



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**CHARLES ISACKSSON MARTINS**

**CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO NOS PORTÕES PRINCIPAIS DA  
UNIFAP E PROPOSTA DE AÇÃO PARA MITIGAÇÃO DA POLUIÇÃO  
GERADA.**

**MACAPÁ-AP  
2023**

**CHARLES ISACKSSON MARTINS**

**CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO NOS PORTÕES PRINCIPAIS DA  
UNIFAP E PROPOSTA DE AÇÃO PARA MITIGAÇÃO DA POLUIÇÃO  
GERADA.**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Engenharia Civil da  
Universidade Federal do Amapá, como requisito  
obrigatório para obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil.**

**Orientador(a): Prof<sup>ª</sup>. Me. Cristina Maria Baddini Lucas.**

**MACAPÁ-AP  
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP  
Elaborado por Mário das Graças Carvalho Lima Júnior – CRB-2 / 1451

---

M386 Martins, Charles Isacksson.

Caracterização do tráfego nos portões principais da UNIFAP e proposta de ação para mitigação da poluição gerada / Charles Isacksson Martins. - Macapá, 2023.  
1 recurso eletrônico. 66 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá,  
Coordenação do Curso de Engenharia Civil, Macapá, 2023.  
Orientadora: Cristina Maria Baddini Lucas.

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Estudo de tráfego. 2. Contagem volumétrica. 3. Simulação. I. Lucas, Cristina Maria Baddini, orientadora. II. Universidade Federal do Amapá . III. Título.

CDD 23. ed. – 624

---

MARTINS, Charles Isacksson Martins. **Caracterização do tráfego nos portões principais da UNIFAP e proposta de ação para mitigação da poluição gerada.** Orientador: Cristina Maria Baddini Lucas.. 2023. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Coordenação do Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2023.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, à Universidade Federal do Amapá, aos professores que me acompanharam na caminhada acadêmica, em especial à minha orientadora Cristina Baddini, aos meus amados pais, queridos irmãos e demais familiares pelo apoio e incentivo durante esta jornada acadêmica. Agradecimento, também, à minha esposa e companheira de vida Kássia Huanne Pena de Lima Martins que sempre, de forma incansável, me incentivou com belas palavras de motivação para que este sonho de ser engenheiro se tornasse realidade.

## RESUMO

A poluição atmosférica é um dos problemas que afligem a humanidade, bem como ameaça o meio ambiente à medida que o ar se torna prejudicial à saúde das pessoas, isto porque, passa receber cargas poluentes advindas das indústrias, das queimadas e da emissão de carbono advinda do grande número de veículos que circulam nos grandes centros urbanos. O presente Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo realizar estudo de caráter científico no que concerne ao tráfego nos portões da UNIFAP através de pesquisas de fluxo e contagem volumétrica. Posteriormente, realizou-se uma simulação do tráfego, utilizando o software livre SUMO®, com a média aritmética do volume médio diário dos maiores carregamentos observados. Para tanto, a pesquisa foi desenvolvida em campo em três dias, do dia 18 a 20 de outubro de 2022, no turno da manhã, das 07h30min às 09h30min, da tarde, das 11h00min às 14h00min e a noite, das 17h00min às 19h00min. Quanto a coleta teve dois pontos: o primeiro na interseção com a Rodovia Josmar Pinto e o segundo com a Rua Amadeu Gama, nos dois sentidos, entrada e saída. Com a utilização do software para a simulação existe a possibilidade de gerar um relatório com a emissão de gases poluentes, que será utilizado para análise da emissão de CO<sub>2</sub> e será apresentada uma proposta de mitigação desses poluentes através do levantamento de quantitativo de árvores capazes de absorver estes poluentes. Através do estudo foi observado a maior utilização do portão 1, acesso pela rodovia Josmar Pinto, com maior fluxo no turno da noite, com grande índice de veículos particulares, gerando uma poluição de 6,2 toneladas em um ano.

**Palavras-chave:** Estudo de Tráfego. Contagem Volumétrica. Simulação.

## ABSTRATIC

Atmospheric pollution is one of the problems that afflict humanity, as well as threatening the environment as the air becomes harmful to people's health, because it begins to receive pollutant loads from industries, burning and carbon emissions. arising from the large number of vehicles that circulate in large urban centers. The aim of this Course Completion Work was to carry out a scientific study regarding traffic in UNIFAP areas through flow research and volumetric counting. Subsequently, a traffic simulation was carried out, using the free software SUMO®, with the arithmetic mean of the average daily volume of the largest loads transferred. To this end, the research was carried out in the field over three days, from October 18th to 20th, 2022, in the morning, from 7:30 am to 9:30 am, in the afternoon, from 11:00 am to 2:00 pm and in the evening, from 5:00 pm to 7:00 pm. As for collection, there were two points: the first at the intersection with Rodovia Josmar Pinto and the second with Rua Amadeu Gama, in both directions, entry and exit. Using the software for simulation, it is possible to generate a report with the emission of polluting gases, which will be used to analyze CO<sub>2</sub> emissions and a proposal for mitigating these emissions will be presented by surveying the number of trees capable of absorbing these pollutants. The study showed the greater use of gate 1, accessed via the Josmar Pinto highway, with greater flow at night, with a large number of private vehicles, generating pollution of 6.2 tons in one year.

**Keywords:** Traffic Study. Volumetric Counting. Simulation.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Exemplo de Poluição advinda da Natureza .....	21
<b>Figura 2</b> - Exemplo de Emissões advindas de Indústrias .....	22
<b>Figura 3</b> - Área de estudo.....	25
<b>Figura 4</b> - Especificação do Ponto 1 .....	26
<b>Figura 5</b> - Especificação do Ponto 2 .....	26
<b>Figura 6</b> - Geração de rede através do NETEDIT.....	36
<b>Figura 7</b> - Geração de fluxos e rotas .....	37
<b>Figura 8</b> - Arquivo de configuração .....	37
<b>Figura 9</b> - Relatório gerado pelo software SUMO .....	38

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Utilização dos portões .....	39
<b>Gráfico 2</b> - Tráfego médio relativo por classe.....	40
<b>Gráfico 3</b> - Quantidade de fluxo por portão .....	41
<b>Gráfico 4</b> - Tráfego médio relativo por classe no Portão 1 .....	41
<b>Gráfico 5</b> - Tráfego médio relativo por classe no Portão 2 .....	42
<b>Gráfico 6</b> - Comparação de fluxo nos horários.....	43
<b>Gráfico 7</b> - Média do Fator Horário de Pico (FHP) .....	44
<b>Gráfico 8</b> - VMD no primeiro dia de pesquisa.....	45
<b>Gráfico 9</b> - Volume médio diário em UCP no primeiro dia de pesquisa.....	46
<b>Gráfico 10</b> - FHP no primeiro dia de pesquisa .....	47
<b>Gráfico 11</b> - VMD no segundo dia de pesquisa.....	48
<b>Gráfico 12</b> - Volume médio diário em UCP no segundo dia de pesquisa .....	49
<b>Gráfico 13</b> - FHP no segundo dia de pesquisa .....	50
<b>Gráfico 14</b> - VMD no terceiro dia de pesquisa .....	51
<b>Gráfico 15</b> - Volume médio diário em UCP no terceiro dia de pesquisa .....	51
<b>Gráfico 16</b> - FHP no terceiro dia de pesquisa .....	52
<b>Gráfico 17</b> - Tráfego médio relativo por classe no Portão 1 .....	53
<b>Gráfico 18</b> - Tráfego médio relativo por classe no Portão 2.....	54
<b>Gráfico 19</b> - Volume médio diário pela manhã.....	54
<b>Gráfico 20</b> - Tráfego médio relativo por classe no Portão 1 .....	55
<b>Gráfico 21</b> - Tráfego médio relativo por classe no Portão 2.....	56
<b>Gráfico 22</b> - Volume médio diário pela tarde .....	56
<b>Gráfico 23</b> - Tráfego médio relativo por classe no Portão 1 .....	57
<b>Gráfico 24</b> - Tráfego médio relativo por classe no Portão 2.....	58
<b>Gráfico 25</b> - Volume médio diário pela noite.....	58

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Ficha de contagem volumétrica .....	29
<b>Tabela 2</b> - Valores de conversão em UCP .....	30
<b>Tabela 3</b> - Representação da tabulação no Excel.....	30
<b>Tabela 4</b> - Determinação da hora mais carregada.....	31
<b>Tabela 5</b> - Dados do primeiro dia de pesquisa, com a hora mais carregada .....	33
<b>Tabela 6</b> - Dados do segundo dia de pesquisa, com a hora mais carregada .....	34
<b>Tabela 7</b> - Dados do terceiro dia de pesquisa, com a hora mais carregada .....	34
<b>Tabela 8</b> - Média do volume de tráfego dos horários mais carregados .....	35
<b>Tabela 9</b> - Comparação de veículos poluidores .....	53

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	9
1.1. ESTRUTURA DO TRABALHO .....	10
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	12
2.1. GERAL .....	12
2.2. ESPECÍFICOS .....	12
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	13
3.1. ESTUDOS DE TRÁFEGO .....	13
3.2. PESQUISAS DE FLUXOS DE TRÁFEGO E DEFINIÇÕES .....	14
3.3. UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE SUMO .....	16
3.4. POLUIÇÃO URBANA.....	17
<b>3.4.1 Etiologia da Poluição</b> .....	18
<b>3.4.2 Causas da Poluição</b> .....	20
<b>3.4.3 Níveis de Poluição</b> .....	22
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	25
4.1. ÁREA DE ESTUDO .....	25
4.2. TIPO DE PESQUISA.....	26
4.3. ÁREA DE ABRANGÊNCIA.....	27
4.4. LEVANTAMENTO E TRATAMENTO DOS DADOS.....	27
4.5. SIMULAÇÃO NO SOFTWARE SUMO .....	32
<b>5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS</b> .....	39
5.1. DADOS GERAIS DE FLUXO NOS PORTÕES .....	39
5.2. CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO NOS DIAS PESQUISADOS.....	44
<b>5.2.1 Primeiro dia de Pesquisa</b> .....	45
<b>5.2.2 Segundo dia de Pesquisa</b> .....	48
<b>5.2.3 Terceiro dia de Pesquisa</b> .....	50
5.3. TRÁFEGO MÉDIO PELA MANHÃ .....	53
5.4. TRÁFEGO MÉDIO PELA TARDE .....	55
5.5. TRÁFEGO MÉDIO PELA NOITE .....	57
5.6. POLUIÇÃO GERADA E COMPENSAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO .....	59
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	61
6.1. OBJETIVOS DA PESQUISA RELACIONADOS AOS RESULTADOS .....	61
6.2. SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS .....	62

## 1. INTRODUÇÃO

O mundo vem passando por uma série de mudanças quanto ao seu desenvolvimento, principalmente no que diz respeito às mudanças no clima, devastação da natureza, sendo esses fatores que vem comprometendo a saúde das populações e provocando sérios danos ao meio ambiente, condição essa que vem sendo nessa perspectiva cada vez mais evidenciada a partir do desenvolvimento urbano, principalmente quando se trata de questões relacionadas ao Tráfego, uma vez que a poluição vem sendo um dos fatores que tem modificado não só a paisagem, mas também vem tornado o ar mais poluído e o tráfego mais lento, questões essas que mobilizou para essa pesquisa centrada na seguinte temática: **Caracterização do tráfego nos portões principais da UNIFAP e proposta de ação para mitigação da poluição gerada.**

A Justificativa para a realização desse estudo a priori deu-se em decorrência da necessidade de conhecer o comportamento do tráfego de veículos e pessoas nos principais portões da UNIFAP, visto que nos últimos anos é notório o aumento de demanda de acadêmicos e colaboradores, devido ao desenvolvimento dos cursos e criação de novos. Também, em reuniões que tive a oportunidade de participar sobre a discussão de elaboração do plano diretor, percebi o apelo de discentes, docentes e técnicos a necessidade de mais espaços verdes próximos aos prédios construídos para ter mais sombras, diminuir a sensação de calor, assim, resultando em maior conforto em suas atribuições.

No que diz respeito ao desenvolvimento da pesquisa essa foi realizada com base na seguinte questão problema: Qual a quantidade de veículo que circula em média por dia na área da UNIFAP? Como está o comportamento do tráfego na UNIFAP? Qual estimativa de poluição gerada com o fluxo de veículos pelos portões principais? Como mitigar o volume de poluição por esses veículos?

Dessa forma, para conhecer o fluxo de veículos que transitam na UNIFAP, foi feita a contagem volumétrica destes veículos divididos em categorias, em carro, moto, caminhão e ônibus nos dois pontos de entrada/saída que fazem interseção com a Rodovia Josmar Pinto (Ponto 1) e com a Rua Amadeu Gama (Ponto 2) em intervalos de 15 minutos. Conforme determina no

Manual de Tráfego do DNIT (2006), as contagens foram feitas em três dias: no dia 18, 19 e 20 de outubro de 2022, respectivamente terça, quarta e quinta-feira, nos períodos das 07:30 às 09:30 (manhã), das 11:00 às 14:00 (tarde) e das 17:00 às 19:00 (noite).

Foi utilizado o método de contagem manual, com pesquisadores postados ao lado das vias, munidos de contadores manuais e pranchetas com tabelas próprias para anotações, onde contavam a quantidade de veículos e pessoas que trafegavam em intervalos de 15 minutos, num total de 2 horas nos períodos da manhã e da noite e 3 horas a tarde. Os dados foram tabulados em planilhas onde constavam o volume de veículos nos intervalos de quinze minutos e os respectivos volumes horários, de veículos totais e o horário de pico.

Em seguida os dados resultantes da pesquisa de campo foram inseridos no software SUMO®, programa de licença livre que realiza simulações microscópicas, ou seja, apresenta o comportamento dos veículos em relação ao volume de tráfego estudado em determinado período de tempo. As unidades de veículos foram, para acrescentar no programa, convertidos em Unidade de Carro de Passeio (UCP). O software também gera a quantidade de gases poluentes gerados pelas viagens dos veículos.

A presente monografia visa contribuir com os estudos que fundamentam o Plano Diretor para a instituição a partir do estudo de tráfego, através da contagem volumétrica e pesquisa de fluxo, caracterizando o seu comportamento, a estimativa do volume de poluição ocasionada pelo fluxo de veículos com o relatório gerado pela simulação do software SUMO® e a mitigação para a essa poluição através da inserção de mais áreas verdes.

## 1.1. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho foi desenvolvido em seis Capítulos que apresenta discussão acerca da pesquisa de estudo de tráfego na Universidade Federal do Amapá - UNIFAP, realizada através de contagem volumétrica em três dias da semana. Posteriormente os dados levantados foram apresentados, demonstrando seus fluxos, volume médio diário, fator de horário de pico, poluição gerada e ação de mitigação para essa poluição gerada.

No primeiro Capítulo discorre a Introdução do trabalho, com a intenção de situar o leitor acerca do tema que o autor se propôs a pesquisar e apresentar a comunidade, com um pequeno resumo do que foi elaborado.

No segundo Capítulo foram apresentados os objetivos: Geral e Específicos nos quais o pesquisador pretende alcançar com a presente pesquisa.

O terceiro Capítulo traz o Referencial Teórico que embasou o presente Trabalho de Conclusão de Curso. Apresenta conceitos fundamentais para a melhor compreensão dos assuntos discorridos, estudos de pesquisadores relevantes, manuais e legislações que tratam sobre estudos de tráfego, contagens volumétricas, fluxos, poluição, aplicação em softwares e afins.

O quarto Capítulo expõe a metodologia utilizada para a elaboração do trabalho como a apresentação, especificação da área de estudo, a modalidade de pesquisa realizada com a sua tipologia e caracterização. Também foi explanado o levantamento e tratamento de dados utilizado pelo autor.

No quinto Capítulo são expostos os dados coletados com as suas análises, resultados e discussões. Apresentação dos elementos relevantes que foram observados e posteriormente tratados e que possam ser relevantes saber ao meio de conhecimento científico da sociedade em que o pesquisador está inserido. Para uma melhor análise e estudo, os dados foram inseridos em softwares que possibilitaram a tabulação, visualização e simulação dos dados gerados.

No sexto Capítulo está inserida a Conclusão compreendida a partir dados gerados e analisados em pesquisa de campo para que posteriormente possam ser utilizadas em meio acadêmico e, no que couber, na sociedade em geral. Há também propostas para futuras pesquisas, para que o tema tenha maior diversidade de conhecimentos em posteriores trabalhos. No sétimo e último Capítulo, são apresentadas as referências que contribuíram para a produção dessa pesquisa.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. GERAL**

Caracterizar e analisar o tráfego nos dois pontos principais de entrada e saída da Universidade Federal do Amapá - UNIFAP através da contagem volumétrica de veículos poluidores e o impacto que estes geram ao ambiente, apresentando possível ação para mitigação.

