho dessas rotas, ou seja, interferências na mobilidade urbana. Para isso, foi realizada a coleta de dados das velocidades desenvolvidas por veículos de cargas na rampa, características dos veículos, bem como foram coletados dados dos tráfegos de veículos da via analisada.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 VEÍCULOS DE CARGAS EM RAMPAS ASCENDENTES

De acordo com Pereira Neto (2007), a velocidade que um mantém em determinada rampa ascendente é a característica mais importante para avaliar e determinar a compatibilidade do veículo com o perfil longitudinal de uma via. A velocidade que o veículo desenvolve em uma rampa ascendente é dependente de diversas variáveis, como: resistência ao rolamento, resistência aerodinâmica, resistência, além da relação potência/massa do veículo.

Por isso, é extremamente necessário que em um projeto de rodovia seja considerado um veículo de projeto que represente o tráfego que irão compor aquela rodovia. Pereira Neto (2007) explica que a modelagem pode ser feita de três métodos.

O primeiro é método empírico, onde é feita a coleta de dados em campo, monitorando a velocidade dos veículos e os comprimentos das rampas. O segundo é o método econométrico, que envolve a coleta de dados de diversos veículos, das vias e de motoristas. Utilizando ainda de regressão múltipla para encontrar uma equação que relacione o desempenho do veículo. E o terceiro é o método de simulação, onde são coletados dados das características do motor e também das resistências ao movimento.

As curvas de desempenhos obtidas empiricamente possuem certas limitações uma vez que representam o desempenho de um modelo específico de caminhão em determinada rota, logo seria necessário a coleta de dados de diversos modelos de caminhões em diversas opções de greides. Além disso, seria necessário atualização periódica das curvas para representar realisticamente o desempenho dos veículos (DEMARCHI; SETTI, 2001).

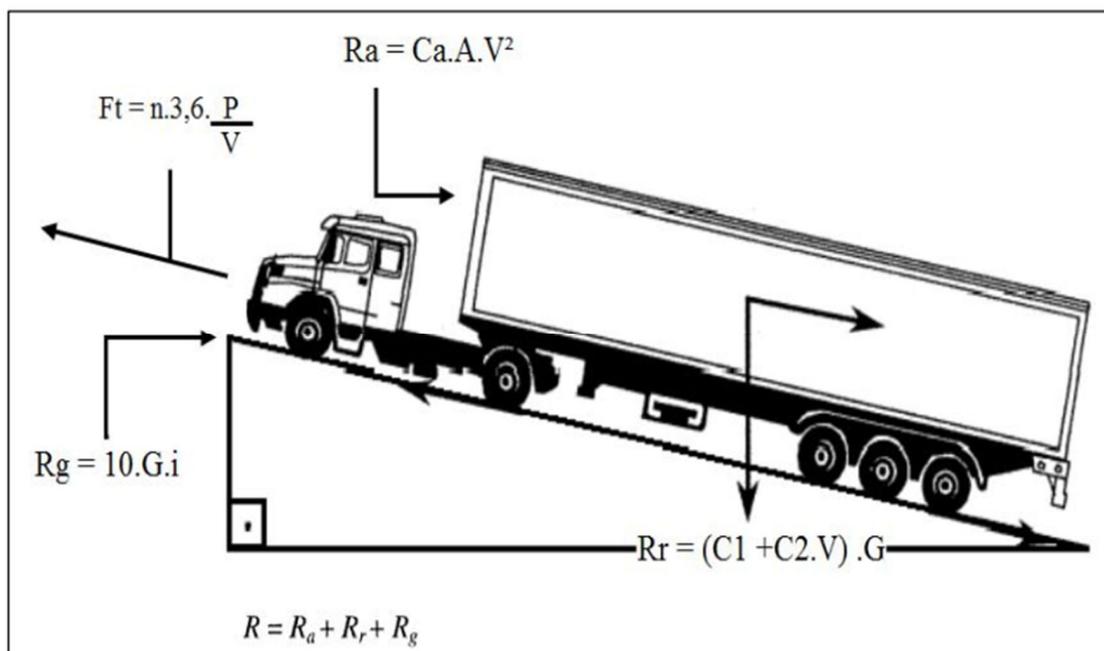
Vale conferir, a seguir, o modelo empírico.

2.1.1 Modelo Empírico

Dermachi e Setti (2000) definem o modelo empírico, estabelecendo que dentro da análise de caminhões por essa metodologia, não se considera trocas

de marcha, e a potência do motor é constante. Além disso, define os coeficientes utilizados e para que tipo de caminhões foram feitas as análises. É interessante ressaltar que os coeficientes foram adquiridos da literatura e estes são, geralmente, baseados em caminhões norte-americanos. A Figura 1, portanto, representa as forças atuante em caminhões em active.

Figura 3- Forças atuantes e veículos em active



Fonte: Dermachi; Melo e Setti, 2000.

Vale observar a Tabela 1, que mostra as variáveis e parâmetros do modelo empírico.

Tabela 3-Variáveis e parâmetros do modelo empírico

Parâmetro	Definição	Parâmetro	Definição
V	Velocidade (km/h)	R_r	Resistência de rolamento (N)
P	Potência do motor (kW)	C_2	Constante para fatores na resistência de rolamento
F_t	Força de tração(N)	C_d	Coefficiente de arrasto aerodinâmico
R_g	Resistência de rampa	C_a	Coefficiente de penetração aerodinâmica
G	Peso do veículo (kN)	C_1	Constante que reflete efeito da deformação do pneu e da via
η	Coefficiente de eficiência de transmissão	A	Área frontal(m ²)
R	Resistência total (N)	i	Inclinação da rampa (%)
R_a	Resistência aerodinâmica (N)		

Fonte: Dermachi, Melo e Setti, 2000.

Em seguida, trata-se do esforço trator.

2.2.2 Esforço Trator

De acordo com Setti (2002), os motores dos caminhões operam em velocidade muito alta para serem conectados diretamente às rodas motrizes. Logo, a transmissão desempenha o papel de reduzir o número de rotações do eixo do motor para compatibilizar a velocidade do motor com a velocidade do veículo. A velocidade do caminhão pode ser calculada em função do número de rotações do motor pela Equação 1. Veja:

$$V = \frac{60N\pi D}{1000g_t g_d} \quad (1)$$

Onde,

$V = \text{velocidade} \left[\frac{km}{h} \right];$

$N = \text{número de revoluções por minuto do virabrequim [rpm];}$

$D = \text{diâmetro do pneu [m];}$

$g_t = \text{fator de redução na caixa de câmbio;}$

$g_d = \text{fator de redução no diferencial.}$

O esforço trator de um caminhão pode ser determinado, se conhecidas a potência do motor e a velocidade que o veículo viaja. Setti (2002) demonstra que a potência do motor e a velocidade é em função do número de rotação, logo, é necessário determinar como esses dois parâmetros variam em função da velocidade do motor para determinar a força motriz propelida pelo caminhão. A Equação 2 define esta relação:

$$F_t = \frac{\eta 3.600P}{V} \quad (2)$$

Onde

$F_t = \text{força motriz [N];}$

$\eta = \text{eficiência da transmissão (cerca de 0,87);}$

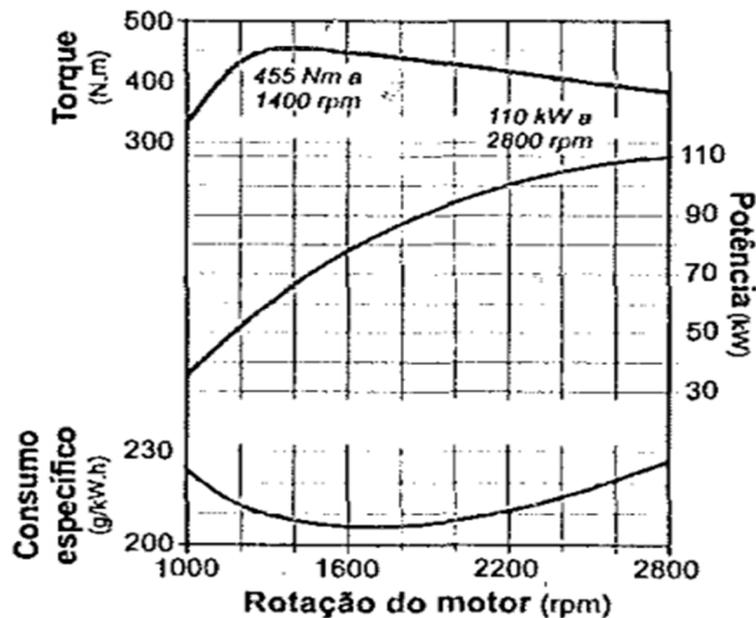
$P = \text{potência do motor [kW] e}$

$V = \text{velocidade} \left[\frac{km}{h} \right].$

Os fabricantes de veículos de cargas dispõem nos catálogos de especificação técnica as curvas características do motor que determinado veículo está equipado. Estas curvas são obtidas empiricamente e delas podem

ser extraídas informações, como a potência, o torque e o consumo de combustível de um motor diesel típico variam com a velocidade de rotação do motor. Na Figura 2 é mostrado um exemplo desta curva.

Figura 4- Potência, torque e consumo específico do motor Maxion 4Tplus



Fonte: Setti, 2002.