### **2.2. ESPECÍFICOS**

- a) Caracterizar e apresentar o fluxo nos pontos de entrada e saída da universidade;
- b) Levantar o quantitativo de emissões poluentes;
- c) Apresentar alternativas para a mitigação da poluição gerada pelos transportes que transitam na universidade.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste Capítulo apresenta-se a Revisão Bibliográfica, que descreve e discute o embasamento que a Literatura dispõe acerca do tema no que remete aos referenciais teóricos, estudos prévios, artigos técnico-científicos e legislações adotadas no país. Para estudos de tráfego, a orientação principal foi o Manual de Estudos de Tráfego, produzido em 2006 pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

#### 3.1. ESTUDOS DE TRÁFEGO

A mobilidade urbana tornou-se um dos principais problemas da sociedade contemporânea, principalmente em relação ao tráfego, pois o grande fluxo de veículos circulando nas cidades vem sendo objeto de estudos no campo da Engenharia, sendo nessa perspectiva que se destaca como um dos recursos o Estudo de Tráfego, o qual se pode compreender a partir da definição pontuada no manual do DNIT (2006, p. 23):

Os estudos de tráfego se constituem no instrumento de que se serve a Engenharia de Tráfego para atender às suas finalidades, definidas como sendo o planejamento de vias e da circulação do trânsito nas mesmas, com vistas ao seu emprego para transportar pessoas e mercadorias de forma eficiente, econômica e segura.

Trata-se nessa perspectiva de um tipo de estudo que configura como uma ferramenta utilizada para conhecer e analisar os processos e os problemas relacionados ao tráfego no que trata nessa perspectiva, de se levantar informações que possam ajudar no planejamento e organização do tráfego, para que assim, se possa organizar de forma devida a circulação dos veículos, ou seja, melhorar o trânsito, que em muitas cidades geram muitos problemas por não ser um processo planejado e organizado, condição essa tida como fundamental pela Engenharia de Tráfego.

Dessa forma, também é imperativo elucidar ainda a respeito do Estudo de Tráfego, o que sinaliza Cucci Neto (1996, p.76) ao aferir que do ponto de vista

metodológico esse tipo de estudo se realiza a partir da Detecção, Análise, Intervenção e Acompanhamento:

Esta metodologia está dividida em quatro fases: Detecção, Análise, Intervenção e Acompanhamento. Cada fase está detalhada em um dos quatro Capítulos desta Parte. A Detecção é a fase onde se seleciona o objeto de estudo e se coletam os dados que vão subsidiar a Análise. A seguinte, Análise, é aonde os dados obtidos são tratados e se aborda o problema. Ao final da Análise tem-se o diagnóstico do objeto em estudo, o que encaminhará a escolha da Intervenção. Na fase de Intervenção, procura-se a medida de Engenharia de Tráfego mais adequada à resolução do problema diagnosticado. Após a implantação da medida selecionada, inicia-se a fase do Acompanhamento, quando se verificará se os resultados obtidos correspondem às expectativas.

Com base nesse recorte fica subtendido que o Estudo de Tráfego requer etapas que colaboram para que se possam verificar os problemas gerados no trânsito, em decorrência do fluxo de carro, principalmente as vias em que não há uma organização alinhada aos padrões da Engenharia de Tráfego, pois as dificuldades podem ser amenizadas se houver o planejamento de funcionamento que evitem a emissão excessiva de carbono, que melhore a circulação dos carros, bem como otimize a circulação de pedestre e ciclista. Sendo esse um dos fatores que levou a opção por esse tipo de estudo, ou seja, entender melhor a dinâmica que envolve tráfego nos dois pontos de entrada e saída da Universidade Federal do Amapá e o impacto que este gera ao ambiente, apresentando possível ação para mitigação.

### 3.2. PESQUISAS DE FLUXOS DE TRÁFEGO E DEFINIÇÕES

Para a realização de um estudo de Fluxo de Tráfego requer uma breve definição a respeito da Engenharia de Tráfego para que assim se possa definir o que é a Pesquisa de Fluxo, bem como suas definições, para que assim se possa compreender o que é a pesquisa de fluxo e o seu papel no âmbito da Engenharia de Tráfego, sem perder de vista que os resultados do Estudo de Fluxo colaboram significativamente para a melhoria do trânsito como com a vida da população que vive nesse circuito.

Nesse sentido, é imperativo destacar os conceitos postulados a respeito a princípio da Engenharia de Tráfego, tendo como base o que se pontua:

A Engenharia de Tráfego, ramo da Engenharia de Transportes 1, lida com o planejamento, o projeto geométrico e a operação de estradas, ruas e rodovias, suas redes, seus terminais, o uso do solo adjacente e sua relação com outros modos de transportes (INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS, 1999, APUD Sérgio Junior, 2016, p. 15).

Trata-se nessa perspectiva de um campo que se particulariza dentro da Engenharia, sendo que nesse caso, é através dessa que se torna possível organizar, planejar o tráfego de forma que possa nessa perspectiva, não só melhorar o fluxo dos veículos como também da saúde da população, considerando que o tráfego tem sido apontado como um dos principais pontos para a propagação da poluição que é despejada no ar.

Tomando como base essa premissa destaca-se que para realizar algum tipo de estudo sobre o tráfego demanda o uso do Estudo de Tráfego, o qual se realiza a Pesquisa de Fluxo, sendo nesse caso importante definir esse processo, isto é, a pesquisa de fluxo de tráfego, a qual assim se define:

A pesquisa de fluxo de tráfego, por exemplo, tem objetivo de levantar a quantidade de veículo que passa por um ponto ou seção da via numa unidade de tempo. Além, disso, são citadas algumas das possíveis utilizações dos dados, para situá-los na engenharia de tráfego e possibilitar a avaliação de sua importância. (BOLETIM TÉCNICO-COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO, 1977, P. 27).

Esse recorte demonstra o que é a pesquisa no processo de Estudo de Tráfego quanto ao levantamento de dados no que diz respeito às informações que vão dar visibilidade de como funciona o fluxo de veículo numa dada via, quanto à contagem, mais especificamente no que trata a quantidade, a direção, bem como a composição do fluxo de veículo conforme pontua o Boletim Técnico de Engenharia de Tráfego num dado tempo e num dado lugar (1977).

Assim sendo, é imperativo destacar que a pesquisa é o processo que se lança mão para a obtenção de resultados para que se possa melhorar nessa perspectiva a circulação dos veículos, bem como detectar problemas que de alguma forma estejam afetando a qualidade do ar e da vida das pessoas. Nesse caso, realizar coleta de dados vai também otimizar um melhor planejamento do tráfego urbano.

### 3.3. UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE SUMO

Quando se fala em tráfego muitos desafios são apontados considerando-se, principalmente o fato que o processo de urbanização tem ocorrido de forma acelerada e com isso o fluxo nas áreas urbanas passa a gerar sérios problemas, entre os quais se destaca a poluição, fato esse que tem se buscado mitigar, ou seja, amenizar a partir dos estudos de fluxo de tráfego, campo desenvolvido no âmbito da Engenharia de Tráfego. Sendo esse estudo realizado através da pesquisa de fluxo, tendo como uma das suas ferramentas na coleta de dados o Software de Sumo.

De acordo com Krajzewicz (*et al*, 2006 APUD HEIJMEIJER, 2016, p. 41):

O SUMO é uma ferramenta de simulação desenvolvida pelo Instituto de Transporte da Alemanha com o intuito de aprimorar os resultados finais de um projeto e suas análises, além de facilitar os testes de novos algoritmos que são desenvolvidos nessa área.

Trata-se nessa perspectiva de um dispositivo criado para que se possa compreender o funcionamento do tráfego a partir do exercício de simulação de como deve ocorrer o tráfego quanto a sua funcionalidade, considerando-se nesse caso, no que diz respeito ao usuário, isto porque, o uso dessa ferramenta possibilita segundo Heijmeijer (2016, p. 41): “simulação microscópica (veículos, pedestres, bicicletas, transporte público, por exemplo); controle de tempo de semáforos (gerados automaticamente pela ferramenta ou importado de outros modelos)”. Fica assim subtendido ser então, o Software Sumo um dispositivo que agrega muito no planejamento da organização do tráfego.

Ainda, em relação à ferramenta Software Sumo vale aqui citar a concepção descrita por Witte; Fernandes; Taglialha (2018, p. 3):

A simulação realizada no software SUMO permite gerar uma quantidade considerável de resultados, sendo eles apresentados em arquivos de texto ou através de sockets para o usuário. Através da linha de comando podem-se obter os relatórios mais comuns, o de posição dos veículos, informações de viagens, rotas de veículos e estatísticas. Com base nas informações geradas a partir dos softwares de simulação de tráfego, características referentes à Engenharia de Tráfego podem ser estudadas.

Com base nessa assertiva é imperativo destacar que esse tipo de simulador ajuda a conhecer melhor o funcionamento do tráfego e a partir daí

desenvolver projetos que possam criar possibilidades de mitigar esse processo, considerando-se que assim se pode organizar de forma planejada de que forma devem estar organizadas as viagens, os percursos, bem como dados que fomentem uma base estatística cujos resultados são importantíssimos para compreender e conhecer o fluxo do tráfego de uma dada via em estudo.

De acordo com Kraizewicz et al (2002, APUD GROSBELLI; ARAÚJO; BISCONSINI et al, 2020, p. 4) sobre o SUMO® cabe destacar que: “O SUMO® é capaz de conceber simulações para pedestres, motocicletas, sistemas de transporte público, bicicletas e até de bondes, o que significa dizer que é um simulador multimodal”. Essa condição demonstra ser esse Software uma ferramenta que permite conhecer melhor o tráfego quanto ao seu fluxo no que diz respeito a como melhorá-lo considerando-se o fato de que existe uma movimentação no trânsito muitas vezes desordenada e caótica, daí a importância de se realizar pesquisa de fluxo e ter um simulador como base para realizar planejamento futuros que possam de forma direta ou indireta mitigar problemas como a poluição, tido como um dos principais problemas gerados pela circulação de veículos.

Tomando como base essa premissa destacar como é feita a Simulação é feita dentro do Sumo® de acordo com Gilberto Jr (2015, p. 43):

No SUMO, o processo de simulação do tráfego é dividido em três partes: i) a construção da malha de tráfego, em que são construídas as ruas, os semáforos e as restrições como os sentidos das vias, as conversões permitidas e proibidas e os limites de velocidade; ii) a modelagem do tráfego, em que é definido o volume e o tipo de tráfego em cada sentido e para cada momento da simulação e; iii) a simulação em si, em que juntam-se as partes anteriores para colocar o tráfego nas ruas e, por fim, coletar as informações a respeito do tráfego de veículos.

Com base nesse recorte é relevante destacar que no âmbito dessa discussão o uso do Software SUMO® tem a capacidade de produzir resultados concernentes ao fluxo do tráfego, sendo nesse caso a Simulação um dos processos através do qual se podem conhecer as demandas que envolvem a circulação de veículos em grande escala.

### 3.4. POLUIÇÃO URBANA

### 3.4.1 Etiologia da Poluição

O meio ambiente tem sido ao longo do tempo alvo de muitos debates e objeto de estudo de muitas áreas do conhecimento, principalmente no que tange a poluição, fator esse que vem não só degradando a natureza, os rios, mas também a saúde das populações, sendo essa apontada como um dos principais problemas do século XXI, e que tem mobilizado ações de combate para amenizar a circulação de material poluente.

Tomando como base essa premissa torna-se imperativo aferir que essa condição segundo Carvalho (2011, p. 123) pode ser explicada da seguinte forma:

O transporte de pessoas e mercadorias sempre esteve associado à geração de alguma forma de poluição, seja ela atmosférica sonora ou pela intrusão visual nos centros urbanos, independentemente do modal predominante. Mesmo na época do transporte à tração animal, os poucos centros urbanos do mundo sofriam com o excesso de dejetos animais nas vias, que causavam sujeira e mau cheiro. Atualmente, o transporte motorizado à combustão assumiu o papel predominante nos deslocamentos cotidianos da população, respondendo por grande parte das emissões de poluentes dos grandes centros urbanos, principalmente os originários da queima dos combustíveis fósseis.

Nesse sentido, é imperativo destacar que o problema da poluição não é uma prerrogativa dos tempos modernos, contudo com o desenvolvimento urbano essa se tornou mais densa, fato esse apontado como um dos mais graves problemas vividos pela humanidade e o que mais tem comprometido a preservação do meio ambiente. Sendo o setor de transporte considerado um dos principais agentes desse fenômeno.

Dessa forma, é importante elucidar que no âmbito dessa discussão é relevante destacar ser a poluição um fator de risco, não só para a saúde da população, mas também em relação à natureza que cada vez mais vem passando por problemas de degradação, alterando assim a temperatura do ar e ainda, causando o efeito estufa.

Sobre a poluição ressalta-se o que vem dizendo a Literatura sobre esse fenômeno:

Poluição do ar ou poluição atmosférica é a alteração das propriedades naturais da atmosfera ocasionada pela emissão de gases, materiais particulados ou agentes biológicos. A poluição do ar é causada principalmente pelas atividades antrópicas, como a queima de combustíveis fósseis por veículos terrestres e a atividade das indústrias

e usinas, embora não se restrinja a esses fatores. Fenômenos da natureza, processos biológicos de plantas e animais e as queimadas naturais emitem também gases poluentes para a atmosfera, embora se trate de um processo natural. (GUITARRARA, 2022, p. 1).

Com base nessa assertiva, fica evidenciado ser a poluição um fenômeno resultante da ação humana, uma vez que essa alteração ocorrida na atmosfera advém do movimento feito pelo homem quando desenvolvem várias atividades, entre as quais estão as queimadas, a produção industrial e ainda as produzidas pelos veículos. Trata-se nesse caso, a poluição atmosférica de um processo desencadeado a partir da produção de resíduos que se tornam poluentes ao meio ambiente e conseqüentemente, a saúde humana.

Nesse sentido, vale ressaltar no âmbito dessa discussão destacar o que são poluentes atmosféricos:

Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar: I - impróprio nocivo ou ofensivo à saúde; II - inconveniente ao bem-estar público; III - danoso aos materiais, à fauna e flora; IV - prejudicial à segurança. Ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade (BRASIL, 1990, p. 1).

Nesse sentido, é imperativo destacar ser então a poluição atmosférica a presença desses poluentes que se espalham no ar e vão de forma direta e indireta provocando reações à natureza e as pessoas, sendo, portanto, resíduos que se espalham comprometendo o ar e trazendo uma série de problemas à natureza e a vida no planeta.

É sob essa perspectiva que se pode aferir que a poluição atmosférica é resultado de uma dinâmica que perpassa nesse caso, pelo comprometimento do ar que respiramos, sendo essa uma condição que vem tomando conta do planeta, pois este é um problema de ordem mundial. Pois, é nesse contexto que tem se buscado compreender as causas da poluição, bem como o que essa gera na vida das pessoas e do meio ambiente. Sendo assim, é pertinente que se descrevam as causas que geram esse tipo de poluição.

### 3.4.2 Causas da Poluição

Conforme demonstrado no Capítulo anterior é imperativo destacar ser a poluição sonora uma das condições que tem chamado bastante atenção considerando-se o fato dessa está mexendo com a vida no planeta, à medida que tem alterado o clima, pois essa é uma discussão que esta faz parte da ordem mundial. Daí ser necessário descreve quais as causas da poluição atmosférica, questão essa pontuada nesse Capítulo.

Diferentes processos geram poluentes, tais como combustão, processos evaporativos, ressuspensão de partículas, desgaste de materiais. Os processos de queima de diversos materiais geram grandes quantidades de poluentes, incluindo os GEE. No processo da queima, há a emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos voláteis (COV), óxidos de nitrogênio (NOX) e muitos outros compostos, como o material particulado inalável (MP10), o inalável fino (MP2, 5) e o carbono negro (partículas compostas de carbono elementar oriundas de processos de queima). O material particulado é categorizado a partir do diâmetro de suas partículas, sendo o MP10 menor que 10 micrômetros e, da mesma maneira, o MP2, 5 menor do que 2,5 micrômetros. (DONALDSON *et al.*, 2001, APUD SANT'ANNA; ALENCAR; PINHEIRO *et al.*, 2021, p. 05).

É nesse contexto a poluição atmosférica um fenômeno decorrente de vários fatores, entre os quais estão os relacionados aos poluentes que são produzidos por várias substâncias que surgem em decorrências da produção de poluentes que acabam por se expandir no ar partículas resultantes de processo de combustão decorrentes de atividades industriais, queimadas e a que tem maior incidência a produção de carbono.

Ainda, sobre as causas que envolvem a poluição cabe destacar nesse sentido, o que preconizam Arbex; Santos, Martins *et al.* (2012, p. 643):

A poluição atmosférica encontra-se presente nos mais diferentes cenários ao longo dos últimos 250 anos, desde que a Revolução Industrial acelerou o processo de emissão de poluentes que, até então, estava limitado ao uso doméstico de combustíveis vegetais e minerais e às emissões vulcânicas intermitentes. Hoje, aproximadamente 50% da população do planeta vivem em cidades e aglomerados urbanos e estão expostas a níveis progressivamente maiores de poluentes do ar.

Em relação a essa proposição fica evidenciado que as causas da poluição atmosféricas estão vinculadas nessa perspectiva ao desenvolvimento humano, principalmente no que tange ao processo de urbanização, pois com essa vem o

surgimento das indústrias e de muitas atividades que geram emissão de poluentes,

Nesse cenário fica evidenciado que as causas da poluição atmosférica configuram como uma questão gerada a partir da dinâmica de uma sociedade que tem seu desenvolvimento com base em atividades industriais e grande circulação de veículos e atividades de ordem naturais.