Os veículos de carga possuem um esforço trator máximo que deve ser transmitido para a roda sem que ela “patine”. Esse esforço trator máximo depende do coeficiente de atrito entre o pneu e a superfície da via e do peso que atua no eixo trator. A Equação 3 define o esforço trator máximo:

$$F_{Tm\acute{a}x} = f \cdot T_d \quad (3)$$

Onde,

$F_{tm\acute{a}x}$ = Esforço trator máximo [kN];

T_d = Peso do eixo motriz [kN];

f = coeficiente de aderência.

Confira, em seguida, sobre a aderência e resistência ao movimento.

2.2.3 Aderência e Resistência ao Movimento

O coeficiente de aderência é proveniente basicamente de 4 fatores relacionadas ao tipo de superfície de rolamento, condições das superfícies de contato, característica do pneu e velocidade. A Tabela 2 especifica os coeficientes de aderência típicos para pneus.

Tabela 4- Coeficientes de aderência típicos para pneus

Superfície	Aderência
Asfalto ou concreto seco	0,80-0,90
Concreto molhado	0,80
Asfalto molhado	0,50-0,70
Pedrisco	0,60
Terra firme seca	0,70
Terra solta seca	0,45
Terra firme úmida	0,55
Areia seca	0,20
Areia úmida	0,40
Neve	0,20
Gelo	0,10

Fonte: Setti, 2002.

A resistência ao movimento dos veículos é composta por 3 parcelas, resistência de rolamento, resistência de arrasto e resistência de rampa. De acordo com Setti (2002), a resistência de rolamento depende da deformação elásticas do pneumático na região de contato, penetração do pneumático no solo, escorregamento adicional nas curvas e circulação do ar dentro do pneu e o efeito da ventilação externa. Logo, quanto mais duro o pavimento e maior a pressão interna dos pneus, menor a resistência de rolamento. A resistência de rolamento pode ser estimada pela Equação 4:

$$R_r = (c_1 + c_2V)G \quad (4)$$

R_r = Resistência de rolamento[N];

c_1 = constante que reflete o efeito da deformação do pneu e da via;

c_2 = cons. que reflete o efeito dos outros fatores na resistência de rolamento;

$V = \text{velocidade do caminhão } \left[\frac{\text{km}}{\text{h}} \right]; e$

$G = \text{peso do veículo } [\text{kN}]$

A Tabela 3 mostra valores típicos de c_1 utilizado na literatura. É possível observar que quanto mais rígida a superfície, menor o coeficiente, o que indica que em superfícies menos rígidas, a resistência de rolamento é maior. Para a literatura adota $c_2 = 0,056$.

Tabela 5 Valores Típicos para o coeficiente 1

Tipo de superfície	c_1
Asfalto ou concreto seco	7,6
Terra firme seca	30,0
Terra solta seca	40,0
Areia solta seca	100,0
Terra mole úmida	160,0

Fonte: Setti, 2002.

A resistência aerodinâmica refere-se ao deslocamento da massa de ar sobre qual o veículo proporciona. Ela depende de fatores, como a velocidade do veículo, direção e velocidade do vento, tamanho e forma da carroceria. É importante ressaltar que o efeito aerodinâmico entorno de um veículo é uma variável extremamente complexa de se obter. A resistência aerodinâmica pode ser estimada pela Equação 5:

$$R_d = \frac{1}{2} \frac{\rho}{g} C_d A V^2 \quad (5)$$

$R_d = \text{resistência aerodinâmica};$

$V = \text{velocidade relativa do veículo};$

$\rho = \text{densidade do ar};$

$C_d = \text{coeficiente de arrasto};$

$g = \text{aceleração da gravidade local};$

$A = \text{área frontal do veículo}.$

Considerando as condições normais de temperatura e pressão, pode-se adotar valor de $1,225 \text{ kg/m}^3$ para massa específica do ar (ρ/g). Logo, o coeficiente de penetração aerodinâmica pode ser definido, como:

$$c_a = \frac{1}{2} \frac{\rho}{g} C_d$$

Logo, a Equação 6 pode ser reescrita da seguinte maneira:

$$R_a = c_a A V^2 \quad (6)$$

$R_a = \text{resistência aerodinâmica [N]}$;

$c_a = \text{coeficiente de penetração aerodinâmica ;}$

$A = \text{área frontal do veículo [m}^2\text{]}$;

$V = \text{velocidade relativa do veículo } \left[\frac{\text{km}}{\text{h}}\right]$.

Setti (2002) define alguns coeficientes penetração aerodinâmica usuais para veículos rodoviários, salientando que esses coeficientes não são adimensionais e dentro deles, há constantes incorporadas que possibilitam a entrada de dados nas unidades indicadas. Esses coeficientes são indicados na Tabela 4.

Tabela 4- Coeficiente de penetração dinâmica

Veículo	Área frontal	c_a
Automóveis	2,5 – 3,5 m ²	0,020 a 0,025
Ônibus	7,0 – 9,0 m ²	0,035 a 0,040
Caminhões	6,0 – 9,0m ²	0,028 a 0,040

Fonte: Setti, 2002.

A resistência de rampa está presente somente em caminhões que estejam trajetória com determinada inclinação. Ela é proporcional ao peso do veículo e a inclinação da rampa e pode ser expressa pela Equação 7:

$$R_g = 10Gi \quad (7)$$

$R_g = \text{resistência de rampa [N]}$;

$G = \text{peso do veículo [kN]}$;

$i = \text{inclinação da rampa } [\% \text{ ou } m/100 m];$

A seguir, aborda-se os veículos de carga e a mobilidade urbana.

2.2 VEÍCULOS DE CARGA E A MOBILIDADE URBANA

As autoridades públicas, geralmente, não abordam de forma adequada o transporte de cargas urbanas. Quando ocorre uma certa atenção a esse tipo de transporte, as soluções adotadas envolvem, basicamente, a regulamentação de estacionamento, restrição de acesso e período de operação. Além disso, quando as autoridades públicas estão conscientes dos efeitos negativos do transporte de carga urbano, as variáveis não são compreendidas e nem quantificadas de maneira clara (ROCHA; CAMPOS e BANDEIRA, 2019).

Rocha; Bandeira e Campos (2019) tratam em seu trabalho, diversas questões citadas nas bibliografias, relacionadas às ações para mitigação e minimização de problemas com TUC. A análise levou em consideração 26 trabalhos, resultando em 54 questões caracterizadas. Entre essas ações destacam-se: geometria da via com 6 citações, sinalização da via com 5 citações, condição do pavimento com 4 citações, ruas de sentido duplo sentido de fluxo com 2 citações, plano diretor, políticas de mobilidade urbana e carga com 16 citações, regulamentação e fiscalização de carga com 6 citações e veículos com dimensões adequadas às vias com 7 citações. Além disso, foi proposta uma série de indicadores, na qual devem ser atribuídos pesos por meio de pesquisas de campo.

Logo, para determinação dos índices, se fazem necessários alguns estudos referentes ao peso de cada indicador, comparados com dados medidos em campo, de modo que as ações relacionadas a cada indicador melhorem a mobilidade para carga urbana, e, por consequência, a mobilidade urbana geral de determinada região.

Por sua vez, Silva e Bracarense (2015) demonstram que certas regiões podem ser caracterizadas como Polos Geradores de Tráfego (PGT), definidos por variáveis básicas de desenvolvimento de atividades, geração de tráfego e produção de viagens. Focando, então, nos impactos negativos causados no

sistema viário e de circulação. A cidade de Manaus se encaixa nesses conceitos, pois nela se encontra o Polo Industrial de Manaus, que se caracteriza com um PGT de grande influência na mobilidade urbana, gerando um grande fluxo de veículos de carga, em toda a cidade.

Os impactos decorrentes desses PGTs podem ser caracterizados como impactos diretos e indiretos, sendo os do tipo diretos: o aumento de fluxo de veículos, aumento do tempo de viagem, conflitos no tráfego, número de acidentes, mobilidade e acessibilidade, e os impactos indiretos, como: planejamento regional, recursos, custos de viagens, energia, qualidade do ar, nível de ruídos e vibrações.

Assim, Silva e Bracarense (2015) relatam que o principal problema causado pelo veículo de carga é o fato de impactarem negativamente em congestionamentos, pois, geralmente, trafegam em velocidade inferior ao de veículos menores. O baixo desempenho dos caminhões fazem os veículos menores optarem por fazerem, ocasionalmente, manobras de ultrapassagens inseguras e frenagens bruscas, que resultam em colisões laterais e traseiras, ou frontais com veículos de sentido oposto. Além disso, uma alternativa de diminuir o fluxo dos veículos de cargas em ambientes, em que há grande fluxo de veículos menores, é a implantação de anéis viários.

Outra problemática é quando os veículos de cargas compartilham da mesma infraestrutura rodoviária que os veículos menores, pois a probabilidade de ocorrência de acidentes é maior, devido a diferença de velocidade entre caminhões de cargas e veículos menores. Segundo Melo (2002), quanto maior a diferença de velocidade entre esses dois veículos, maior a probabilidade de ocorrer acidentes. Além disso, especifica volumes mínimos de tráfego em função da porcentagem de caminhões carregados em que se justifiquem a implantação de faixas adicionais em aclives. Vale ressaltar que a simulação desse volume de fluxo foi apenas para inclinações de 2,60, 3,08 e 3,80%.

Uma das características que influencia diretamente no desempenho dos caminhões urbanos, é a capacidade de carga que eles transportam. Sendo que Jesus e Fontenele (2014) dizem que as empresas alteram as características de seus caminhões com a finalidade de aumentarem a capacidade de carga de

cada veículo. Uma alternativa para controlar o excesso de peso nos caminhões é um controle rígido das pesagens dos veículos. Albano e Masieiro (2003) demonstram em seus estudos, trechos que não possuem pesagem tem uma redução de 22,7% na vida útil do pavimento, quando comparado a um trecho que possuem pesagem.

A seguir, aborda-se, nesta pesquisa, o estudo de caso realizado.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O trecho, em questão, é caracterizado por possuir um alto fluxo de veículos no decorrer do dia, possuindo picos de fluxo em diversas horas (das 7h às 8h; 11h às 13h e 17h às 19h). Observou-se que o fluxo de carretas predomina durante esses picos, dividindo uma pista dupla com veículos de passeio, motos e caminhonetes. Esse fluxo é decorrente do Polo Industrial de Manaus, pois a via é um dos principais corredores de ligação entre o PIM, outras regiões da cidade e até de outros municípios e estados.

Assim como é o caso da AM-010 para o município de Rio Preto da Eva e Itacoatiara; AM-70 para o município de Iranduba e Manacapuru e BR-174 para o município de Presidente Figueiredo e o estado de Roraima.

O trecho de estudo compreende uma rampa ascendente localizada na Avenida Rodrigo Otávio, no município de Manaus-AM; o sentido de tráfego dos veículos é o Distrito Industrial-UFAM, onde o início da rampa está localizado logo após a Universidade.

Foi delimitado como marco inicial para a coleta de dados, uma placa de sinalização vertical localizada no canteiro central da avenida de coordenadas Lat. 3°5'40,992" S e Long. 59°59'10.320" W, e como marco final do percurso, o pórtico de sinalização vertical localizado antes do complexo viário Gilberto Mestrinho de coordenadas Lat. 3° 5' 54.312".

Observe, então, as Figuras 3 e 4.

Figura 5 - Placa de sinalização vertical utilizada como referência



Fonte: o autor, 2022.

Figura 4- Pórtico de sinalização vertical utilizada como referência final



Fonte: o autor, 2022.

Foi realizada ainda visita in loco com a finalidade de determinar as características geométricas e o comportamento do trânsito no local. Além disso, foi obtido por meio do aplicativo *Google Earth*, o perfil longitudinal do trecho analisado, onde pode-se observar uma inclinação média de 6,2% e uma distância de 474 metros, e a velocidade regulamentada é de 60km/h. A Figura 5 ilustra este perfil.

Figura 5 – Perfil Longitudinal



Fonte: o autor, 2022.

4 METODOLOGIA

Primeiramente, foi realizada a coleta de dados referente ao tráfego de veículos que trafegam no trecho estudado. A coleta foi realizada nos dias 08, 10 e 11 de fevereiro de 2022, nos horários entre 11:30h e 13:30h.

A contagem volumétrica visa determinar a quantidade, sentido e composição de veículos que transitam no trecho estudado. Posteriormente, os dados são utilizados para análise de capacidade, avaliação de congestionamento e índices de acidentes. Assim, o Manual de Estudos de Tráfegos (DNIT, 2006) classifica a contagem volumétrica em: contagens globais, direcionais e classificatórias.

Neste estudo, utilizou-se da classificação direcional e classificatória. A contagem direcional é quando se registra por sentido de fluxo os veículos, e a classificatória é quando os veículos da contagem são agrupados em classes definidas no Manual.

Utilizou-se da classificação definida no Manual de Estudos de Tráfego (DNIT, 2006) quanto à representatividade dos tamanhos dos veículos dentro de cada classe. Nesta classificação é apresentada configurações básicas de cada veículo ou combinação, números de eixos, PBT máximo e sua classe. O Anexo 1 indica a ficha de contagem volumétrica utilizada neste estudo.

Além disso, o Manual de Estudo de Tráfegos (DNIT, 2006) determina diversos procedimentos manuais e automáticos de coletas de dados. Neste estudo, foi utilizado o método *Videoteipe*, onde foram realizadas filmagens com câmeras de vídeo. Este procedimento possui diversas vantagens, pois todos os movimentos direcionais que ocorrem de modo simultânea podem ser levantados, há confiança de dados por conta das filmagens, pode-se obter outros dados de interesse e a classificação dos veículos pode ser feita de forma mais adequada.

Para a obtenção das velocidades das carretas, pode-se utilizar dos métodos diretos e indiretos. O método direto consiste em anotar as velocidades observadas no velocímetro do veículo, quanto aos intervalos de distâncias pré-definidos e demarcados na rodovia, considerando trocas de marchas e reduções de velocidades. O método indireto consiste em medir distâncias e instantes de

passagens, onde as velocidades são obtidas, dividindo-se a distância percorrida pelo tempo (DEMARCHI; SETTI; 2001).

Neste estudo, optou-se por utilizar o método indireto de coleta de dados, onde foi coletado o tempo de percurso que cada carreta fez na rampa analisada, considerando os marcos iniciais e finais definidos anteriormente. Posteriormente, com os dados geométricos da rampa e o tempo de percurso, calculou-se a velocidade média. É importante ressaltar que as velocidades coletadas foram as velocidades médias de percurso, nesses casos seria necessário coletar as velocidades de entrada dos veículos nas rampas para uma melhor análise. Devido a falta de equipamento próprio pra esta coleta neste estudo baseou-se apenas na velocidade médio.

Durante o processo de coleta de dados das carretas não foi possível coletar dados referentes aos modelos dos caminhões analisados, e o critério de escolha das carretas se baseava na carga aparente que o cavalo mecânico carregava e a idade aparente do cavalo mecânico. Isso ocorreu porque dados referentes ao peso das cargas, modelos de caminhões, ano de fabricação e diversas outras características são extremamente escassos e as empresas são muito conservadoras em fornecê-los. Foram, então, coletadas velocidades de carretas de classe 2S3, 3S3 e 3S3S3.

Mediante essas dificuldades, optou-se por fazer uma pesquisa de dados relacionados aos principais veículos de cargas pertencentes à cidade de Manaus. Para isso, utilizou-se de dados das frotas de veículos disponível no site do DENATRAN (2021), onde foi possível extrair das planilhas eletrônicas de dados referentes ao ano, modelo e fabricante de veículos. Posteriormente, foi determinado um veículo a ser desenvolvido para a curva de desempenho, utilizando os procedimentos descritos no Capítulo 2. A escolha desse veículo levou em consideração a quantidade de veículos cadastrada na base de dados, bem como a disponibilidade de dados técnicos do mesmo para o cálculo da curva de desempenho.

Posteriormente, foi feita uma comparação entre as velocidades médias medidas pelo método indireto em campo, com a velocidade desempenhada por um caminhão típico e bastante utilizado no município de Manaus.

4.1 DADOS OBTIDOS

Utilizando o método de coleta de volume de tráfego, foi feita a análise dos dados, e aplicado os fatores de equivalência do Manual de Estudo de Tráfego (DNIT, 2006) e do Instituto de Mobilidade Urbana (IMMU, 2013). A finalidade de aplicar dois fatores de equivalência é para comparar o tráfego em UCP. Para o DNIT, os fatores de equivalência podem ser agrupados em: carros de passeio, caminhões e ônibus, reboque e semirreboques, motocicletas, bicicletas e sem informação. Já para o IMMU, os fatores de equivalência podem ser agrupados em: automóveis, motos, ônibus comum, ônibus articulado, caminhão e carretas. As Tabelas 5 e 6 indicam o valor do F. E para cada um dos veículos.

Tabela 5- Fatores de Equivalência DNIT

Veículo	F. E
Carro de passeio	1,0
Caminhões e ônibus	1,5
Reboque e semirreboques	2,0
Motocicletas	1,0
Bicicletas	0,5
Sem informação	1,1

Fonte: DNIT, 2005.

Tabela 6- Fatores de Equivalência IMMU

Veículo	F.E
Automóveis	1
Motos	0,5
Ônibus Comum	2,0
Ônibus Articulado	4,0
Caminhão	2,0
Carreta	4,0

Fonte: IMMU, 2013.

As Tabelas 7, 8, 9, 10, 11 e 12 referem-se aos dados de tráfegos coletados, aplicando os fatores de equivalência. Foram realizadas coletas nos dias 8, 10 e 11 de fevereiro de 2022, no horário de 11:30h às 12:45h nos dias 8 e 11; e das 11:30h às 13:00h, no dia 10.