Para ilustrar de forma mais ampla as causas da poluição atmosférica, tendo como base a descrição pontuada por Albuquerque (2020, p. 3):

### **1 Emissões naturais**

- Spray marinho
- Erupções vulcânicas
- Tempestades de areia
- Processos biológicos
- Incêndio espontâneo

**Figura 1** - Exemplo de Poluição advinda da Natureza



Fonte: Albuquerque (2020)

### **2 Emissões antrópicas**

- Veículos
- Indústrias
- Obras públicas

- Lixões
- Queimadas provocadas

**Figura 2** - Exemplo de Emissões advindas de Indústrias



Fonte: Albuquerque (2020)

Essa descrição apresentada por Albuquerque (2020) demonstra quais são os fatores que geram a poluição da atmosfera, sendo essas discriminadas em duas tipologias: **emissões naturais** (São aquelas decorrentes da natureza) e emissões antrópicas (São aquelas produzida pela ação humana). Diz respeito, portanto, a um fenômeno resultante de um movimento que agrega várias situações que precisam ser conhecidos e discutidos para amenizar esse processo, que vem modificando e comprometendo a vida no planeta, tendo em vista que são muitos altos os índices de poluição.

### **3.4.3 Níveis de Poluição**

Conforme demonstrado anteriormente a poluição atmosférica configura um dos principais problemas da contemporaneidade, principalmente no que tange aos desafios que essa impõe a qualidade de vida da população e da preservação do meio ambiente, tendo em vista que essa questão tem sido objeto de estudos quanto à necessidade de se criar mecanismos que possam reduzir esse fenômeno quanto à produção de gases poluentes, considerando-se principalmente os altos níveis em que essa vem se propagando.

Nesse sentido, fica elucidado quanto aos níveis de poluição que:

A qualidade do ar é uma medida do nível de poluentes atmosféricos à qual a população está exposta. A ciência, especialmente no campo da medicina, demonstra cada vez com maior precisão e especificidade os efeitos desses poluentes na saúde humana. Os padrões de qualidade do ar, que estabelecem um nível máximo recomendável da concentração de um poluente, são peças centrais na organização de políticas públicas e no controle da poluição nos locais onde são adotados. (SANT'ANNA; ALENCAR; PINHEIRO et al, 2021, p. 03).

Com base nesse recorte demonstra-se serem os níveis da poluição são classificados de acordo com a emissão de poluentes que se espalham pelo ar, sendo esses aferidos a partir dos padrões estabelecidos pelos órgãos ambientais, mediante o que estabelecem as leis ambientais que determinam o limite de ar que podem ser emitidos sem prejuízos à natureza e a saúde da população. Logo, subtende-se assim, que o nível é determinado pela quantidade de gás emitido na atmosfera.

Frente a essa assertiva vale destacar no âmbito dessa discussão serem os níveis de poluição um ponto que dar visibilidade ao momento em que essa se torna uma ameaça para o bem-estar das pessoas e do meio ambiente.

Com base nessa assertiva torna-se imperativo destacar sobre os níveis da poluição:

As novas diretrizes da OMS recomendam níveis de qualidade do ar para 6 poluentes — aqueles para os quais houve o maior aumento de evidências demonstrando que a exposição causa efeitos nocivos à saúde. Agir sobre esses poluentes, os chamados clássicos — partículas inaláveis ou material particulado fino (MP), ozônio (O<sub>3</sub>), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e monóxido de carbono (CO) — também tem impacto sobre outros poluentes prejudiciais. (OPAS-ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, 20121, p. 1).

Os níveis de poluição correspondem nessa perspectiva, ao fator maior de emissão e o grau de comprometimento a saúde da população e aos danos causados ao meio ambiente, considerando, portanto, que cada poluente apresenta um grau de partícula que quando inalada traz muitas consequências para a vida no planeta, principalmente em relação a saúde das pessoas e ao meio ambiente. Também é importante destacar que os níveis de poluição nesse caso, são determinados pela quantidade da produção de material particularizado.

Frente a essa assertiva destaca-se que a poluição é um dos principais problemas de ordem ambiental, sendo essa gerada em decorrência de vários fatores, tendo em vista muitos resultados da ação humana e; outros em

decorrência da urbanização, condição essa que remete ao destaque a provocada pela circulação de veículos. Essa condição é apontada por Cesar et al (2013, APUD DAPPER; SPOHR; ZANINI, 2016, p. 83) ao apontar que: “O número crescente da circulação de veículos no mundo e as atividades industriais são fatores que contribuem fortemente para a poluição da atmosfera”. Esse cenário já se tornou comum em muitas cidades, o que vem mobilizando para a busca de soluções para amenizar, a produção de agentes poluentes, sendo esses pontos de atenção para a realização de Estudo de Tráfego, bem como uma forma obter informações a respeito do nível de poluição resultante da alta circulação de veículos, sendo essa uma das premissas para se buscar estratégia que colaborem para a mitigação da poluição.

Dessa forma, faz-se necessário destacar os pressupostos metodológicos estabelecidos para a realização da coleta de dados a partir dos estudos de tráfego na área da Universidade Federal do Amapá - UNIFAP para elaboração de proposta de ação para mitigação da poluição gerada.

Sobre a Universidade Federal do Amapá-UNIFAP é importante destacar que a priori essa surgiu como uma Fundação, a qual iniciou suas atividades mais precisamente no ano de 1970, sendo que como um Núcleo Avançado de Ensino (NEM), o qual estava vinculado a então Universidade Federal do Pará-UFPA (JUNIOR, 2015).

Também é pertinente salientar que a UNIFAP atualmente possui autonomia própria, pois deixou um Núcleo e passou a ser, segundo Junior (2015), uma Fundação Pública sem fins lucrativos, bem como passou a ser integrante da Administração Federal Indireta. Trata-se, portanto, de uma instituição cuja base é o Ensino Superior, a qual é mantida pela União. Está a mesma situada, quanto ao seu campo-sede, no município de Macapá, Estado do Amapá, extremo norte do Brasil, tendo como endereço: Rodovia Juscelino Kubitschek, km 02, no Bairro Jardim Marco Zero.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. ÁREA DE ESTUDO

A presente monografia se restringiu ao Estudo de Tráfego nos portões de acesso à Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) em três dias da semana. O Ponto 1 refere-se ao acesso pela Rodovia Josmar Chaves Pinto, nos dois sentidos – de entrada e saída. Enquanto que o Ponto 2 refere-se ao acesso pela rua Amadeu Gama, pelo bairro Universidade nos sentidos de entrada e saída.

Dessa forma, esse estudo foi realizado por meio de visitas nos locais que foram definidos como pontos de observações e de contagens e por meio de utilização do programa Google Maps, foi possível obter o levantamento da infraestrutura da via em estudo, assim como o comportamento dos seus usuários, para que posteriormente, fossem realizados os estudos apresentados nesta monografia. A seguir apresenta-se a área geral de estudo, com a especificação desta, com os respectivos sentidos analisados.

**Figura 3** - Área de estudo



Fonte: Google Maps com adaptação do autor

**Figura 4** - Especificação do Ponto 1

Fonte: Google Maps com adaptação do autor

**Figura 5** - Especificação do Ponto 2

Fonte: Google Maps com adaptação do autor

## 4.2. TIPO DE PESQUISA

As Contagens Volumétricas visam determinar a quantidade, o sentido e a composição do fluxo de veículos que passam por um ou vários pontos

selecionados do sistema viário, numa determinada unidade de tempo (DNIT, 2006). Assim, o trata-se de uma pesquisa de caráter quantitativo, levando-se em consideração a necessidade de realizar as contagens propriamente ditas nos pontos de coletas definidos. De acordo com Silva e Simon (2005) a pesquisa quantitativa deve ser utilizada quando existir um problema bem definido com informações e teorias suficientes a respeito do objeto de estudo.

Como o estudo que embasa o presente trabalho parte da observação “*in loco*” com levantamento em campo e estudo de caso, a metodologia foi do tipo pesquisa descritiva, com a finalidade de posteriormente representar o que foi observado nos pontos de contagens. As pesquisas descritivas objetivam a descrição de determinada população, fenômeno ou estabelecimento de relações entre as variáveis (BARBOSA, 2006).

Para a análise e aplicação dos dados coletados em campo, realizou-se também levantamento em pesquisas bibliográficas já publicadas por pesquisadores do mundo científico. A pesquisa bibliográfica, para Fonseca (2002), é realizada a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites.

#### 4.3. ÁREA DE ABRANGÊNCIA

Esta monografia abrange a área de Engenharia de Transportes, mais especificamente a área de Estudo de Tráfego, auxiliando no planejamento e dimensionamento de vias rodovias.

#### 4.4. LEVANTAMENTO E TRATAMENTO DOS DADOS

Com o objetivo de realizar um breve Estudo de Tráfego de veículos que transitam pelos portões de acesso da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), foi realizada uma pesquisa de Fluxos de Tráfego, através da contagem volumétrica em três dias da semana: terça, quarta e quinta-feira, nos dias 18, 19 e 20 de outubro de 2022.

Convencionou-se realizar as pesquisas nesses períodos de dias da semana (terça, quarta e quinta-feira) para conter as variações de segunda e

sexta-feira, dias próximos do final de semana. De acordo com o Manual de Estudos de Tráfego, disponibilizado pelo DNIT (2006), normalmente os fluxos de tráfego de terça, quarta e quinta-feira são aproximadamente iguais, enquanto o de segunda-feira é ligeiramente inferior à sua média e o de sexta-feira ligeiramente superior.

As contagens foram realizadas nos dois portões de acesso à UNIFAP. O Portão 1, também chamado de Ponto 1, está localizado na Rodovia Josmar Chaves Pinto. Já o Portão 2, também denominado Ponto 2, está localizado na Rua Amadeu Gama, no bairro Zerão.

Em cada um destes pontos as contagens volumétricas ocorreram nos três turnos durante os três dias de pesquisa. Pela observação dos horários de picos em relação aos turnos de horários de aula da Universidade, convencionou-se que o primeiro turno seria das 7:30 às 9:30, o segundo turno das 11:00 às 14:00 e o último, das 17:00 às 19:00. Para termos de denominação, o primeiro turno será mencionado no decorrer do trabalho de manhã, o segundo de tarde e o terceiro turno de noite. As contagens foram divididas em intervalos de 15 minutos, para, conforme menciona o Manual de Estudo de Tráfego (DNIT, 2006), determinar as variações dentro da própria hora de pico.

Em cada ponto de acesso (Ponto 1 e Ponto 2), nos três turnos de pesquisa, existiam três pesquisadores voluntários munidos de contadores manuais, pranchetas, canetas e uma ficha de contagem volumétrica (tabela 1) com os parâmetros para contagem definidos anteriormente, com o intervalo (15 minutos) dentro do turno (manhã, tarde e noite). Ou seja, em cada turno existiam seis pesquisadores, três para cada ponto de pesquisa.

**Tabela 1** - Ficha de contagem volumétrica

<b>VIA:</b>								
<b>SEGMENTO:</b>								
<b>DATA:</b>				<b>SENTIDO:</b>				
<b>RESPONSÁVEL:</b>								

<b>INTERVALO</b>	07:30 07:45	07:45 08:00	08:00 08:15	08:15 08:30	08:30 08:45	08:45 09:00	09:00 09:15	09:15 09:30
<b>CARRO</b>								
<b>MOTO</b>								
<b>CAMINHÃO</b>								
<b>ÔNIBUS</b>								
<b>PEDESTRES</b>								
<b>CICLISTAS</b>								
<b>TOTAL</b>								
<b>%</b>								

**Fonte:** Própria (2022)

Para cada grupo de pesquisadores foram distribuídos seis contadores manuais. O contador era acionado cada vez que uma classe de fluxo (carro, moto, pedestre/ciclista, caminhão ou ônibus) ultrapassava pelo ponto definido – no sentido de entrada ou saída. Por exemplo, uma pessoa era responsável pela contagem da entrada de pedestre e saída de moto; enquanto que outro contava a saída de pedestre e entrada de carro; o terceiro contava a saída de carro e entrada de moto. Enquanto que entrada e saída de caminhões e ônibus, por ser mais escasso, era observado por todo o grupo. Convencionou-se agrupar pedestres e ciclistas por não causarem poluição ao meio.

Esse acionamento ao botão do contador era em um intervalo de 15 minutos, dentro do horário do turno definido. Por exemplo, o turno que iniciou às 7:30, foi acionado dentro do intervalo: 7:30 – 7:45; 7:45 – 8:00; 8:00 – 8:15; 8:15 – 8:30; 8:30 – 8:45; 8:45 – 9:00; 9:00 – 9:15; 9:15 – 9:30. Sem a necessidade de o contador ser reiniciado em cada contagem dentro do intervalo. Cada decorrer de 15 minutos, o valor que se apresentasse no visor do contador era inserido no espaço correspondente de tempo na ficha. Ao final, esses valores inseridos nos intervalos foram subtraídos dos subsequentes.

#### VOLUME MÉDIO DIÁRIO (VMD):

O Volume médio diário (VMD) inicialmente foi calculado considerando todas as classes de tráfego possíveis (carro, moto, pedestre/ciclista, caminhão

e ônibus) para obter os dados gerais de tráfego no referido horário de pico, com os seus períodos de tempo definidos. Desta forma, foi contada a quantidade de veículos que passaram pela via num intervalo geral de duas horas pela manhã e noite e três pela noite.

Para inserir ao software SUMO, para posterior simulação de tráfego e poluição gerada, desconsideraram-se pedestres/ciclistas. Nesta situação, é necessário realizar uma conversão em “Unidades de Carro de Passeio”, abreviado por UCP. Lembrando que é considerado o intervalo de 15 minutos para não haver o superdimensionamento nem o subdimensionamento da via, conforme a recomendação do Manual de Estudo de Tráfego do DNIT.

Para a conversão dos veículos em volume de veículos de tráfego misto (Unidade de Tráfego Misto – UTM) em Unidades de Carro de Passeio (UCP), utilizam-se os seguintes fatores:

**Tabela 2 - Valores de conversão em UCP**

Carro	Ônibus	Caminhão	Moto
1	1,5	1,5	1

Fonte: DNIT, 2007

**Tabela 3 - Representação da tabulação no Excel**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPA														
2	DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS														
3	CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL														
4	ESTUDO DE TRAFEGO UNIFAP														
5															
6	VIA:	ROD. JOSMAR (FRENTE)													
7	SEGMENTO:	PORTAO 1													
8	DATA:	18/10/2022	SENTIDO:		ENTRADA										
9	RESPONSÁVEL:														
10															
11	INTERVALOS	07:30 07:45	07:45 08:00	08:00 08:15	08:15 08:30	08:30 08:45	08:45 09:00	09:00 09:15	09:15 09:30				VOLUME TOTAL	%	
12	CARRO	42	47	60	63	41	29	38	29				349	52,25%	
13	MOTO	8	9	11	6	4	11	8	2				59	8,83%	
14	CAMINHÃO	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0,00%	
15	SR/RE	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0,00%	
16	ÔNIBUS	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0,00%	
17	PEDESTRE	23	77	21	39	45	11	6	38				260	38,92%	
18	CICLISTA	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0,00%	
19	TOTAIS	73	133	92	108	90	51	52	69				668	100,00%	
20	%	10,93%	19,91%	13,77%	16,17%	13,47%	7,63%	7,78%	10,33%				100,00%	0	
21	CONVERSÃO - UCP													Total UCP	%
22	CARRO	42	47	60	63	41	29	38	29				349	85,54%	
23	MOTO	8	9	11	6	4	11	8	2				59	14,46%	
24	CAMINHÃO	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0,00%	
25	SR/RE	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0,00%	
26	ÔNIBUS	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0,00%	
27	TOTAIS	50	56	71	69	45	40	46	31				408	100,00%	
28	%	12,25%	13,73%	17,40%	16,91%	11,03%	9,80%	11,27%	7,60%				100,00%		
29															
30															

Fonte: Própria (2022)

## DETERMINAÇÃO DA HORA MAIS CARREGADA:

A hora mais carregada foi calculada somando os valores de cada quartil de hora, a partir dos 15 minutos calculados, considerando a conversão em UCP. Ou seja, no intervalo de hora das 07h30min às 08h30min somam-se os valores do volume em UCP de cada 15 minutos. Com os resultados das somatórias dos quartos de hora, é possível calcular o Fator de Horário de Pico (FHP). Como exemplo de cálculo, considerando as informações da tabela 3, chegamos nos dados da tabela 4, onde é possível observar que a hora mais carregada é das 7:30 às 8:30 (246 veículos por hora - VPH) e os 15 minutos mais carregados no período de duas horas de pesquisa é das 8:00 às 8:15 (tabela 3). Com esses valores, podemos calcular o fator horário de pico (FHP). (DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de Estudos de Tráfego, 2006).

**Tabela 4** - Determinação da hora mais carregada

Determinação da hora mais carregada	
Intervalo	Total de Veículos em UCP
7:30 - 8:30	246
7:45 - 8:45	241
8:00 - 9:00	225
8:15 - 9:15	200
8:30 - 9:30	162
<b>Hora mais carregada</b>	<b>246</b>
<b>15 + carregados</b>	<b>71</b>

Fonte: Própria (2022)

## FATOR HORÁRIO DE PICO (FHP):

A quantidade de veículos que transitam por uma via não é uniforme durante o intervalo de tempo pesquisado. Logo, para medir esta flutuação, é calculado o fator horário de pico. Para efeito de cálculo, utiliza-se o valor da hora mais carrega dividido pelo quádruplo dos 15 minutos mais carregados. Para este cálculo, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$FHP = \frac{V_{hp}}{4 \cdot V_{15max}}$$

Fator Horário de Pico (Fonte: DNIT, 2006)

Onde:

**FHP:** fator horário de pico;

**VHP:** volume da hora de pico (a hora mais carregada)

**V15max:** volume do período de quinze minutos com maior fluxo de tráfego dentro da hora de pico (15 + carregados).

Segundo o Manual de Estudo de Tráfego (DNIT, 2006), O FHP se altera entre 0,25 e 1,00, no primeiro caso o fluxo fica centralizado em um dos períodos de 15 minutos e no segundo caso representa o fluxo totalmente uniforme. Ambas as situações são quase que impossíveis de ocorrer, sendo que é mais comumente observado os valores de FHP na média de 0,75 a 0,90.

#### 4.5. SIMULAÇÃO NO SOFTWARE SUMO

Neste tópico serão apresentadas as informações acerca dos dados que foram inseridos no software SUMO, utilizado para a análise da pesquisa, assim como os comandos usados para a simulação no ambiente virtual para gerar os resultados de acordo com o observado durante período de estudo, com os relatórios que esta importante ferramenta proporciona para os estudos de tráfego.

Para alimentar o programa, foram utilizados os dados de volume médio diário (VMD) considerado no intervalo de tempo do estudo: duas horas pela manhã (das 07h30min às 09h30min), três horas pela tarde (das 11h00min às 14h00min) e duas pela noite (17h00min às 19h00min), com a média dos três dias de pesquisa no mês de outubro de 2022: 18, 19 e 20. Além de considerar a velocidade média definida para trafegar na UNIFAP de 30 km/h.

Para a análise em simulação no software, foi considerada a média aritmética das horas mais carregadas em cada um dos dias de pesquisa, para posteriormente realizar a estimativa de emissão de gases poluentes, também conhecido como Gases de Efeito Estufa (GEEs). Para a soma das horas mais carregadas, foi considerado a soma do fluxo nos dois sentidos da via, em cada um dos pontos de estudo, e convertidos em unidade de carro de passeio (UCP).

A hora mais carregada no primeiro dia de pesquisa ocorreu no turno da noite, no último horário de contagem, das 18h00min às 19h00min com um volume de 766 UCPs, como está destacado na tabela 5. No segundo dia de

estudo, a hora mais carregada se deu no primeiro turno, das 07h30min às 08h30min, com 623,5 UCP, conforme a tabela 6 demonstra. Já no terceiro dia de pesquisa, o horário de maior carregamento ocorreu pela noite, das 17h30min às 18h30min, com 699 UCP.

**Tabela 5** - Dados do primeiro dia de pesquisa, com a hora mais carregada

DETERMINAÇÃO DA HORA MAIS CARREGADA		
INTERVALOS	Volume total de veículo (UCP)	Hora mais carregada
7:30 - 8:30	610	610
7:45 - 8:45	557	
8:00 - 9:00	497	
8:15 - 9:15	407	
8:30 - 9:30	340	
11:00 - 12:00	415	677,5
11:15 - 12:15	476,5	
11:30 - 12:30	514,5	
11:45 - 12:45	487,5	
12:00 - 13:00	489,5	
12:15 - 13:15	468,5	
12:30 - 13:30	497,5	
12:45 - 13:45	574,5	
13:00 - 14:00	677,5	
17:00 - 18:00	589	766
17:15 - 18:15	685	
17:30 - 18:30	709	
17:45 - 18:45	740	
18:00 - 19:00	766	

Fonte: Própria (2023)

**Tabela 6** - Dados do segundo dia de pesquisa, com a hora mais carregada

**DETERMINAÇÃO DA HORA MAIS CARREGADA**

INTERVALOS	Volume total de veículo (UCP)	Hora mais carregada
<b>7:30 - 8:30</b>	<b>623,5</b>	<b>623,5</b>
7:45 - 8:45	577	
8:00 - 9:00	548,5	
8:15 - 9:15	492	
8:30 - 9:30	395	
11:00 - 12:00	373	<b>507,5</b>
11:15 - 12:15	462,5	
11:30 - 12:30	502,5	
11:45 - 12:45	482,5	
12:00 - 13:00	446,5	
12:15 - 13:15	384,5	
12:30 - 13:30	371,5	
12:45 - 13:45	419,5	
13:00 - 14:00	507,5	<b>617,5</b>
17:00 - 18:00	540,5	
17:15 - 18:15	564,5	
17:30 - 18:30	596,5	
17:45 - 18:45	617,5	
18:00 - 19:00	606	

Fonte: Própria (2023)

**Tabela 7** - Dados do terceiro dia de pesquisa, com a hora mais carregada

**DETERMINAÇÃO DA HORA MAIS CARREGADA**

INTERVALOS	Volume total de veículo (UCP)	Hora mais carregada
7:30 - 8:30	548,5	<b>548,5</b>
7:45 - 8:45	506,5	
8:00 - 9:00	506	
8:15 - 9:15	477,5	
8:30 - 9:30	418,5	
11:00 - 12:00	389,5	<b>595</b>
11:15 - 12:15	507	
11:30 - 12:30	540	
11:45 - 12:45	534	
12:00 - 13:00	512	
12:15 - 13:15	394,5	
12:30 - 13:30	424,5	
12:45 - 13:45	490,5	
13:00 - 14:00	595	<b>699</b>
17:00 - 18:00	601,5	
17:15 - 18:15	673	
<b>17:30 - 18:30</b>	<b>699</b>	
17:45 - 18:45	651	
18:00 - 19:00	698	

Fonte: Própria (2023)

**Tabela 8** - Média do volume de tráfego dos horários mais carregados

MÉDIA DO VOLUME				
LOCAL: UNIFAP	PORTÃO 1		PORTÃO 2	
INTERVALO (H-H)	ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA
18:00 - 18:15	77	62	25	37
18:15 - 18:30	67	54	25	33
18:30 - 18:45	81	49	23	39
18:45 - 19:00	74	56	23	42
<b>Total + carreg.</b>	<b>299</b>	<b>221</b>	<b>96</b>	<b>151</b>
Data: 18/10/2022				
07:30 - 07:45	62	28	45	39
07:45 - 08:00	49	16	44	41
08:00 - 08:15	65	23	35	30
08:15 - 08:30	72	26	31	18
<b>Total + carreg.</b>	<b>248</b>	<b>93</b>	<b>155</b>	<b>128</b>
Data: 19/10/2022				
17:30 - 17:45	37	105	25	41
17:45 - 18:00	39	17	20	31
18:00 - 18:15	61	76	25	44
18:15 - 18:30	58	67	19	34
<b>Total + carreg.</b>	<b>195</b>	<b>265</b>	<b>89</b>	<b>150</b>
Data: 20/10/2022				
<b>Méd. total + carreg.</b>	<b>247</b>	<b>193</b>	<b>113</b>	<b>143</b>

Fonte: Própria (2023)

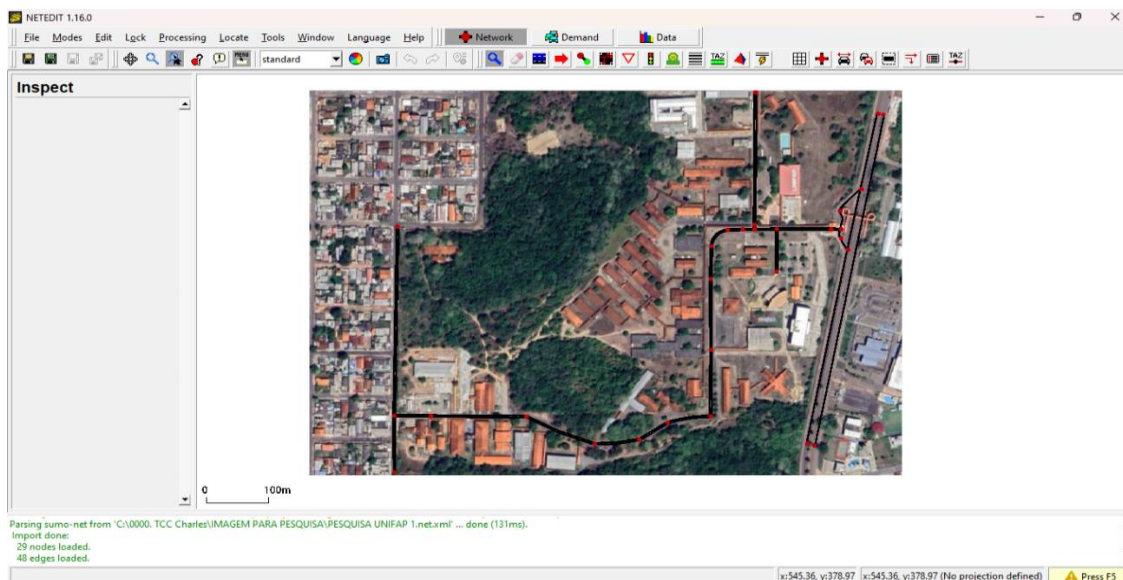
Os volumes dos horários mais carregados de cada dia de pesquisa foram separados para calcular a média (tabela 8). O resultado desta média foi utilizado para realizar a simulação e, em consequência, gerar o relatório de poluição gerada, que para a pesquisa interessou o volume de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) emitido.

Para um melhor estudo e posterior diagnóstico, estes valores foram considerados somente o quantitativo dos veículos, convertidos em uma só unidade, denominada: unidades de carro de passeio (UCP). E visto que o trabalho também possui o interesse de levantar o quantitativo de gases poluentes, estes dados dos veículos que emitem gases nocivos são relevantes para as discussões e os resultados da pesquisa.

Para a inserção da área selecionada para estudo no software SUMO é necessário gerar um ambiente de rede, composto por ferramentas editáveis nós e arestas, representando as interseções e as vias, respectivamente. Após definir a área de estudo, que nesta pesquisa foi desenvolvida com o auxílio do Google Maps (figura 3), foi inserido através do aplicativo NETEDIT, presente nos

próprios diretórios internos ao instalar o programa SUMO. As interseções e as vias foram criadas com a ferramenta “creat edge mode” sobre a imagem, clicando e arrastando de acordo com o sentido das vias observadas, capturada e anexada do Google Maps. Ao salvar o arquivo é gerado com o formato XML (figura 6).

**Figura 6 - Geração de rede através do NETEDIT**



**Fonte:** Própria (2023)

Para modelar as rotas e os fluxos dos veículos percebidos na pesquisa de campo no programa, foi necessário criar um arquivo de extensão “XML” (figura 7), onde foram definidos o tipo de veículo, a cor, o período de tempo do estudo, a quantidade, o modo de trafegabilidade com as preferências das vias e as rotas, estas podendo ser especificada o caminho por onde seguir ou somente com os pontos de partida e chegada.

### Figura 7 - Geração de fluxos e rotas

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<routes>
  <vType id="Carro" length="5.0" minGap="2.5" />
  <?MAIS_CARREGADO?>
  <?Entrada_P1_AZUL?>
    <flow id="Fluxo1" color="0,51,102" begin="0" end="3600" vehsPerHour="54" type="Carro" departLane = "random" from="2" to="13" />
    <flow id="Fluxo2" color="0,51,102" begin="0" end="3600" vehsPerHour="54" type="Carro" departLane = "random" from="2" to="8" />
    <flow id="Fluxo3" color="0,51,102" begin="0" end="3600" vehsPerHour="53" type="Carro" departLane = "random" from="2" to="E4" />
    <flow id="Fluxo4" color="0,51,102" begin="0" end="3600" vehsPerHour="53" type="Carro" departLane = "random" from="2" to="E6" />
    <flow id="Fluxo5" color="0,51,102" begin="0" end="3600" vehsPerHour="53" type="Carro" departLane = "random" from="2" to="35" />
  <?Saida_P1_VERMELHO?>
    <flow id="Fluxo6" color="255,0,0" begin="0" end="3600" vehsPerHour="32" type="Carro" departLane = "random" from="-36" to="-2" />
    <flow id="Fluxo7" color="255,0,0" begin="0" end="3600" vehsPerHour="32" type="Carro" departLane = "random" from="-30" to="-2" />
    <flow id="Fluxo8" color="255,0,0" begin="0" end="3600" vehsPerHour="32" type="Carro" departLane = "random" from="-13" to="-2" />
    <flow id="Fluxo9" color="255,0,0" begin="0" end="3600" vehsPerHour="31" type="Carro" departLane = "random" from="-8" to="-2" />
    <flow id="Fluxo10" color="255,0,0" begin="0" end="3600" vehsPerHour="31" type="Carro" departLane = "random" from="E6" to="-2" />
    <flow id="Fluxo11" color="255,0,0" begin="0" end="3600" vehsPerHour="31" type="Carro" departLane = "random" from="-35" to="-2" />
  <?Entrada_P2_VERDE?>
    <flow id="Fluxo12" color="0,153,51" begin="0" end="3600" vehsPerHour="13" type="Carro" departLane = "random" from="-32" to="13" />
    <flow id="Fluxo13" color="0,153,51" begin="0" end="3600" vehsPerHour="13" type="Carro" departLane = "random" from="-32" to="8" />
    <flow id="Fluxo14" color="0,153,51" begin="0" end="3600" vehsPerHour="13" type="Carro" departLane = "random" from="-32" to="E4" />
    <flow id="Fluxo15" color="0,153,51" begin="0" end="3600" vehsPerHour="13" type="Carro" departLane = "random" from="-32" to="E6" />
    <flow id="Fluxo16" color="0,153,51" begin="0" end="3600" vehsPerHour="13" type="Carro" departLane = "random" from="-32" to="35" />
  </routes>
</?>
```

Fonte: Própria (2023)

Para realizar a execução da simulação no programa SUMO foi necessário criar um arquivo de configuração inicialmente no bloco de notas e em seguida salvo na extensão “.sumocfg” para vincular o arquivo editado no aplicativo NETEDIT e o arquivo de fluxos e rotas, ambos com os formatos “XML”, com o tempo definido para a simulação (figura 8).

### Figura 8 - Arquivo de configuração