Tabela 7- Contagem de tráfego dia 08.02.2022 - F.E DNIT aplicado

FATORES DE EQUIVALÊNCIAS DO DNIT													
CONTAGEM VOLUMÉTRICA-SENTIDO DISTRITO-UFAM													
	FE	HORÁRIO	11:30-11:45		11:45-12:00		12:00-12:15		12:15-12:30		12:30-12:45	12:45-13:00	
ÔNIBUS	1	CARRO DE PASSEIO	312	312	293	293	284	284	261	261	287	287	
	1	CAMIONETAS	55	55	66	66	67	67	58	58	60	60	
	1,5	2C	4	6	11	16,5	13	19,5	13	19,5	11	16,5	
	1,5	3C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2	ARTICULADO	1	2	1	2	1	2	1	2	2	4	
CAMINHÕES	1,5	2C	14	21	14	21	17	25,5	14	21	13	19,5	
	1,5	3C	4	6	7	10,5	10	15	5	7,5	1	1,5	
	2	4C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2	2S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2	2S2	0	0	1	2	1	2	0	0	0	0	
	2	2S3	8	16	3	6	2	4	9	18	9	18	
	2	3S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2	3S3	4	8	3	6	2	4	5	10	2	4	
	2	3S2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2	2C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2	2C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2	3C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2	3C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1	MOTOS	84	84	81	81	67	67	65	65	82	82	
	2	BITREM-9 EIXOS	3	6	1	2	1	2	0	0	0	0	
	TOTAL				516		506		492		462		493
	Vhp				1976								
V15 max				516									
FHP				0,96									

Tabela 8- Contagem de tráfego dia 08.02.2022- F.E IMMU aplicado

FE	HORÁRIO	11:30-11:45	11:45-12:00	12:00-12:15	12:15-12:30	12:30-12:45	12:45-13:00	
1	CARRO DE PASSEIO	312	312	293	293	284	284	
1	CAMIONETAS	55	55	66	66	67	67	
ÔNIBUS	2 2C	4	8	11	22	13	26	
	2 3C	0	0	0	0	0	0	
	4 ARTICULADO	1	4	1	4	1	4	
CAMINHÕES	2 2C	14	28	14	28	17	34	
	2 3C	4	8	7	14	10	20	
	2 4C	0	0	0	0	0	0	
	4 2S1	0	0	0	0	0	0	
	4 2S2	0	0	1	4	1	4	
	4 2S3	8	32	3	12	2	8	
	4 3S2	0	0	0	0	0	0	
	4 3S3	4	16	3	12	2	8	
	4 3S2S2	0	0	0	0	0	0	
	4 2C2	0	0	0	0	0	0	
	4 2C3	0	0	0	0	0	0	
	4 3C2	0	0	0	0	0	0	
	4 3C3	0	0	0	0	0	0	
	0,5 MOTOS	84	42	81	40,5	67	33,5	65
	4 BITREM-9 EIXOS	3	12	1	4	1	4	0
	TOTAL		517		500		493	
Vhp		1986		1986		1986		
V15 max		517		500		493		
FHP		0,96		0,96		0,96		

Fonte: o autor, 2022.

Tabela 9- Contagem de tráfego dia 10.02.2022- F.E DNIT aplicado

FATORES DE EQUIVALÊNCIAS DO DNIT													
CONTAGEM VOLUMÉTRICA-SENTIDO DISTRITO-UFAM													
FE	HORÁRIO	11:30-11:45	11:45-12:00	12:00-12:15	12:15-12:30	12:30-12:45	12:45-13:00						
1	CARRO DE PASSEIO	195	195	268	268	240	240						
1	CAMIONETAS	75	75	45	45	48	48						
ÔNIBUS	1,5 2C	8	12	9	13,5	10	15						
	1,5 3C	0	0	0	0	0	0						
	2 ARTICULADO	1	2	0	0	1	2						
CAMINHÕES	1,5 2C	17	25,5	15	22,5	13	19,5						
	1,5 3C	4	6	3	4,5	2	3						
	2 4C	0	0	0	0	0	0						
	2 2S1	0	0	0	0	0	0						
	2 2S2	1	2	0	0	0	1						
	2 2S3	5	10	3	6	7	14						
	2 3S2	1	2	0	0	0	3						
	2 3S3	0	0	3	6	1	2						
	2 3S2S2	0	0	0	0	0	0						
	2 2C2	0	0	0	0	0	0						
	2 2C3	0	0	0	0	0	0						
	2 3C2	0	0	0	0	0	0						
	2 3C3	0	0	0	0	0	0						
1 MOTOS	90	90	82	82	62	62							
2 BITREM-9 EIXOS	1	2	2	4	0	0							
TOTAL		422		452		406							
Vhp		1639		1639		1639							
V15 max		452		452		452							
FHP		0,94		0,94		0,94							

Fonte: o autor, 2022.

Tabela 10- Contagem de tráfego dia 10.02.2022- F.E IMMU aplicado

FATORES DE EQUIVALÊNCIAS DO IMMU														
CONTAGEM VOLUMÉTRICA-SENTIDO DISTRITO-UFAM														
	FE	HORÁRIO	11:30-11:45		11:45-12:00		12:00-12:15		12:15-12:30		12:30-12:45		12:45-13:00	
ÔNIBUS	1	CARRO DE PASSEI	195	195	268	268	240	240	228	228	225	225	162	162
	1	CAMIONETAS	75	75	45	45	48	48	51	51	42	42	23	23
	2	2C	8	16	9	18	10	20	8	16	8	16	4	8
	2	3C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMINHÕES	4	ARTICULADO	1	4	0	0	1	4	2	8	1	4	0	0
	2	2C	17	34	15	30	13	26	14	28	12	24	13	26
	2	3C	4	8	3	6	2	4	2	4	3	6	6	12
	2	4C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	2S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	2S2	1	4	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0
	4	2S3	5	20	3	12	7	28	0	0	6	24	4	16
	4	3S2	1	4	0	0	0	0	3	12	0	0	0	0
	4	3S3	0	0	3	12	1	4	0	0	2	8	0	0
	4	3S2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	2C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	2C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	3C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	3C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,5	MOTOS	90	45	82	41	62	31	90	45	69	34,5	46	23
	4	BITREM-9 EIXOS	1	4	2	8	0	0	1	4	1	4	0	0
	zz			409		440		405		400		388		270
	Vhp	1654												
	V15 max	440												
	FHP	0,34												

Fonte: o autor, 2022.

Tabela 11- Contagem de tráfego dia 11.02.2022- F.E DNIT aplicado

FATORES DE EQUIVALÊNCIAS DO DNIT														
CONTAGEM VOLUMÉTRICA-SENTIDO DISTRITO-UFAM														
	FE	HORÁRIO	11:30-11:45		11:45-12:00		12:00-12:15		12:15-12:30		12:30-12:45			
ÔNIBUS	1	CARRO DE PASSEI	291	291	270	270	235	235	314	314	379	379		
	1	CAMIONETAS	62	62	57	57	51	51	55	55	83	83		
	1,5	2C	7	10,5	14	21	6	9	6	9	12	18		
	1,5	3C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
CAMINHÕES	2	ARTICULADO	1	2	0	0	1	2	0	0	2	4		
	1,5	2C	16	24	13	19,5	7	10,5	16	24	23	34,5		
	1,5	3C	7	10,5	9	13,5	4	6	6	9	13	19,5		
	2	4C	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0		
	2	2S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	2	2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	2	2S3	3	6	6	12	5	10	7	14	5	10		
	2	3S2	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0		
	2	3S3	2	4	1	2	1	2	3	6	3	6		
	2	3S2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	2	2C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	2	2C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	2	3C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	2	3C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	1	MOTOS	67	67	75	75	74	74	72	72	105	105		
	2	BITREM-9 EIXOS	0	0	3	6	1	2	0	0	0	0		
	TOTAL			481		480		402		503		659		
	Vhp	2044												
	V15 max	659												
	FHP	0,78												

Fonte: o autor, 2022.

Tabela 12- Contagem de tráfego dia 11.02.2022- F.E IMMU aplicado

FATORES DE EQUIVALÊNCIAS DO IMMU													
CONTAGEM VOLUMÉTRICA-SENTIDO DISTRITO-UFAM													
	FE	HORÁRIO	11:30-11:45		11:45-12:00		12:00-12:15		12:15-12:30		12:30-12:45		
ÔNIBUS	1	ARRO DE PASSEI	291	291	270	270	235	235	314	314	379	379	
	1	CAMIONETAS	62	62	57	57	51	51	55	55	83	83	
	2	2C	7	14	14	28	6	12	6	12	12	24	
	2	3C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	4	ARTICULADO	1	4	0	0	1	4	0	0	2	8	
CAMINHÕES	2	2C	16	32	13	26	7	14	16	32	23	46	
	2	3C	7	14	9	18	4	8	6	12	13	26	
	2	4C	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
	4	2S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	4	2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	4	2S3	3	12	6	24	5	20	7	28	5	20	
	4	3S2	0	0	2	8	0	0	0	0	0	0	
	4	3S3	2	8	1	4	1	4	3	12	3	12	
	4	3S2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	4	2C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	4	2C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	4	3C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	4	3C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0,5	MOTOS	67	33,5	75	37,5	74	37	72	36	105	52,5	
	4	BITREM-9EIXOS	0	0	3	12	1	4	0	0	0	0	
	TOTAL			475		485		389		501		651	
	V _{hp}		2026										
V _{15 max}		651											
FHP		0,78											

Fonte: o autor, 2022.

Para tanto, foi realizada a coleta de tempo de percurso de 26 carretas. Primeiramente, foi feita a leitura dos tempos de subida de cada carreta na respectiva rampa. O método de leitura baseou-se em anotar o instante inicial em que a carreta passa pelo marco inicial no vídeo produzido, e o instante final em que a carreta passa no marco final no vídeo produzido. De posse, os instantes final e inicial, são possíveis por meio da subtração, encontrar o tempo de percurso e, posteriormente, calcular a velocidade média pela Equação 8, seguinte.