```
<?xml version="1.0" encoding="iso-8859-1"?>
<configuration xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:noNamespaceSchemaLocation="http://sumo.sf.net/xsd/sumoConfiguration.xsd">
  <input>
    <net-file value="unifap.net.xml"/>
    <route-files value="Fluxos1.rou.xml"/>
  </input>
  <time>
    <begin value="0"/>
    <end value="3600"/>
  </time>
  <time-to-teleport value="-1"/>
  <output>
    <tripinfo-output value="tripinfosCenario1.xml"/>
    <summary-output value="summaryCenario1.xml"/>
    <vehroute-output value="vehroutesCenario1.xml"/>
    <emission-output value="EmissionOutputCenario1.xml"/>
  </output>
  <report>
    <xml-validation value="never"/>
    <duration-log.disable value="true"/>
    <no-step-log value="true"/>
  </report>
</configuration>
```

Fonte: Própria (2023)

Para gerar os dados de saída, que são os relatórios que o SUMO proporciona ao pesquisador de estudo de tráfego ao adicionar os dados de entrada citados anteriormente, é preciso inserir comandos no arquivo de configuração salvo na extensão “.sumocfg”, que são: “tripinfo”, “summary”, “vehroute” e “emission”. Com esses comandos o programa retorna os relatórios com informações sobre as rotas dos veículos, o tempo de partida e chegada dos veículos, duração de viagens e emissão de poluentes.

**Figura 9 - Relatório gerado pelo software SUMO**

time	id	eclass	CO2	CO	HC	NOx	PMx	fuel	electricity	noise	route	type	waiting	lane	pos	speed	angle	x	y
0	Fluxo1.0	HBEFA3/PC_G_EU4	2624,72	164,78	0,81	1,2	0,07	837,22	0	55,94	!Fluxo1.0!var#1	Carro	0	2_0	5,1	0	223,68	448,15	206,82
0	Fluxo10.0	HBEFA3/PC_G_EU4	2624,72	164,78	0,81	1,2	0,07	837,22	0	55,94	!Fluxo10.0!var#1	Carro	0	-E6_0	3,55	0	121,79	211,01	-68,49
0	Fluxo11.0	HBEFA3/PC_G_EU4	2624,72	164,78	0,81	1,2	0,07	837,22	0	55,94	!Fluxo11.0!var#1	Carro	0	-35_0	5,1	0	269,8	228,44	59,05
0	Fluxo12.0	HBEFA3/PC_G_EU4	2624,72	164,78	0,81	1,2	0,07	837,22	0	55,94	!Fluxo12.0!var#1	Carro	0	-32_0	5,1	0	90,21	-274,87	-184,29
0	Fluxo6.0	HBEFA3/PC_G_EU4	2624,72	164,78	0,81	1,2	0,07	837,22	0	55,94	!Fluxo6.0!var#1	Carro	0	-36_0	5,1	0	0	324,49	74,84
0	Fluxo7.0	HBEFA3/PC_G_EU4	2624,72	164,78	0,81	1,2	0,07	837,22	0	55,94	!Fluxo7.0!var#1	Carro	0	-30_0	5,1	0	180,11	-172,23	-138,55
0	Fluxo8.0	HBEFA3/PC_G_EU4	2624,72	164,78	0,81	1,2	0,07	837,22	0	55,94	!Fluxo8.0!var#1	Carro	0	-13_0	5,1	0	90,18	173,79	153,66
0	Fluxo9.0	HBEFA3/PC_G_EU4	2624,72	164,78	0,81	1,2	0,07	837,22	0	55,94	!Fluxo9.0!var#1	Carro	0	-8_0	5,1	0	180,36	287,1	378,21
1	Fluxo1.0	HBEFA3/PC_G_EU4	3427,3	147,82	0,75	1,53	0,08	1093,19	0	65,45	!Fluxo1.0!var#1	Carro	0	2_0	7,09	1,99	223,68	446,78	205,38
1	Fluxo10.0	HBEFA3/PC_G_EU4	3467,5	147,97	0,76	1,55	0,08	1106,01	0	65,65	!Fluxo10.0!var#1	Carro	0	-J21_3_0	2,03	2,03	86,71	213,02	-68,2
1	Fluxo11.0	HBEFA3/PC_G_EU4	2920,66	148,29	0,74	1,31	0,07	931,6	0	62,25	!Fluxo11.0!var#1	Carro	0	-35_0	6,42	1,32	269,8	227,12	59,05
1	Fluxo12.0	HBEFA3/PC_G_EU4	3644,83	148,83	0,76	1,63	0,08	1162,57	0	66,49	!Fluxo12.0!var#1	Carro	0	-32_0	7,31	2,21	90,21	-272,66	-184,3
1	Fluxo6.0	HBEFA3/PC_G_EU4	3068,49	147,53	0,74	1,37	0,07	978,75	0	63,35	!Fluxo6.0!var#1	Carro	0	-36_0	6,65	1,55	0	324,49	76,39
1	Fluxo7.0	HBEFA3/PC_G_EU4	3340,17	147,57	0,75	1,49	0,07	1065,4	0	64,99	!Fluxo7.0!var#1	Carro	0	-30_0	6,99	1,89	180,11	-172,23	-140,44
1	Fluxo8.0	HBEFA3/PC_G_EU4	3421,84	147,81	0,75	1,53	0,08	1091,45	0	65,42	!Fluxo8.0!var#1	Carro	0	-13_0	7,08	1,98	90,18	175,77	153,66
1	Fluxo9.0	HBEFA3/PC_G_EU4	3220,52	147,38	0,75	1,44	0,07	1027,24	0	64,31	!Fluxo9.0!var#1	Carro	0	-8_0	6,85	1,75	180,36	287,09	376,46
2	Fluxo1.0	HBEFA3/PC_G_EU4	3623,24	128,87	0,67	1,58	0,07	1155,68	0	63,9	!Fluxo1.0!var#1	Carro	0	2_0	10,57	3,48	223,68	444,37	202,87
2	Fluxo10.0	HBEFA3/PC_G_EU4	4956,64	142,84	0,77	2,18	0,11	1580,96	0	68,21	!Fluxo10.0!var#1	Carro	0	-J21_3_0	6,45	4,42	70,24	217,05	-66,63
2	Fluxo11.0	HBEFA3/PC_G_EU4	4732,49	146,76	0,78	2,09	0,1	1509,47	0	68,44	!Fluxo11.0!var#1	Carro	0	-J19_3_0	1,53	3,82	272,27	223,32	59,25
2	Fluxo12.0	HBEFA3/PC_G_EU4	4904,19	140,52	0,76	2,16	0,1	1564,23	0	67,87	!Fluxo12.0!var#1	Carro	0	-32_0	11,81	4,51	90,21	-268,16	-184,31
2	Fluxo6.0	HBEFA3/PC_G_EU4	2624,72	164,78	0,81	1,2	0,07	837,22	0	55,94	!Fluxo6.0!var#1	Carro	0	-E6_0	3,55	0	121,79	211,01	-68,49
2	Fluxo7.0	HBEFA3/PC_G_EU4	3659,19	133,88	0,7	1,6	0,08	1167,15	0	64,44	!Fluxo7.0!var#1	Carro	0	-36_0	9,84	3,19	0	324,49	79,58
2	Fluxo8.0	HBEFA3/PC_G_EU4	4797,56	142,19	0,76	2,11	0,1	1530,22	0	67,91	!Fluxo8.0!var#1	Carro	0	-30_0	11,22	4,23	180,11	-172,24	-144,67
2	Fluxo9.0	HBEFA3/PC_G_EU4	4628,31	139,33	0,74	2,04	0,1	1476,24	0	67,31	!Fluxo9.0!var#1	Carro	0	-13_0	11,27	4,19	90,18	179,96	153,64

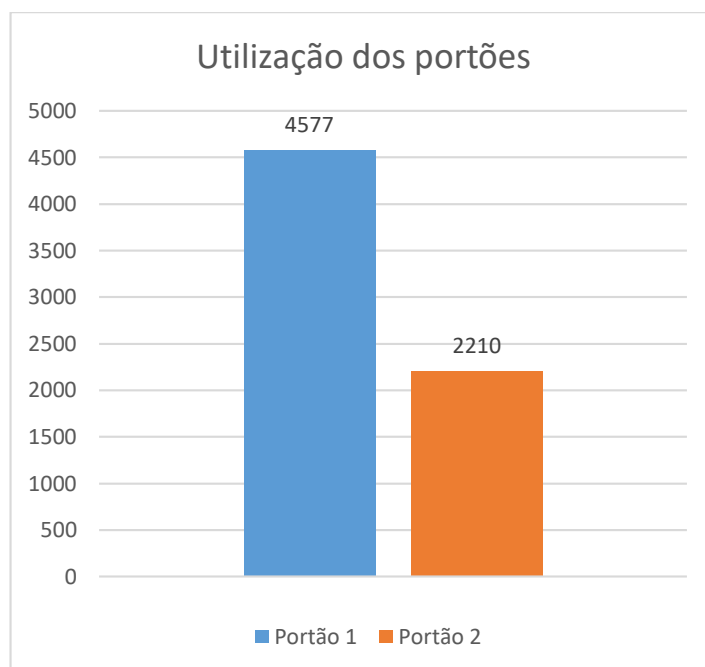
Fonte: Própria (2023)

## 5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

### 5.1. DADOS GERAIS DE FLUXO NOS PORTÕES

O seguinte tópico apresentará os dados gerais relativos aos dois portões, com comparações quanto ao tráfego e fluxos.

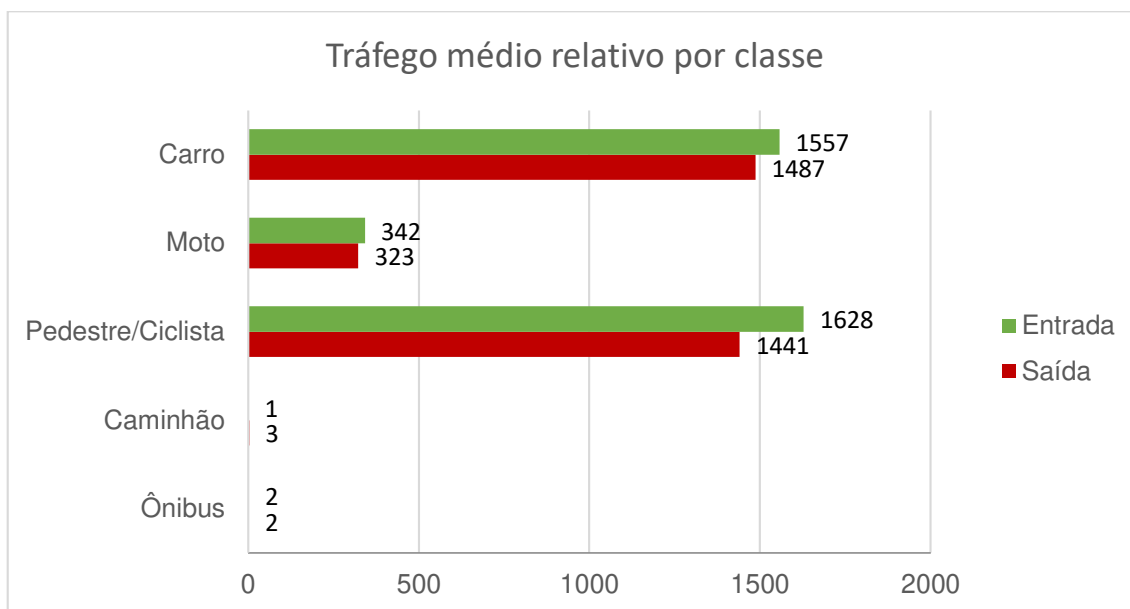
**Gráfico 1** - Utilização dos portões



**Fonte:** Própria (2023)

Ao comparar o quantitativo de utilização dos usuários dos portões de acesso à UNIFAP, foi possível observar e constatar, através da contagem de fluxo nos dois pontos de pesquisa, a maior utilização do portão 1 (pela rodovia Josmar Pinto), com uma porcentagem de cerca de 67,44%, em relação ao portão 2 (acesso pela rua Amadeu Gama), que representa 32,56%. Sendo que a comparação com esses dados leva em consideração tanto o fluxo de entrada como o de saída pelo mesmo portão.

Com o presente dado demonstrado é possível verificar que alguns usuários entraram pelo portão 1 e utilizaram o mesmo portão para sair, assim como também foi usado o portão 2 para entrada com saída pelo portão 1. Portanto, a maior carga de usuários acontece pelo portão 1.

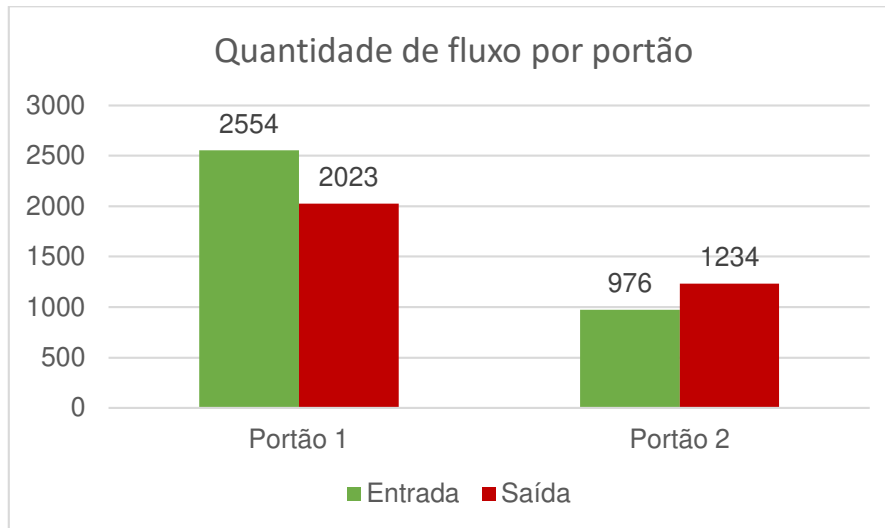
**Gráfico 2** - Tráfego médio relativo por classe

Fonte: Própria (2023)

O gráfico 2 apresenta informações quanto o tráfego dividido por classe nos pontos pesquisados, tanto no sentido de entrada quanto de saída, somando os dois portões juntos, sem diferenciação. Os dados trazem a noção dos tipos ou meios de transportes que os usuários utilizam para entrar e sair da UNIFAP.

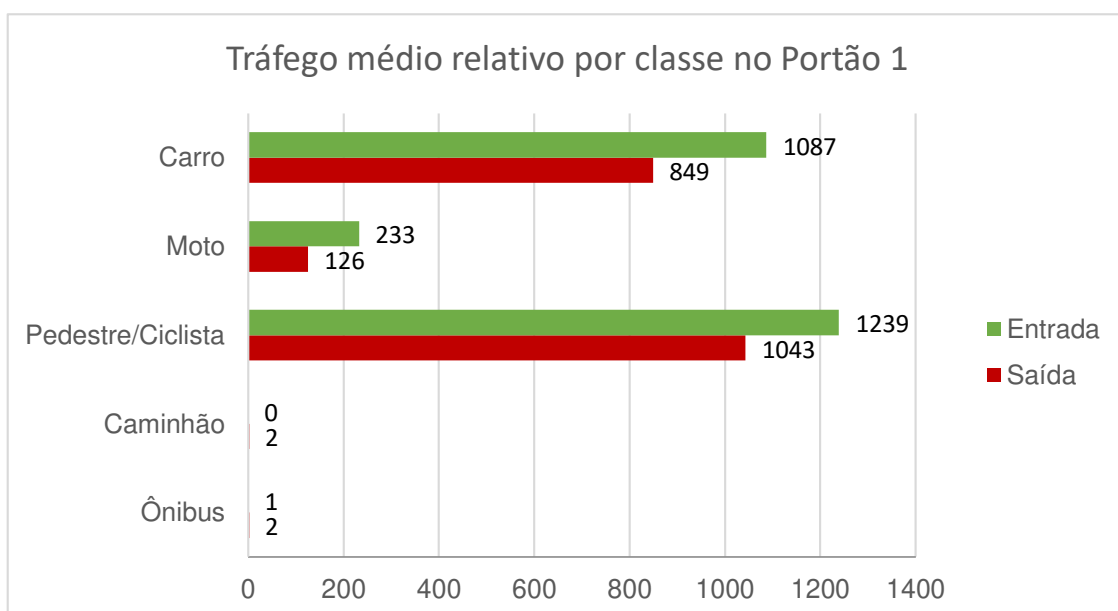
Nos períodos pesquisados, houve a maior incidência de entrada de usuários pelos portões de acesso, em relação à saída, sendo que a maior diferença entre a entrada e saída foi por meio de pedestres e ciclistas. As menores diferenças entre a entrada e saída ocorrem em carro e moto, o que pode inferir desses dados é que ocorrem mais viagens de ida e volta desses veículos poluidores dentro das dependências da universidade.

Através da pesquisa foi observado que apesar de muitos usuários entrarem e saírem por meios que não poluem o ambiente, como bicicleta e a pé (45,23%), a maioria ainda utiliza meio de transporte poluidor, como carro e moto, e em grande proporção com carro, representado 44,86% apenas por este meio. Quando somados todos os veículos automotores poluidores estes valores chegam a 54,77%.

**Gráfico 3** - Quantidade de fluxo por portão

Fonte: Própria (2023)

O gráfico 3 apresenta os dados de fluxo dos portões levando em consideração os movimentos, nos mesmos, de entrada e saída, representando um detalhamento do gráfico 1. Com esses dados colhidos é possível perceber que o portão 1 tem maior utilização e fluxo no geral (como observado no gráfico 1), sendo preponderante o uso para entrada em relação ao portão 2, que possui maior fluxo para saída. Em termos percentuais, para uma melhor avaliação, quanto a entrada, o portão 1 é 61,8% mais utilizado que o ponto 2. Para a saída, a diferença é de 39%.

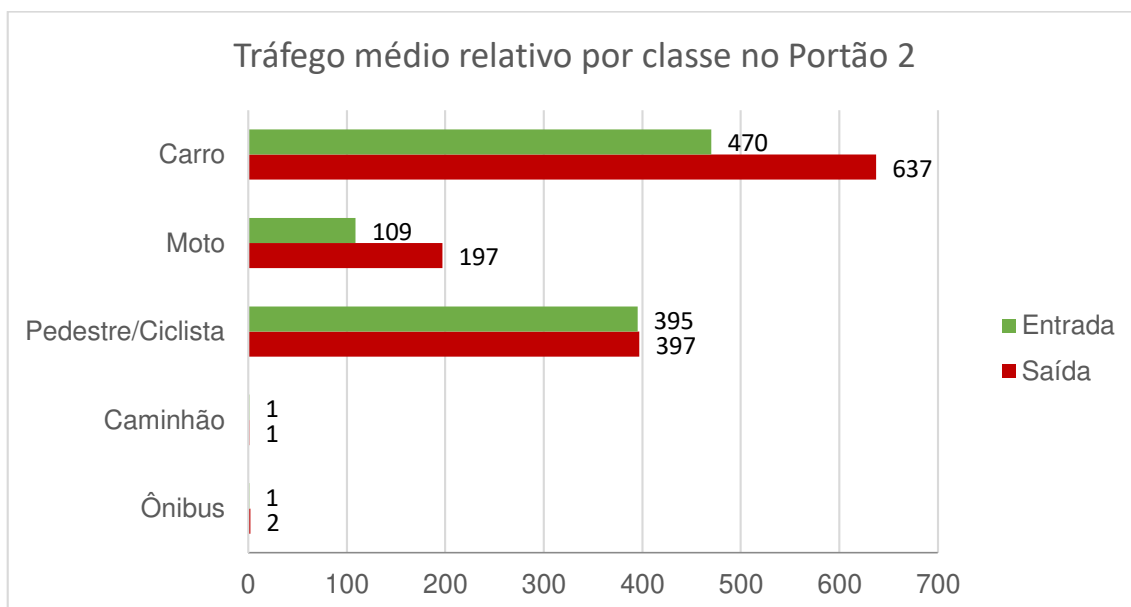
**Gráfico 4** - Tráfego médio relativo por classe no Portão 1

Fonte: Própria (2023)

O tráfego médio relativo por classe pesquisado somente no portão 1 (gráfico 4) apresenta como resultado que cerca de 2295 usuários (50,14%) utilizaram veículos automotores poluentes para adentrar ou sair na universidade (desconsiderando os dados de caminhão e ônibus), enquanto que 2282 (49,86%) usaram meios não poluentes nos pontos pesquisados. Sendo que nos períodos estudados houve maior movimentação no sentido de entrada no portão referido.

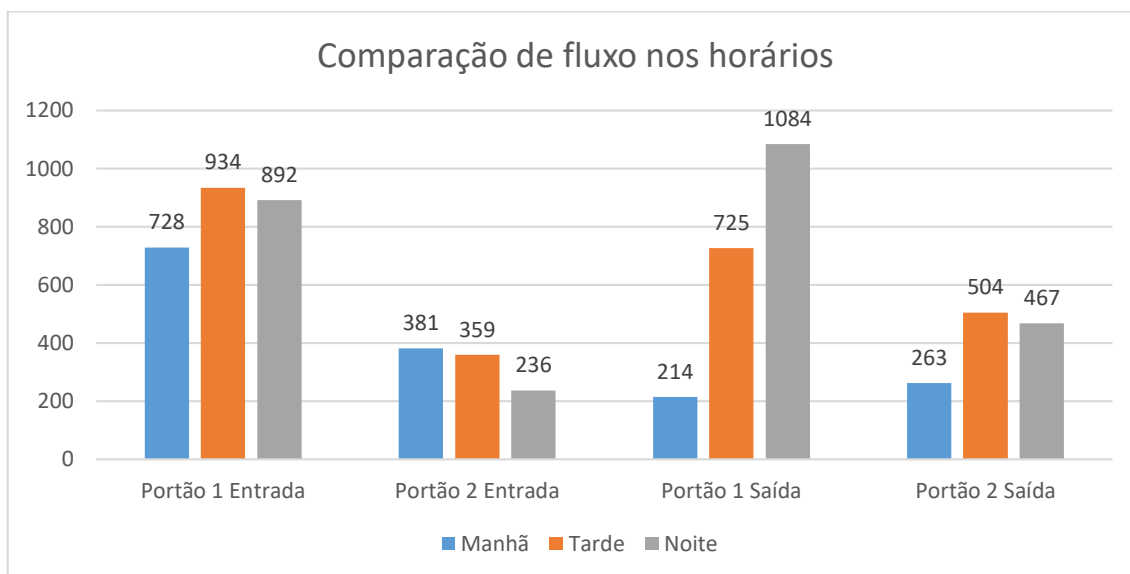
Enquanto que o observado no portão 2 (gráfico 5) foi uma maior incidência no sentido de saída da universidade. Ao contrário do que se mostrou no portão 1, no ponto 2 há uma grande diferença quanto ao tráfego médio relativo por classe: 1413 usuários (64%) passaram pelo ponto de estudo com carro ou moto, ou seja, com meio poluidor. Ao passo que, 792 (36%) transitou caminhando ou com bicicleta.

**Gráfico 5** - Tráfego médio relativo por classe no Portão 2



**Fonte:** Própria (2023)

O gráfico 6 representa a comparação de fluxo nos horários definidos no estudo de tráfego que este trabalho propôs, tanto no sentido de entrada como no sentido de saída. Sendo que o horário definido como manhã é das 7:30 às 9:30, a tarde compreende das 11:00 às 14:00 e no turno da noite das 17:00 às 19:00. Neste gráfico também está incluído todas as classes.

**Gráfico 6 - Comparação de fluxo nos horários**

**Fonte:** Própria (2023)

Com o gráfico comparativo é possível verificar, em uma primeira análise, a relevância quanto ao uso do portão 1 (acesso pela rodovia Josmar Pinto) em relação ao portão 2 (acesso pela rua Amadeu Gama), tanto no sentido de entrada como de saída. Como destaque, pode ser percebido a ampla utilização do portão 1 para saída durante o turno da noite. Assim como o menor fluxo pelo portão 1 no sentido de saída pela manhã.

No sentido de entrada o portão 1 tem proporção de quase que o dobro de utilização em relação ao portão 2, em praticamente quase todos os horários. Trazendo esta comparação em termos percentuais, para uma melhor apresentação temos que utilização do portão 1 comparado com o 2 pela manhã é de aproximadamente 47,7%; pela tarde de 61,6% e a noite 73%.

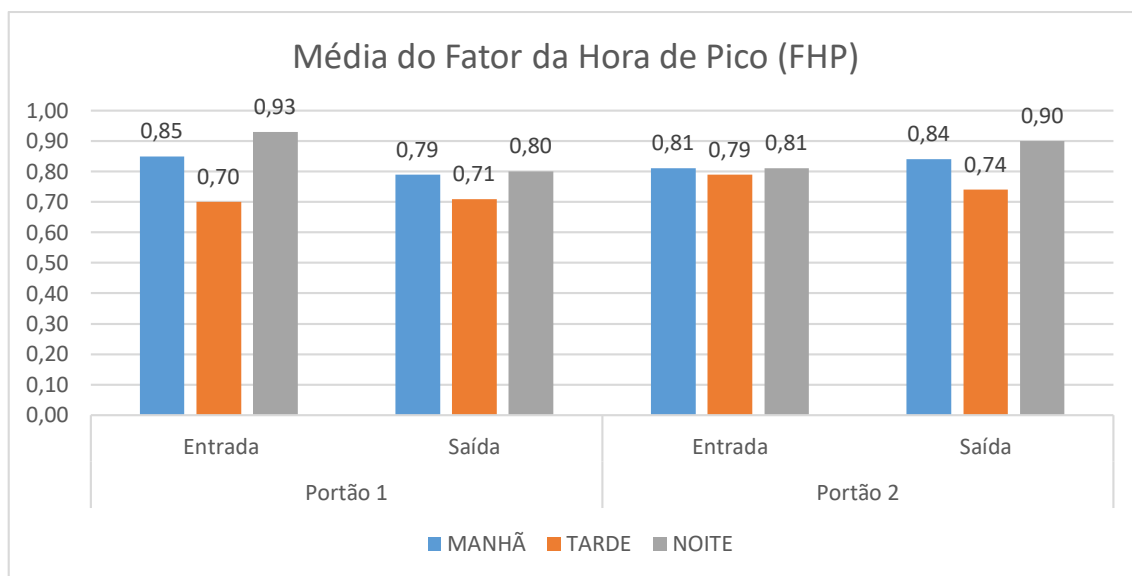
Já no sentido de saída, houve um pequeno aumento no fluxo pelo turno da manhã no portão 2, não observado anteriormente, de 18,6%. Pelo turno da tarde, houve um maior fluxo pelo portão 1, em relação ao ponto 2, acréscimo de aproximadamente 30,5%. No horário da noite houve um aumento considerável da utilização do portão 1 em consideração ao 2, uma diferença em percentual de quase 56,9%. Estes valores ilustram como que ocorre o tráfego nos pontos estudados nos horários estabelecidos.

Outro fator importante quanto ao estudo de volume de tráfego é o Fator Horário de Pico (FHP), que justamente contribui para a análise do horário de maior solicitação da via, levando em consideração a variação desse fluxo

durante o período em que a pesquisa é realizada, visto que o tráfego não tem comportamento constante, para tal, a doutrina que embasa os estudos recomenda dividir em intervalos de 15 minutos.

O gráfico 7 mostra a média fator horário de pico (FHP) da hora mais carregada dentro dos períodos pesquisados. Com a mesma foi possível verificar que o horário mais crítico ocorreu a noite no sentido de entrada pelo portão 1, mas dentro da normalidade, visto que o manual de tráfego do DNIT indica que a esta variação dentro do habitual chega a 0,95 para o máximo. Já os menores índices de instabilidade quanto ao fluxo, com grande diferença no volume de tráfego nos períodos de 15 minutos ocorreram no portão 1 no período da tarde, tanto no sentido de entrada como no de saída e no portão 2, também à tarde, no sentido de saída. Esta variação pode ser justificada com o aumento de fluxo que ocorre neste período das 11:00 às 12:00 na saída da aula e expediente, assim como outro pico que ocorre das 13:00 às 14:00 com a volta do turno para expediente administrativo e aulas.

**Gráfico 7 - Média do Fator Horário de Pico (FHP)**



Fonte: Própria (2023)

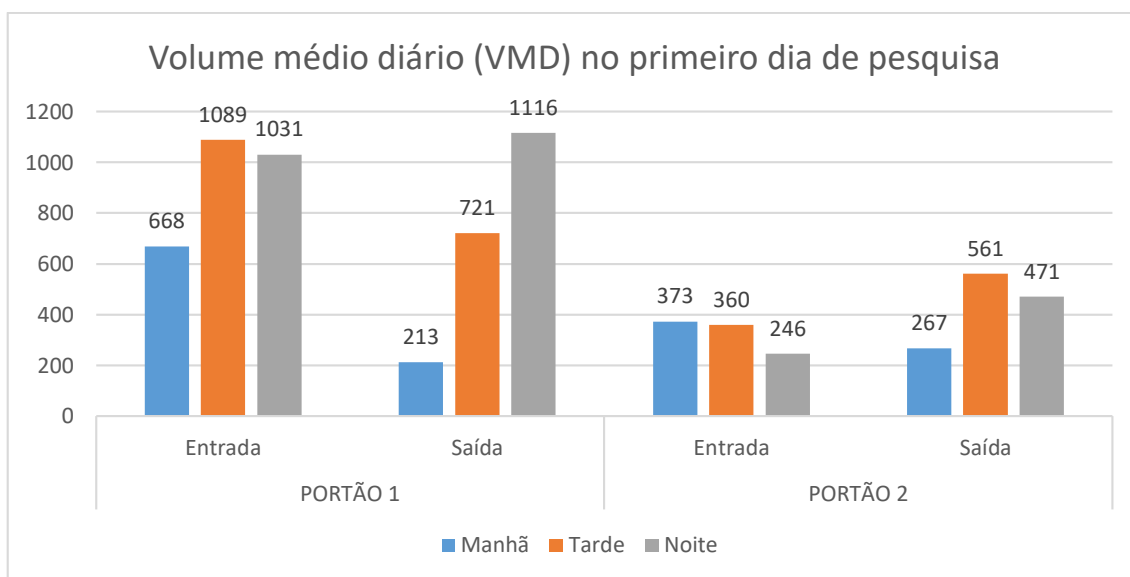
## 5.2. CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO NOS DIAS PESQUISADOS

Neste tópico será apresentado e caracterizado o comportamento do tráfego especificamente nos dias das contagens volumétricas, em cada um dos sentidos nos pontos pesquisados.

### 5.2.1 Primeiro dia de Pesquisa

O primeiro dia de pesquisa ocorreu em uma terça-feira, no dia 18 de outubro de 2022, para simular um dia de rotina normal, mais distante de final de semana para não haver possíveis alterações. O horário da manhã compreende das 7:30 às 9:30; o da tarde das 11:00 às 14:00 e o da noite das 17:00 às 19:00, estes horários foram definidos para conseguir abarcar os movimentos de chegada e saída do expediente e aulas da universidade.

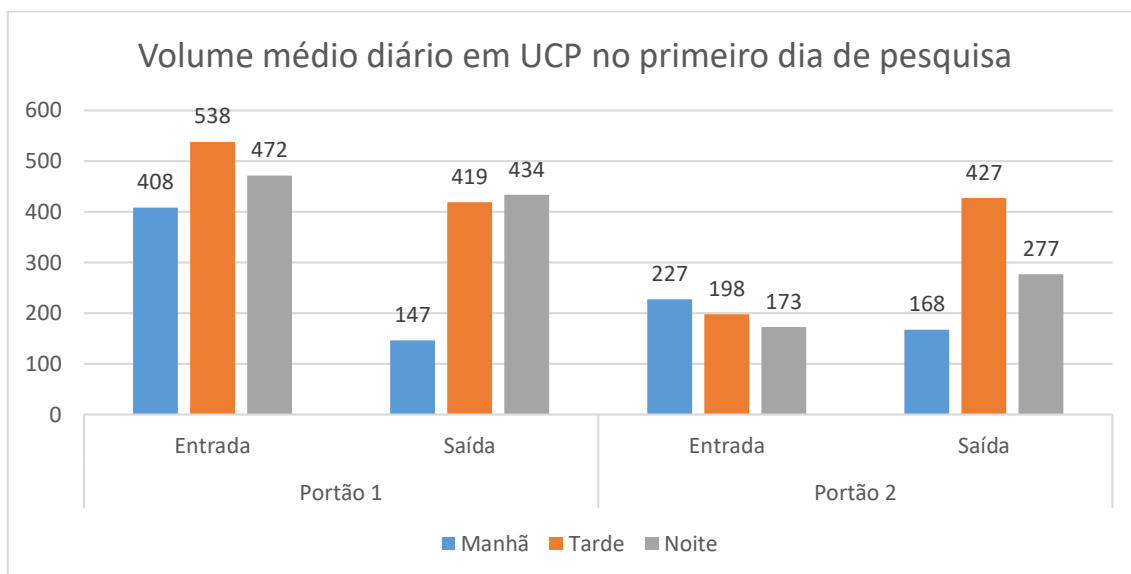