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (8)$$

Onde,

$V =$ Velocidade [km/h];

$\Delta s =$ Comprimento de rampa [km];

$\Delta t = \text{Tempo de percurso [h]}$.

A Tabela 13 mostra o tempo de percurso de cada carreta, bem como o valor da velocidade média desenvolvida no trecho. Foi realizado também o cálculo do valor máximo, médio e mínimo para todas as amostras, bem como separadamente para caminhões de 2 e 3 eixos no cavalo mecânico. Esse procedimento tem a finalidade de demonstrar a diferença de desempenho entre estes dois tipos de cavalo mecânico.

Tabela 13-Tempo de percurso nas rampas

TEMPO DE PERCURSO NA RAMPA							
EIXOS NO CV MECÂNICO	AMOSTRA	DATA	DIA DA SEMANA	TIPO DE CAMINHÃO	TEMPOS (S)	VELOCIDADE (KM/H)	Rampa(m)
3	1	14/09/2021		6	00:00:44	38,26	467,631
3	2	14/09/2021		6	00:00:47	35,82	
3	3	14/09/2021		6	00:00:48	35,07	
2	4	14/09/2021		5	00:01:03	26,72	
3	5	14/09/2021		6	00:00:47	35,82	
3	6	14/09/2021		6	00:00:51	33,01	
2	7	14/09/2021		5	00:00:50	33,67	
3	8	14/09/2021		6	00:00:53	31,76	
2	9	23/09/2021		5	00:00:45	37,41	
3	10	23/09/2021		6	00:00:41	41,06	
3	11	23/09/2021		6	00:00:30	56,12	
3	12	23/09/2021		6	00:00:53	31,76	
3	13	23/09/2021		6	00:00:34	49,51	
2	14	23/09/2021		5	00:01:16	22,15	
2	15	24/09/2021		5	00:02:08	13,15	
3	16	24/09/2021		9	00:01:31	18,50	
3	17	24/09/2021		6	00:00:41	41,06	
3	18	11/03/2022		6	00:01:04	26,30	
2	19	11/03/2022		5	00:01:12	23,38	
2	20	11/03/2022		5	00:00:48	35,07	
2	21	11/03/2022		5	00:00:47	35,82	
2	22	11/03/2022		5	00:00:58	29,03	
2	23	11/03/2022		5	00:00:40	42,09	
2	24	11/03/2022		5	00:00:40	42,09	
2	25	11/03/2022		5	00:00:39	43,17	
3	26	11/03/2022		6	00:00:49	34,36	
		Geral		2 eixos cavalo mecânico(km/h)		3 eixos cavalo mecânico(km/h)	
		MAIOR		MAIOR	43,17	MAIOR	56,12
		MENOR		MENOR	13,15	MENOR	26,30
		MÉDIA		MÉDIA	31,98	MÉDIA	36,87

Fonte: o autor, 2022.

Mediante a dificuldade de coletar os modelos de caminhões analisados nas rampas, optou-se por realizar pesquisas na base de dados das frotas de veículos, a qual está disponível no site do DENATRAN (2021); isso com a finalidade de obter-se qual o modelo de cavalo mecânico mais utilizado na cidade de Manaus. A base de dados mencionada considera os veículos com cadastros RENAVAM ativos e armazena informações do veículo, como características, multas, emplacamento, licenciamento, mudanças de proprietários e etc.

No entanto, a base de dados possui informações de diversos veículos, como moto, carros de passeio, ônibus e etc. Logo, para tornar a filtragem de dados mais simples, foi necessário escolher as principais fabricantes de cavalos mecânicos do Brasil. E, de acordo com Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE, 2021), as principais marcas de caminhões que atuam no Brasil é 1° Mercedes-Benz, Volkswagen, Scania e Volvo.

Outro parâmetro utilizado para a escolha do veículo foi a disponibilidade de dados suficientes em suas especificações técnicas, necessário para elaboração da curva de desempenho. Por sua vez, conforme descrito no Capítulo 2, a curva característica do motor é necessária para realizar a simulação de desempenho, muitos dos modelos encontrados não dispunha desta curva. A Tabela 14, então, indica os principais caminhões encontrados, bem como suas quantidades, modelos e ano.

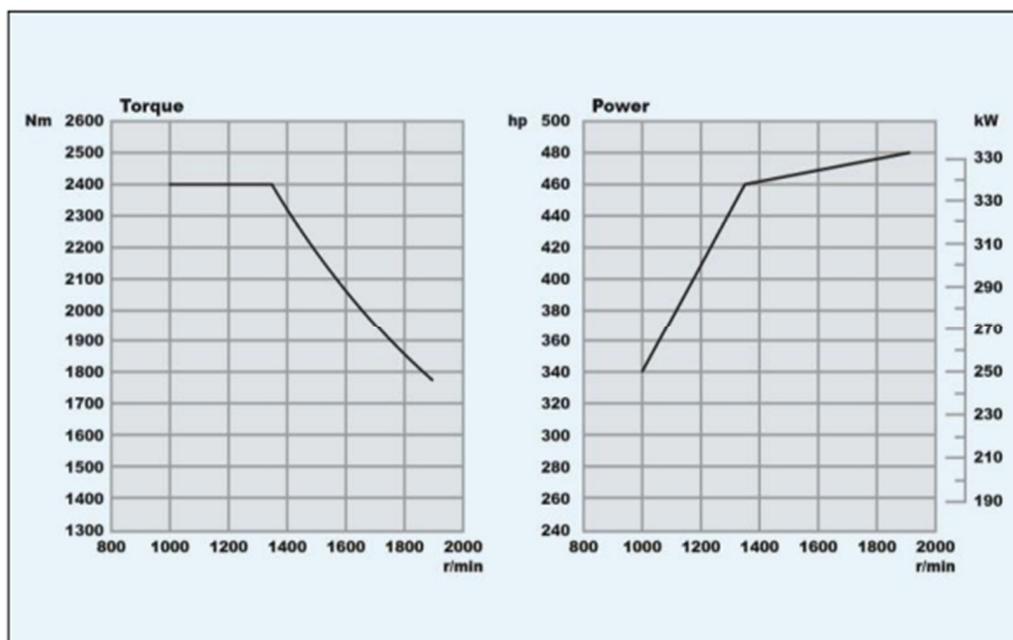
Tabela 14- Modelos de cavalos mecânicos

UF	MUNICÍPIO	MARCA/MODELO	ANO	QUANTIDADE DE VEÍCULOS	n° de eixos
AMAZONAS	MANAUS	M.BENZ/AXOR 1933 S	2015	55	2 eixos
AMAZONAS	MANAUS	M.BENZ/AXOR 1933 S	2010	55	2 eixos
AMAZONAS	MANAUS	SCANIA/P 310 B6X4 CS	2012	52	3 eixos
AMAZONAS	MANAUS	SCANIA/R480 A6X4	2021	41	3 eixos
AMAZONAS	MANAUS	VOLVO/VM 330 4X2T	2013	34	2 eixos
AMAZONAS	MANAUS	M.BENZ/AXOR 1933 S	2013	34	2 eixos
AMAZONAS	MANAUS	M.BENZ/AXOR 2831K6X4	2011	34	2 eixos
AMAZONAS	MANAUS	VOLVO/VM 330 4X2T	2014	33	2 eixos
AMAZONAS	MANAUS	M.BENZ/AXOR 3131 6X4	2014	33	2 eixos
AMAZONAS	MANAUS	M.BENZ/ACTROS 2651S6X4	2020	28	3 eixos
AMAZONAS	MANAUS	VOLVO/NH12340 4X2T	2005	26	2 eixos
AMAZONAS	MANAUS	M.BENZ/AXOR 2536 S	2019	26	3 eixos
AMAZONAS	MANAUS	M.BENZ/AXOR 2536 S	2018	26	3 eixos
AMAZONAS	MANAUS	M.BENZ/AXOR 1933 LS	2020	24	2 eixos
AMAZONAS	MANAUS	VOLVO/FH 540 6X4T	2018	22	3 eixos
AMAZONAS	MANAUS	VOLVO/FH 460 6X2T	2019	22	3 eixos
AMAZONAS	MANAUS	M.BENZ/ACTROS 2651S 6X4	2021	21	3 eixos
AMAZONAS	MANAUS	VW/19.320 CLC TT	2006	21	2 eixos
AMAZONAS	MANAUS	VW/29.520 METEOR 6X4	2020	122	3 eixos
AMAZONAS	MANAUS	VW/19.330 CTC 4X2	2012	55	2 eixos

Fonte: o autor, 2022.

Entre os modelos filtrados, o cavalo mecânico que foi possível obter todos os dados necessários para análise de desempenho foi o SCANIA/R480 A6X4. De acordo com a especificação técnica, ele possui um PBTC DE 74000kg, equipado com um Motor 13 litros – Proconve Fase 7 DC13 111 de 480 CV (a 1900 rpm), cuja a curva característica do motor se encontra na Figura 14. Seu câmbio dispõe de 12 marchas, cujas reduções g_t são 9,16:1, 7,33:1, 5,82:1, 4,66:1, 3,75:1, 3,00:1, 2,44:1, 1,96:1, 1,55:1, 1,24:1, 1:1 e 0,8:1, respectivamente. Os pneus tem diâmetro de 0,69m (caminhão carregado) e a redução de diferencial g_d é 3,27:1.