**Gráfico 8** - VMD no primeiro dia de pesquisa



**Fonte:** Própria (2023)

O gráfico 8 retrata o volume médio diário em um dia de semana, no caso, terça-feira, sendo contados todas as classes de veículos e o volume de pedestres, para ter uma noção do volume geral, expresso em unidade de tráfego misto (UTM). Para o estudo foi considerado a quantidade de veículos que circulam cada um em seu sentido, entrada e saída, pelos dois pontos de contagem volumétrica.

Com a análise do gráfico acima é possível observar que no primeiro dia de pesquisa houve maior utilização do portão 1, principalmente nos períodos da tarde e noite, o que pode ser justificado pelo horário da pesquisa, que efetivamente abrange os horários de início e término de expediente e aulas, 11:00 às 14:00 (tarde) e 17:00 às 19:00 (noite). O que também explica os menores volumes no sentido de saída.

**Gráfico 9** - Volume médio diário em UCP no primeiro dia de pesquisa

**Fonte:** Própria (2023)

Já o gráfico 9 apresenta o volume médio diário convertido em unidade de carro de passeio (UCP), ou seja, excluindo pedestres e ciclistas, e transformando todos os veículos motorizados em uma só unidade para serem inseridos como dados de entrada na simulação do software, resultando ao final um relatório de poluição gerada.

Comparando os gráficos 8 e 9 é possível inferir que quando se trata somente do tráfego de veículos automotores os valores se aproximam, como observado no gráfico 9 comparado com o anterior no portão 1 no sentido de entrada nos três turnos. Enquanto que no gráfico 8 notamos uma disparidade quanto ao fluxo no portão 1 no sentido de saída à noite, no seguinte, houve uma aproximação com veículos automotores.

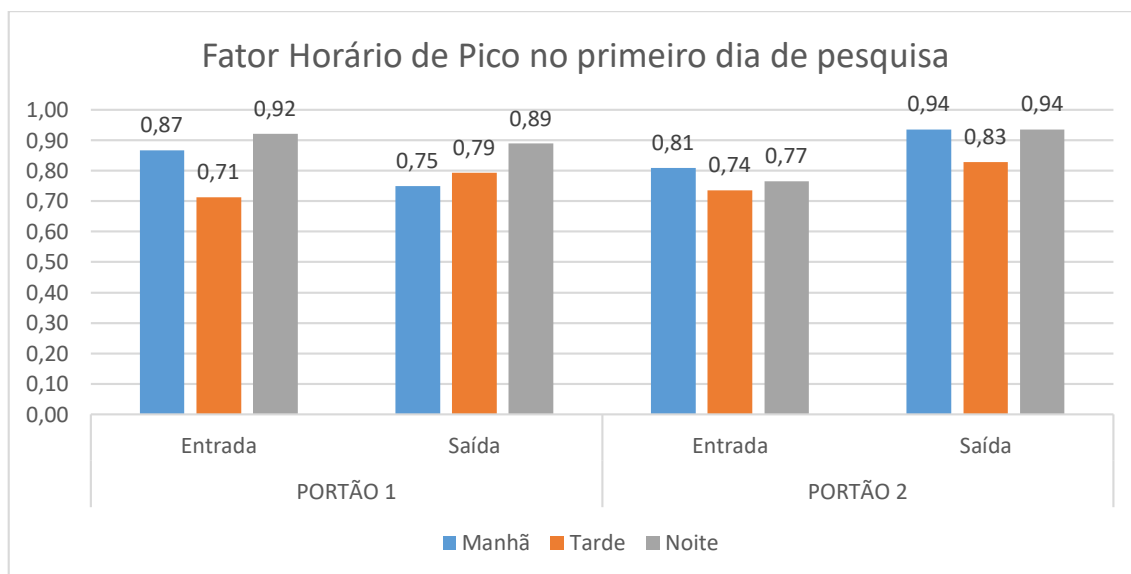
Analisando em termos percentuais destes pontos destacados: pelo portão 1 dos 1089 UTM que entraram a tarde, 49,4% foram de veículos (538 UCP), já na saída pelo mesmo ponto, foram 58,1% (419 UCP) que utilizaram veículos poluidores de 721 UTM. Pelo mesmo portão, porém a noite, dos 1031 UTM que adentraram, 45,8% (472 UCP) foram com transportes poluidores, enquanto que na saída foram 38,9% (434 UCP) de 1116 UTM.

Porém, os maiores destaques, mesmo sendo em menor volume em UCP, mas proporcionalmente superando os demais, pela manhã no sentido entrada 61% dos 668 UTM foram com veículos poluidores, enquanto que pela manhã no sentido saída foram 69% de 213 UTM. Fazendo uma média destes valores em

UTM, chega-se ao valor de 53,7% de utilização de veículos poluidores que transitam pelo portão 1 no primeiro dia de pesquisa.

Interessante notar que quanto ao portão 2 o fluxo de veículos poluidores é muito superior ao observado no portão 1, apesar de que o volume de veículos que passaram neste ponto ser menor, em termos proporcionais os valores são consideráveis. No sentido entrada a maior quantidade de veículo motorizado ocorre a noite, com cerca de 70,3%, seguido do período da manhã com 60,8% e por último a tarde com 55%. Já no sentido saída, a maior quantidade de veículos poluentes ocorre durante a tarde com 76,1%, 63% de manhã e 58,8% pela noite. Na média, durante o primeiro dia de pesquisa 64% do volume que transitou pelo portão 2 foram de veículos poluidores.

**Gráfico 10** - FHP no primeiro dia de pesquisa



**Fonte:** Própria (2023)

Quanto ao Fator Horário de Pico (FHP), unidade adimensional que avalia a variação da contagem nos períodos estudados, visto que o volume de veículos não é constante o tempo todo, e mostra o grau de uniformidade do fluxo. Sendo que esses valores podem variar entre 0,25 e 1, porém o mais comum é ficar entre 0,75 e 0,90. Onde mais próximo de 0,25 seria um fluxo concentrado em um dos 15 minutos pesquisados, enquanto que mais perto de 1 seria um fluxo uniforme em todos os períodos.

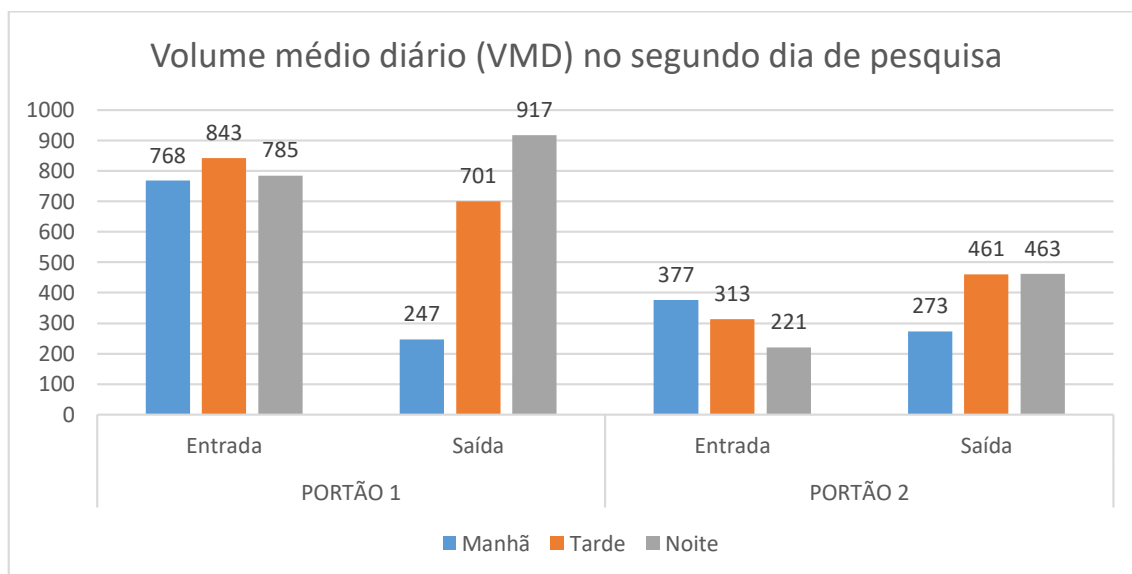
De acordo com o disposto no gráfico 10 houve maior uniformidade no fluxo no portão 2 na saída, nos horários da manhã e noite, e no portão 1 no período

da noite, no sentido entrada. Apesar de conter os menores volumes no portão 2, sobretudo nos horários citados, ocorreu maior uniformidade no fluxo, isto é, a quantidade de veículos que passaram pelos pontos pesquisados foi bem próxima entre si nos quartos de horas levantados. Enquanto que no portão 1 a entrada pela tarde e saída pela manhã, e no portão 2 a entrada pela tarde apresentaram fluxos concentrados em algum ou alguns dos 15 minutos (quartos de hora) levantados.

### 5.2.2 Segundo dia de Pesquisa

O segundo dia de pesquisa ocorreu na quarta-feira, dia 19 de outubro de 2022. O horário da manhã compreende das 7:30 às 9:30; o da tarde das 11:00 às 14:00 e o da noite das 17:00 às 19:00, estes horários foram definidos para conseguir abarcar os movimentos de chegada e saída do expediente e aulas da universidade.

**Gráfico 11 - VMD no segundo dia de pesquisa**

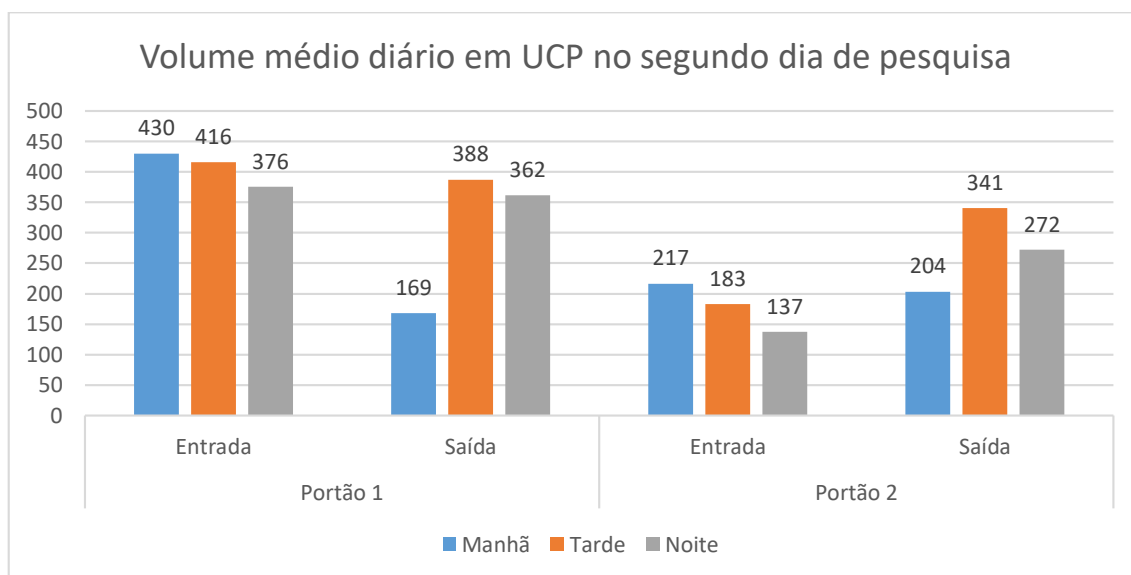


**Fonte:** Própria (2023)

O gráfico 11 apresenta o volume geral de tráfego (misto), contando todas as classes. Com destaque, é possível notar que comparado com o primeiro dia de pesquisa, diminuiu a solicitação do portão 1 no sentido de entrada nos períodos da tarde e noite e aumentou a utilização no período da manhã, em termos percentuais temos: 22,6%, 23,9% e 13%, respectivamente. Quanto a saída no mesmo portão, houve pouca alteração comparado com o primeiro dia de pesquisa.

Quanto à utilização do portão 2 no segundo dia de contagem volumétrica, se manteve o mesmo comportamento de tráfego comparado com o primeiro dia, com a mesma ordem de solicitação nos horários, no sentido de entrada. Porém, na saída houve mudança na ordem de utilização, com o horário da noite superando a tarde. Na verdade, ocorreu a diminuição do uso dos portões no dia nos turnos citados e um pequeno aumento pela manhã, sendo que a maior alteração ocorreu pela tarde, no valor de 100 UTM.

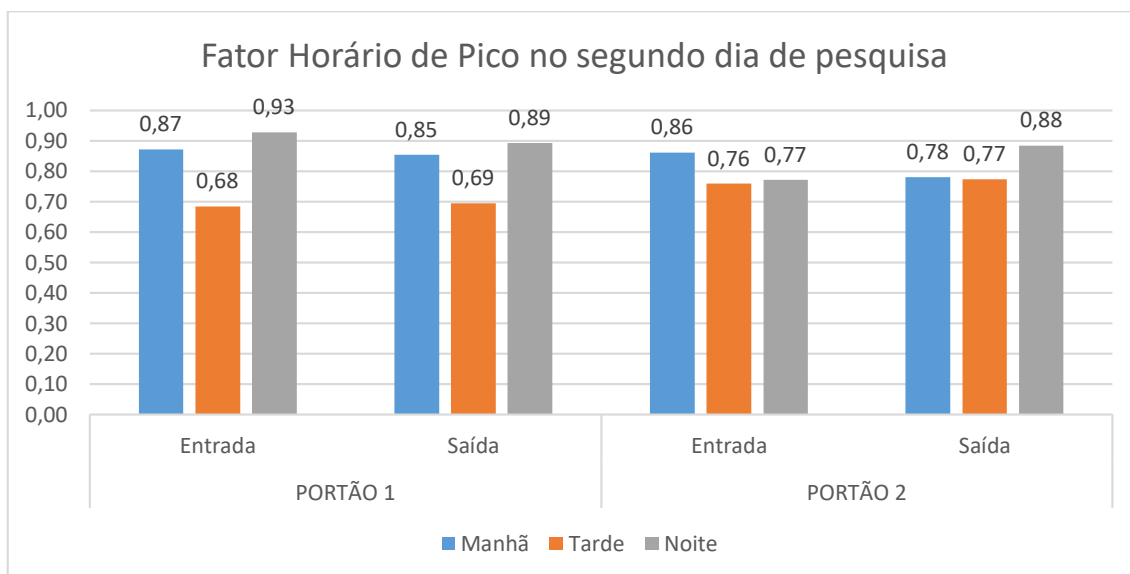
**Gráfico 12** - Volume médio diário em UCP no segundo dia de pesquisa



**Fonte:** Própria (2023)

O gráfico 12 apresenta os valores convertidos em veículos poluidores, como o observado nos demais dados, é notório o maior fluxo no portão 1, porém em termos proporcionais do fluxo em si, o tráfego dos veículos poluidores é maior. Analisando somente os veículos poluidores dentre o volume total de tráfego, temos que pelo portão 1 no sentido entrada pela manhã 56% de poluidores, enquanto que a tarde é de 49,3% e a noite 47,9%, já pelo fluxo de saída, pela manhã é de 68,4%, à tarde 55,3% e a noite 39,4%, com uma média de 52,7% de veículos poluidores que trafegam nos pontos pesquisados.