Figura 6 - Curva características SCANIA/R480 6X4



Fonte: SCANIA, 2022.

Com a curva de potência do motor, pode-se determinar a variação da potência em função da rotação do motor. A Tabela 15 indica esses pares coletados da curva.

Tabela 15 – Curva de Potência

CURVA DE POTÊNCIA						
RPM	1000	1200	1400	1600	1800	1900
Potência (kW)	250,07	301,55	339,8	345,684	349,36	353

Fonte: o autor, 2022.

Deve-se determinar para cada nível de rotação do motor e cada marcha, a velocidade da carreta por meio da Equação 1. A Tabela 16 mostra o resultado desses cálculos, utilizando planilha eletrônica no *Microsoft Excel*.

Tabela 16 – Planilha do cálculo de velocidades

MARCA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
REDUÇÃO	9,16	7,33	5,82	4,66	3,75	3	2,44	1,96	1,55	1,24	1	0,8
ROTAÇÃO(rpm)	VELOCIDADE (Km/h)											
1000	4,03	5,03	6,34	7,92	9,84	12,30	15,12	18,82	23,80	29,75	36,89	46,12
1200	4,83	6,04	7,61	9,50	11,81	14,76	18,14	22,59	28,56	35,70	44,27	55,34
1400	5,64	7,05	8,87	11,08	13,77	17,22	21,17	26,35	33,32	41,65	51,65	64,56
1600	6,44	8,05	10,14	12,67	15,74	19,68	24,19	30,12	38,08	47,60	59,03	73,78
1800	7,25	9,06	11,41	14,25	17,71	22,14	27,22	33,88	42,84	53,55	66,41	83,01
1900	7,65	9,56	12,04	15,04	18,69	23,36	28,73	35,76	45,22	56,53	70,09	87,62

Fonte: o autor, 2022.

Então, utilizando-se da velocidade e potência do motor, pode-se determinar o esforço trator desenvolvido em cada nível de rotação do motor e para cada uma das 12 marchas. A determinação do esforço trator desenvolvido pela carreta em cada uma das velocidades determinadas foi feita utilizando a Equação 2, substituindo os valores das respectivas velocidades e potência do motor. A Tabela 17 mostra o resultado dessas operações.

CÁLCULO DO ESFORÇO TRATOR EM CADA VELOCIDADE E MARCHA																								
P(Kw)	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	V(km/h)	Ft(kN)	V(km/h)	Ft(kN)	V(km/h)	Ft(kN)	V(km/h)	Ft(kN)	V(km/h)	Ft(kN)	V(km/h)	Ft(kN)	V(km/h)	Ft(kN)	V(km/h)	Ft(kN)	V(km/h)	Ft(kN)	V(km/h)	Ft(kN)	V(km/h)	Ft(kN)	V(km/h)	Ft(kN)
250,07	4,03	194,467	5,03	155,6159	6,34	123,56	7,92	98,9318	9,84	79,61	12,30	63,69	15,12	51,8012	18,82	41,6108	23,80	32,9065	29,75	26,3252	36,89	21,23	46,12	16,984
301,55	4,83	195,417	6,04	156,37613	7,61	124,16	9,50	99,4151	11,81	80	14,76	64,001	18,14	52,05427	22,59	41,81408	28,56	33,06726	35,70	26,45381	44,27	21,33372	55,34	17,06697
339,8	5,64	188,747	7,05	151,03852	8,87	119,92	11,08	96,0218	13,77	77,27	17,22	61,817	21,17	50,27749	26,35	40,38683	33,32	31,93857	41,65	25,55085	51,65	20,60553	64,56	16,48442
345,684	6,44	168,013	8,05	134,44717	10,14	106,75	12,67	85,4739	15,74	68,78	19,68	55,026	24,19	44,75458	30,12	35,9504	38,08	28,43017	47,60	22,74413	59,03	18,34204	73,78	14,67363
349,36	7,25	150,933	9,06	120,77945	11,41	95,899	14,25	76,7848	17,71	61,79	22,14	49,432	27,22	40,20489	33,88	32,29573	42,84	25,53999	53,55	20,43199	66,41	16,47742	83,01	13,18193
353	7,65	144,479	9,56	115,61481	12,04	91,798	15,04	73,5014	18,69	59,15	23,36	47,318	28,73	38,4857	35,76	30,91474	45,22	24,44788	56,53	19,5583	70,09	15,77283	87,62	12,61826

Fonte: autor, 2022

Posteriormente, calcula-se a força de tração máxima que a carreta pode desenvolver, sem que as rodas motrizes derrapem, para isso, deve-se utilizar a Equação 9:

$$F_{tm\acute{a}x} = f \cdot T_d = \frac{0,8 \times 26000 \times 9,8}{1000} = 203,480 \text{ kN} \quad (9)$$

Calculadas as características do motor, é necessário encontrar a resistência ao movimento compostas por resistência de rolamento, resistência aerodinâmica e resistência de rampa. Logo, a resistência total pode ser calcular pela soma das equações 4, 7 e 8.

$$R_t = R_r + R_a + R_g = (c_1 + c_2 V)G + c_a AV^2 + 10Gi$$

$$R_t = (7,6 + 0,056.V)725,94 + 0,040.9,217.V^2 + 10 \times 725,94 \times 6,2$$

$$R_t = 0,36868V^2 + 40,65264V + 50525,424[N]$$

Sendo que para determinar a velocidade de equilíbrio do veículo é necessário plotar a curva de esforço trator, e, posteriormente, a curva de resistência básica do caminhão. A velocidade de equilíbrio é aquela em que a aceleração é nula, ou seja, o esforço trator é igual às somatórias das resistências. Essa situação é observada graficamente pela interseção entre as curvas de resistência e de esforço trator.

A seguir, o Gráfico 1 representa essa situação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, aborda-se as discussões deste estudo.

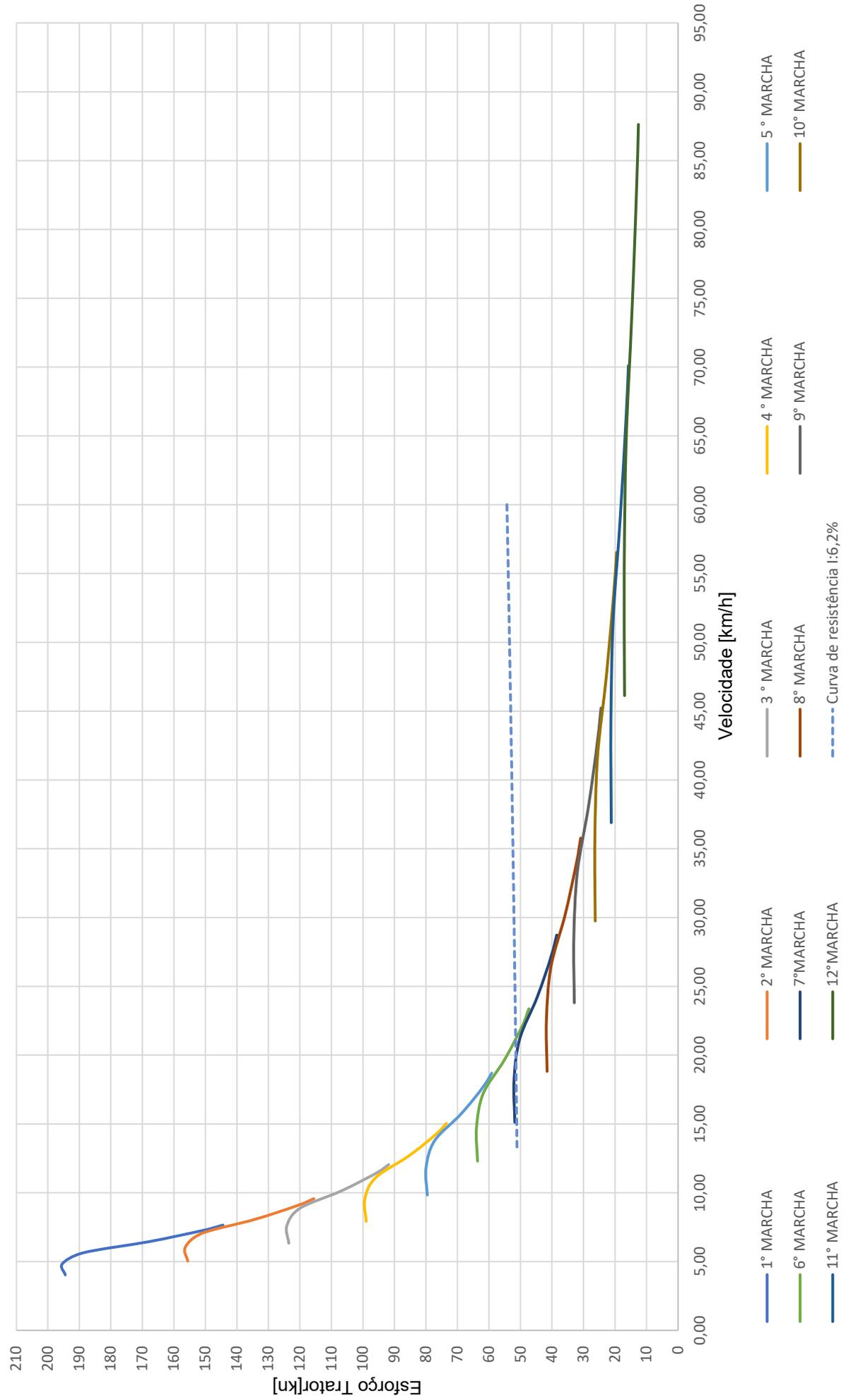
Observa-se no Gráfico 1, que a velocidade de equilíbrio encontrada é de aproximadamente 22,00 km/h. É importante ressaltar que o peso considerado para o cálculo foi o PBTC máximo de 74000kg encontrado no manual de especificação do SCANIA RX480.

Nota-se que o valor da velocidade para a inclinação indicada representa 59,66% da velocidade média real obtida em campo (36,87 km/h). Há diversos fatores que podem ter ocasionado essa diferença de velocidade. A primeira é o PBTC utilizado no cálculo das resistências, pois a carreta foi simulada com sua carga máxima combinada, isso demonstra que é extremamente necessário dados de balança para avaliar o desempenho de determinados caminhões.

Complementarmente, durante a coleta de dados das velocidades, era extremamente difícil a coleta dos modelos, devido ao grande fluxo de veículo na região e a dificuldade de ultrapassagem. Visto ainda que as marcas e modelos do cavalo mecânico estão presentes na parte frontal do veículo. Logo, a seleção do modelo a avaliar o desempenho considerou dados referentes às quantidades de cavalos mecânicos mais presentes na cidade de Manaus, observando os veículos cadastrados no RENAVAM.

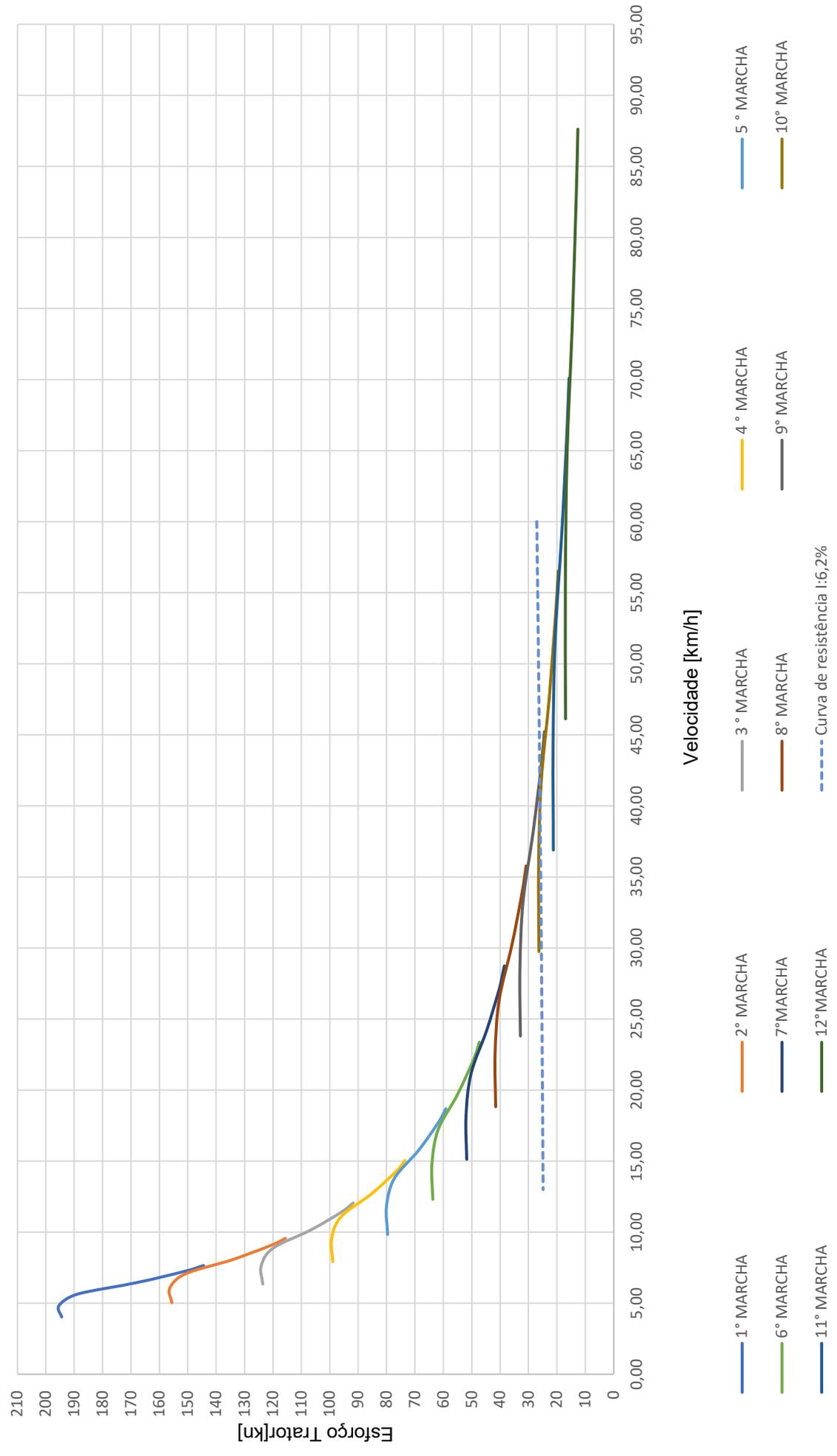
Logo, o modelo selecionado tem chances mínimas de coincidir com os modelos observados em campo e este pode ser um dos motivos pela diferença de velocidades. Mediante análise dessas variáveis foi feita outra análise considerando o PBTC médio de 36000 kg e obteve-se o Gráfico 2.

Gráfico 1 - Curva de esforço trator- PBTC total



Fonte: autor, 2022.

Gráfico 2 - Curva de esforço trator- PBTC médio



Fonte: autor, 2022.

Nota-se que alterando o PBTC para 36000kg, a curva de esforço trator coincide com a curva de resistência em uma velocidade de equilíbrio de aproximadamente 40,00 km. Isso mostra que para a rampa de 6,2% e também para o veículo padrão considerado, apenas a redução da carga já altera o valor da velocidade de equilíbrio. Entre as carretas de 3 eixos especificadas na Tabela 13, do total de 14 carretas, 10 obtiveram velocidades inferior a velocidade de equilíbrio, representando 71% das amostras.

Logo, sob circunstâncias em que o veículo modelo se assemelha em suas características física e mecânicas aos veículos analisados in loco, o PBTC que mais representa as velocidades coletadas in loco é o de 36000kg.

Nesse sentido, Melo (2002) propõe em seus estudos valores de redução de velocidade máxima admissível para caminhões, sugerindo como critério para implantação de faixas adicionais em aclives, considerando pista dupla e simples. Ele considera o índice de envolvimento de caminhões em acidentes da AASHTO (2001) e índices de acidentes por ele determinado. A redução máxima de velocidade que um caminhão pode ter em aclives é de 35,00 km/h.

No entanto, é importante frisar que esses critérios apesar de serem necessários não são suficientes, pois em situações em que o volume de tráfego é pequeno, ocorre uma redução na probabilidade de formação de pelotões, de maneira análoga, em situações em que o volume de tráfego seja intenso é importante avaliar se a redução máxima de velocidade de 35 km/h é compatível com o fluxo de veículos da via.

Logo, pode-se observar que com o PBTC de 74000kg, a velocidade de equilíbrio fica próximo do valor máximo de redução, sugerido por Melo (2021). Visto que a via analisada possui pista dupla e uma velocidade regulamentada de 60km/h. No entanto, por se tratar de um ambiente urbano, o fluxo de veículos conforme as Tabelas 7, 8, 9, 10, 11 e 12 é extremamente alto e deve-se analisar com cautela qual a influência que essas reduções podem ocasionar na mobilidade urbana, visto que no trecho analisado, há grande incidência de formação de pelotões e ultrapassagem perigosas.

6 CONCLUSÃO

Mediante os objetivos deste trabalho e dados que foram analisados, pode-se observar que o desempenho das carretas, utilizando o método teórico, se aproxima com a realidade coletada em campo, apenas em situações considerando o PBTC médio.

Então, as conclusões deste trabalho são várias. Sobre isso, há a falta de informações de pesagens das carretas que trafegam pela via analisada. O PIM não dispõe de balanças que controle o peso das carretas que trafegam na cidade de Manaus. Logo, isso abre oportunidade para as empresas acomodarem o máximo de carga possível nas carretas. Outro problema é que a falta de balanças provoca é falta de dados técnicos das carretas, como modelos dos cavalos mecânicos, potência, capacidade de eixo e diversas outras características técnicas que são necessários para o cálculo de desempenho.

Diante essa falta de informação, foi necessária a adoção de um veículo padrão que representasse a frota de carretas que circulam na cidade de Manaus. Logo, é interessante ressaltar que as informações técnicas de um veículo para outro varia muito, e diante isso, é extremamente necessário que tenha uma caracterização da frota das carretas da cidade de Manaus-AM.

Essa caracterização da frota, pode ser feito por meio da instituição de uma gerência de pavimento por parte do poder público, utilizando de suas secretarias e departamentos de trânsito para monitorar tanto o pavimento das vias como também o tráfego.

Nesse sentido, em sua tese, Melo (2002) relata três critérios que devem ser analisados para implantação de faixas adicionais em aclives. Logo, por se tratar de uma zona urbana, a via analisada possui diversas limitações quando a implantação desse tipo de solução. No entanto, pode-se utilizar dos mesmos critérios para analisar o comportamento e a influência do tráfego na mobilidade urbana.

O nível de serviço, então, deve ser calculado de acordo com os procedimentos definidos no *Highway Capacity Manual* (TRB, 2000). Logo, é sugerido um estudo mais aprofundado do tráfego da região, verificando a

percentagem de caminhões, as reduções de velocidade, o volume de veículos hora-pico e a classificação do nível de serviço da região.

Apesar das simulações feitas, considerando PBTC médio, representarem mais a situação em campo, quando se faz a simulação, considerando o PBTC total, é possível observar uma drástica redução na velocidade de equilíbrio de carretas, onde a velocidade chega a ser 38 km/h a menos do que a velocidade regulamentada. Essa redução seria suficiente para a implantação de faixas adicionais, no entanto, por se tratar de ambiente urbano e dadas as limitações que essa redução provoca esta é uma solução inviável. Além disso, há uma série de impactos na mobilidade urbana.

Apesar do modelo de caminhão simulado apresentar uma grande redução de velocidade na rampa estudada, é extremamente necessário que sejam feitas pesquisas mais aprofundadas considerando a velocidade de entrada dessas carretas nessas rampas, uma vez que, esse parâmetro não foi coletado neste estudo devido a falta de equipamento. Esse fator altera a curva de desempenho, logo, esses dados são importantes para realizar ajustes nas curvas de desempenho.

Outro problema que influencia na incompatibilidade do veículo-via é quanto as características geométricas da via analisada, a inclinação da via aumenta a resistência ao movimento das carretas, provocando uma maior perda de velocidade nos aclives, a via possui uma inclinação 6,2%. Logo, quanto maior for a relação massa/potência da carreta que trafega no trecho, maior será o tempo de subida desses veículos. Outra variável é sobre a velocidade de entrada do veículo na rampa.

Pereira Neto (2007) diz que a velocidade de entrada do veículo é um parâmetro importante para a verificação da compatibilidade do veículo com via, pois quanto menor essa velocidade, menor será o desempenho dos caminhões.

O PlaMob-Manaus indica uma série de diretrizes que devem ser consideradas e adotadas para a distribuição e estruturação do transporte de cargas na cidade de Manaus, porém, não dispõem de dados necessários que são essenciais para o planejamento de transportes (MANAUS, 2015). Dados como fluxo de veículos nas principais vias da cidade, nível de serviços,

percentagens de caminhões, idade, características técnicas, relação de massa/potência, curvas de desempenho e diversos outros parâmetros técnicos necessários para o planejamento do transporte de cargas urbanas não estão disponíveis.

Mesmo com a falta de dados públicos, há diversas obras de infraestrutura que estão sendo implantadas com a finalidade de transferir o tráfego das regiões centrais da cidade de Manaus para as zonas periféricas.

Entre as obras de destaque estão a obra do complexo viário Anel Leste, cujo início se localiza na interseção da Avenida do Oitis com a Avenida Cosme Ferreira e finaliza na Avenida Margarita, em frente ao Museu da Amazônia, totalizando aproximadamente 18km com um percentual físico concluído de 20,56% (SEINFRA, 2022).

Outra obra de infraestrutura, que também está em execução, é a obra do complexo viário Anel Sul, cujo início se localiza na interseção Estrada do Tarumã com a Avenida Torquato Tapajós e finaliza na Avenida Santos Dumont, próximo ao Aeroporto Internacional de Manaus, totalizando aproximadamente 8,1km, com um percentual físico concluído de 67,69% (SEINFRA, 2022).

No entanto, não fica claro quais foram os dados de planejamento que foram utilizados na concepção dessas infraestruturas. Logo, é extremamente importante que haja estudos por parte do poder público, a fim de caracterizar de maneira clara o comportamento de veículos de cargas urbanas, bem como, fortalecer a fiscalização dos veículos de carga que trafegam nas vias, atuando na fiscalização dos pesos, manutenção dos veículos, modificações irregulares dos veículos etc.

É necessário, portanto, realizar estudos referente ao planejamento de tráfego com a finalidade de caracterizar e compatibilizar a frota de veículos de cargas com as características físicas, econômicas, ambientais, sociais de cada região da cidade de Manaus. Estudos devem ainda ser utilizados na concepção de projetos de infraestrutura, destinados a passagem dos veículos de carga e, conseqüentemente, aumentando a vida útil do pavimento das zonas urbanas, redução na emissão de gases poluentes atmosféricos no centro urbano, aumentando as velocidades médias de percurso nas áreas centrais e,

consequentemente, o nível de serviço. Diversos outros parâmetros também, que possam contribuir para uma melhora na mobilidade urbana da cidade de Manaus.

REFERÊNCIAS

ABREU, Bárbara Ribeiro Alves. **Diretrizes para elaboração de planos de mobilidade urbana de carga**. 135 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. Belo Horizonte, 2015.

ALBANO, J. F e MASIERO, E. Efeitos da falta de fiscalização por pesagem sobre os pavimentos flexíveis. **Revista Estradas**. Porto Alegre, Ano 3, nº. 5, p. 61-66, nov. 2003.

ALLEN, J.; Anderson, S.; Browne, M.; Jones, P. A framework for considering policies to encourage sustainable urban freight traffic and goods/services flows. 4 volumes. **Transport Studies Group**, University of Westminster, London, England, 2000.

BRASIL. Lei Federal nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da **Política Nacional de Mobilidade Urbana**. Diário Oficial da União. Brasília, 2012.

DEMARCHI, S.H e SETTI J. R. Desempenho de Caminhões em Rampas Ascendentes. In: Transporte em Transformação III- Trabalhos vencedores do prêmio CNT Produção Acadêmica 1998. **Confederação Nacional do Transporte/Makron Books**, S. Paulo, p. 79-94, 2000.

_____. Sérgio Henrique; SETTI, José Reynaldo Anselmo. Caracterização da relação massa/potência de caminhões em rodovias do estado de São Paulo. **Anais**: artigos científicos, 2001.

DENATRAN (2021). **Frota de veículos**. Ministério da infraestrutura. Disponível em [:https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-denatran/frota-de-veiculos-2021](https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-denatran/frota-de-veiculos-2021). Acesso em 21 abr. 2022.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de estudos de tráfego**. Rio de Janeiro, 2006. 384 p. (IPR. Publ., 723).

FIPE (2022). **Marcas de caminhões mais pesquisadas na Tabela FIPE Brasil**. Disponível em: https://www.tabelafipebrasil.com/caminhoes/ranking#google_vignette. Acesso em 21 abr. 2022.

JESUS, Felipe Gonçalves; FONTENELE, Heliana Barbosa. Excesso de peso nos veículos rodoviários de carga e seu efeito no fator de equivalência de carga. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 6, n. 3, p. P. 108-117, 2014.

MANAUS. Prefeitura Municipal de Manaus. **Plano de Mobilidade Urbana de Manaus**. PlanMob-Manaus. Manaus, 2015. Disponível em: <https://www2.manaus.am.gov.br/docs/portal/secretarias/smtu/PlanMobManaus.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2022.

MELO, R. A. **Faixas Adicionais para Aclives de Rodovias Brasileiras**. São Paulo, 2002, 178 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES E MINISTÉRIO DA DEFESA. **Plano Nacional de Logística e Transportes**. Relatório Executivo. Brasília: MT e MD, 2007.

MONTMORENCY SILVA, T. C.; CASTRO MARINS, K.R.C. **Discutindo o Papel do Transporte de Carga no Planejamento Urbano: contextualização e Comparativo Conceitual**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2015.

PEREIRA NETO, W. A. **Análise de Fatores Intervenientes nas Características Dimensionais de Segmentos Rodoviárias sob a Ótica da Compatibilidade Veículo-Via**. 190 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007.

ROCHA, C. V. C., CAMPOS, V. B. G.; BANDEIRA, R. A. M. (2019). Índice de mobilidade para transporte urbano de carga. *urbe*. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v.11, 2019.

ROCHA, C. V. C., BANDEIRA, R. A. M; CAMPOS, V. B. G. Proposta de indicadores de mobilidade para transporte urbano de carga. **Revista dos Transportes Públicos-ANTP**, Ano 39, 2017.

SEINFRA (2022). **Mapa vivo de obras**. Disponível em: <http://www.seinfra.am.gov.br/aceso-a-informacao/mapa-vivo-de-obras/>. Acesso em 21 abr. 2022.

SETTI, José Reynaldo Anselmo. **Tecnologia de transportes**, 2002.

SILVA, Rômulo Pereira; BRACARENSE, Lílian dos Santos Fontes Pereira. Impacto do tráfego de caminhões em meio urbano: o caso de palmas. **XXIX CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE DA ANPET**, OURO PRETO, 2015.

SCANIA, 2022. Disponível em: https://www.scania.com/content/dam/scanianoe/market/br/pdfs/especificações/r/R480_LA6X4_Highline_RBP835_RP835_tcm253-469594.pdf. Acesso em 21 abr. 2022.

ZIONI, S. M. **Espaços de carga na região metropolitana de São Paulo**. 296 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.