No portão 2 houve as maiores porcentagens de veículos poluidores transitando. No sentido entrada pela manhã foi de 57,5%, de tarde 58,4% e a noite 62. No sentido saída foram 74,7% pela manhã, 74% a tarde e 58,7% a noite, com uma média de 64,2% pelo portão 2 no segundo dia de pesquisa.

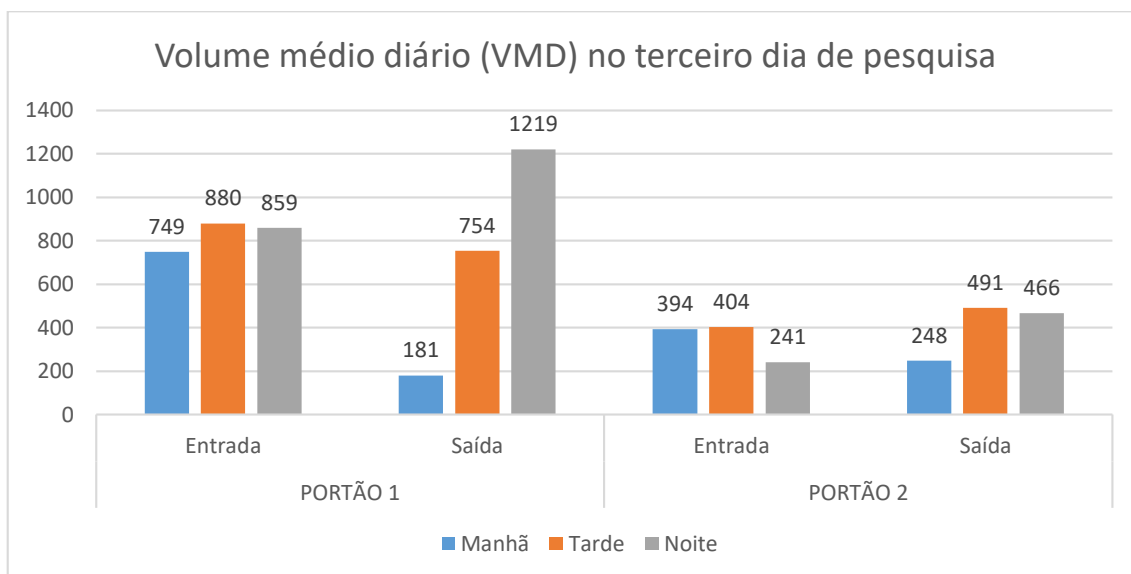
**Gráfico 13 - FHP no segundo dia de pesquisa**

**Fonte:** Própria (2023)

Quanto ao Fator Horário de Pico foi observado que nos períodos da tarde, em todos os pontos de coleta, houve uma grande variação na constância de fluxo, ficando em um dos períodos pesquisados bastante carregado, fenômeno verificado também no primeiro dia, sendo que no segundo dia houve variação abaixo do valor comumente esperado, que é de 0,75, o que indica uma mudança abrupta em um dos 15 minutos de contagem volumétrica. Por outro lado, os turnos da noite foram onde ocorreram as maiores uniformidades do fluxo de veículos nos períodos estudados, exceto no portão 2 no sentido entrada, que a uniformidade ocorreu pela manhã. Esta variação de maior solicitação nos períodos da manhã e noite também foi constatado no primeiro dia.

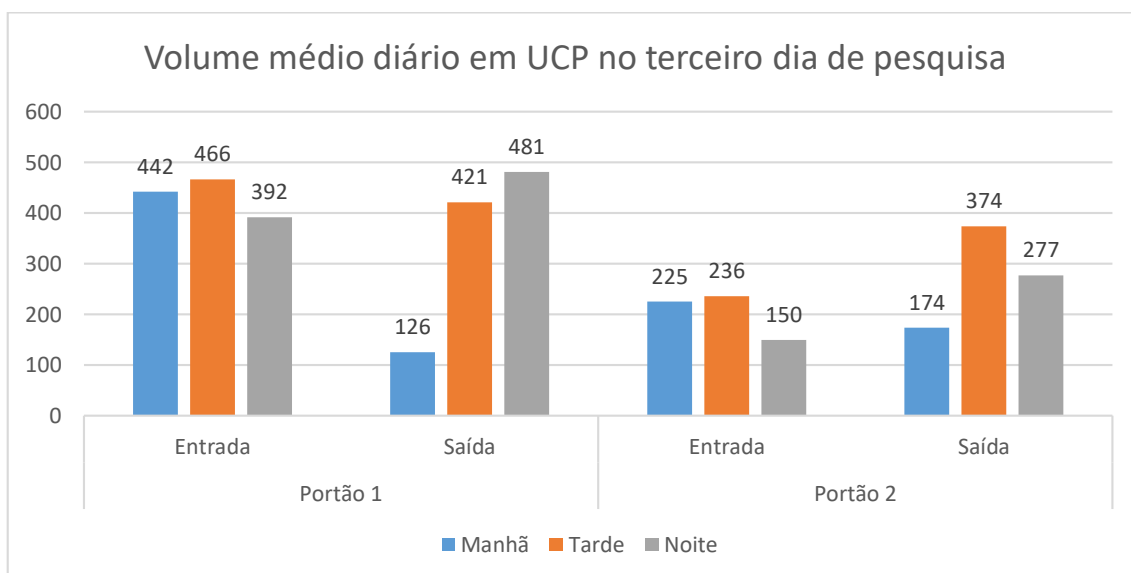
### 5.2.3 Terceiro dia de Pesquisa

O terceiro e último dia de pesquisa ocorreu na quinta-feira, dia 20 de outubro de 2022. O horário da manhã compreende das 7:30 às 9:30; o da tarde das 11:00 às 14:00 e o da noite das 17:00 às 19:00, estes horários foram definidos para conseguir abarcar os movimentos de chegada e saída do expediente e aulas da universidade.

**Gráfico 14 - VMD no terceiro dia de pesquisa**

Fonte: Própria (2023)

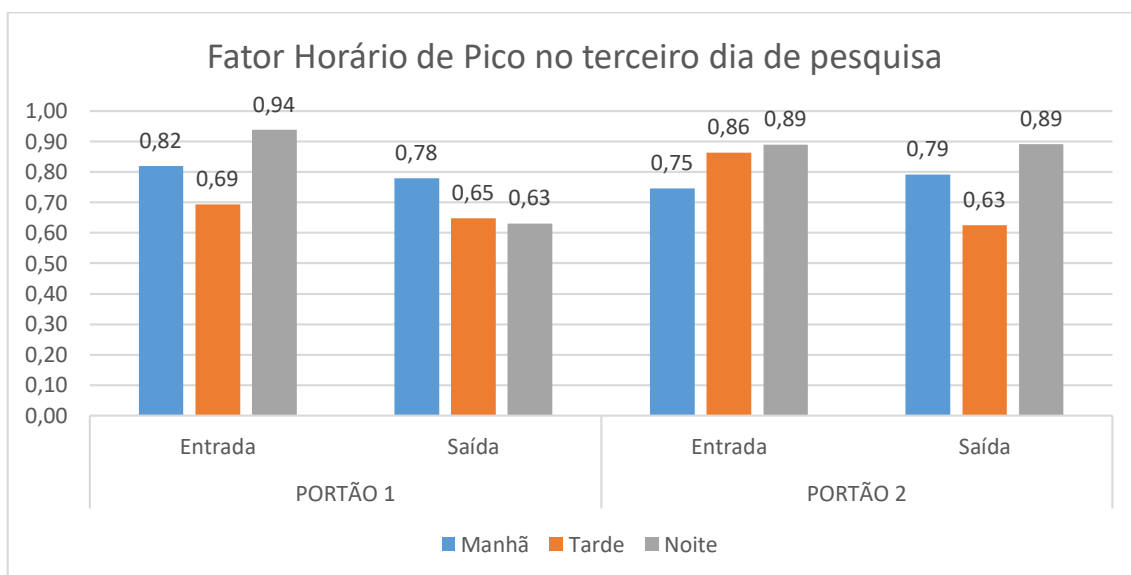
No que se refere ao tráfego geral no terceiro dia de pesquisa, o comportamento segue o padrão similar dos outros dois dias anteriores, com o portão 1 mais solicitado que o portão 2, especialmente nos turnos da tarde e noite, com o fluxo de saída pelo portão 1 de manhã bem menor que os demais, inclusive sendo este o destaque somado com a saída pela manhã como extremos opostos. O portão 2 seguiu também o mesmo comportamento verificado nos casos anteriores, com pequenas alterações bem aproximadas.

**Gráfico 15 - Volume médio diário em UCP no terceiro dia de pesquisa**

Fonte: Própria (2023)

Quanto aos veículos poluidores a disposição do comportamento do gráfico e proporcionalidade dos valores também são, em média, bem parecidos com os dados anteriores. Pelo portão 1 no sentido entrada pela manhã, 59% do volume que trafega é de transporte poluidor, enquanto que a tarde é de 53,5% e a noite 45,6%; no sentido saída pela manhã é de 69,6%, de tarde 55,8% e a noite 39,4%; com uma média no portão de 53,8%. No portão 2, o tráfego de veículos poluidores no sentido entrada pela manhã é 57,1%, à tarde 58,4% e de 62,2% a noite; no sentido saída pela manhã 70,1%, de tarde 76,1% e a noite 59,4%; com uma média de veículos poluidores pelo portão 2 de 63,9%.

**Gráfico 16** - FHP no terceiro dia de pesquisa



**Fonte:** Própria (2023)

O fator horário de pico apresentou características similares comparadas com as anteriores. Porém, informações interessantes são observadas no portão 1 no sentido de saída à noite, que apresentou uma alta taxa de fluxo em um dos períodos pesquisado apenas neste dia. Outro fato ocorreu no portão 2 à tarde no sentido de saída, onde neste dia o fluxo ocorreu de forma mais constante em relação aos anteriores estudados.

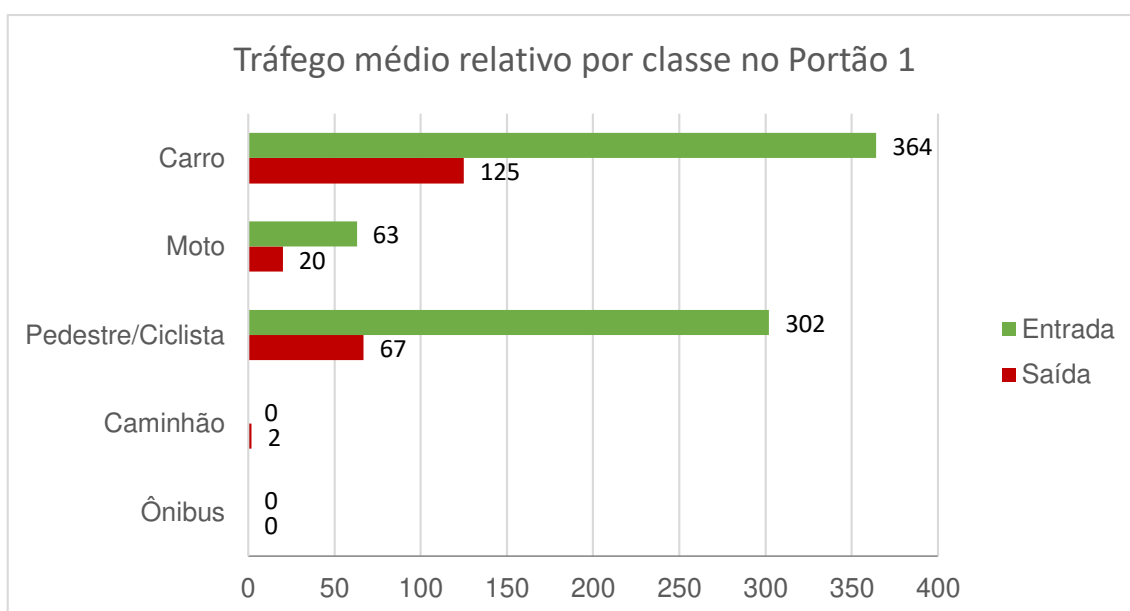
A tabela 9 apresenta a relação da porcentagem de veículos poluidores dentre o valor do volume de tráfego geral (misto) durante todo o dia de pesquisa nos pontos estudados. Importante perceber que houve certa constância no quantitativo de veículos automotores que geram poluição na universidade.

**Tabela 9** - Comparação de veículos poluidores

Dias pesquisados	Portão 1	Portão 2
Terça (18/10)	53,7%	64%
Quarta (19/10)	52,7	64,2%
Quinta (20/10)	53,8%	63,9

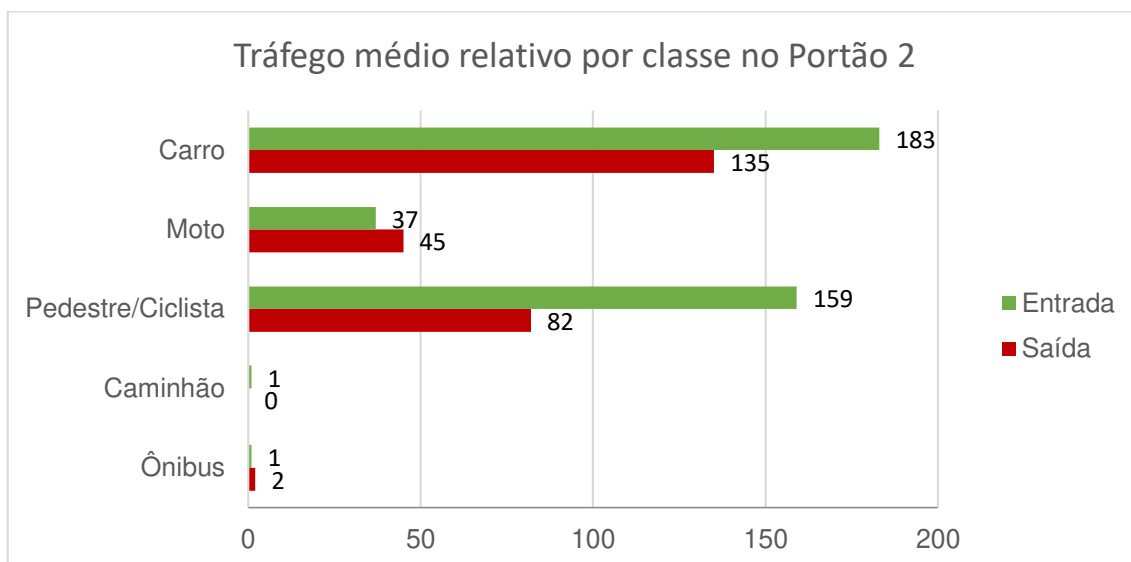
Fonte: Própria (2023)

### 5.3. TRÁFEGO MÉDIO PELA MANHÃ

**Gráfico 17** - Tráfego médio relativo por classe no Portão 1

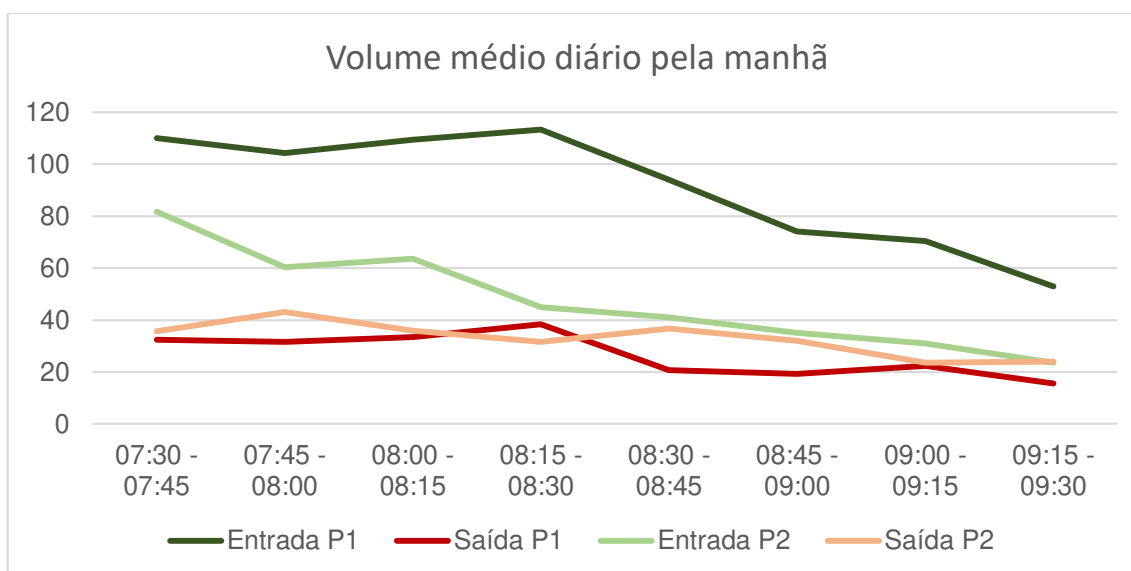
Fonte: Própria (2023)

Por se tratar de um horário em que iniciam as aulas e o expediente na Universidade, é notório que haja maior fluxo no sentido de entrada, porém o gráfico 17 apresentou uma relevante informação, que é a elevada média do quantitativo de veículos automotores que trafegam na UNIFAP comparado com a quantidade de pedestres e ciclistas, inclusive superando estes. Em termos percentuais, passaram pelos pontos de coleta de dados 60,8% de veículos poluidores, enquanto que apenas 39,2% de pedestres e ciclistas. O quantitativo de fluxo no sentido entrada pelo período da manhã no portão 1 supera em 54,6% o sentido de saída.

**Gráfico 18** - Tráfego médio relativo por classe no Portão 2

Fonte: Própria (2023)

Com os dados expostos pelo gráfico 18, é possível observar um comportamento parecido com o gráfico anterior, com a elevada utilização de veículos automotores comparado com o quantitativo de pedestres e ciclistas, com uma porcentagem 62,4%, enquanto que 37,6% não utilizam transportes poluidores. Também é relevante reportar que no horário pesquisado, pelo portão 2 houve o tráfego de quatro veículos de grande porte, a maior quantidade verificado no estudo. Como citado anteriormente, é perceptível o maior fluxo de entrada no horário pesquisado.

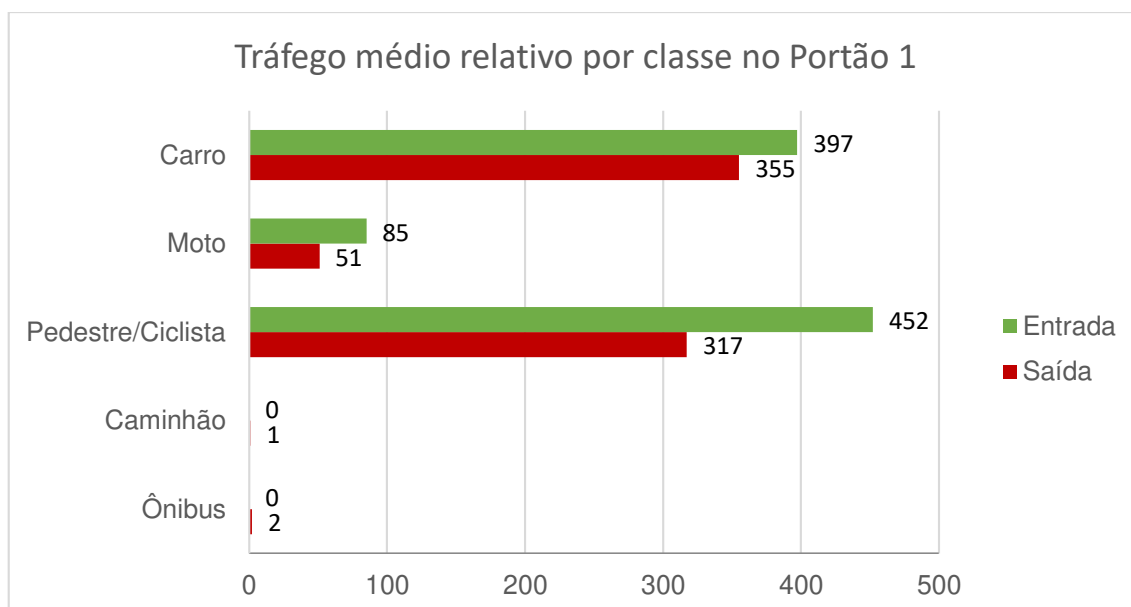
**Gráfico 19** - Volume médio diário pela manhã

Fonte: Própria (2023)

O gráfico 19 apresenta o volume médio diário e sua variação pelo turno da manhã, mostrando a quantidade de tráfego de pessoas pelo ponto de estudo durante um intervalo de tempo determinado, que neste caso pesquisado foi das 7:30 às 9:30. Foi observado que neste período houve grande solicitação do portão 1 para a entrada dos usuários, em seguida o portão 2, também para a entrada, visto que o horário da pesquisa também contribui para o movimento, já que é o início das atividades na universidade, e de acordo com a variação dos dados em tela, a maioria das pessoas que entram seguem na universidade, inclusive os veículos automotores. Com a análise dos gráficos 17 e 18 foi possível notar que o tráfego de carro e moto ultrapassaram a porcentagem de 60% nos pontos pesquisados.

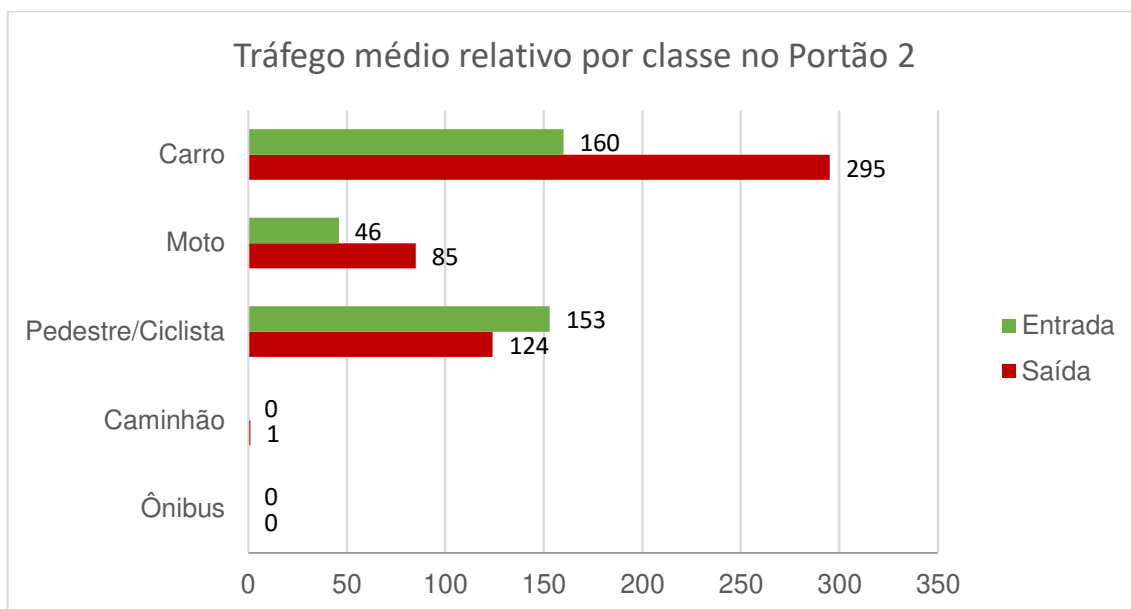
#### 5.4. TRÁFEGO MÉDIO PELA TARDE

**Gráfico 20** - Tráfego médio relativo por classe no Portão 1



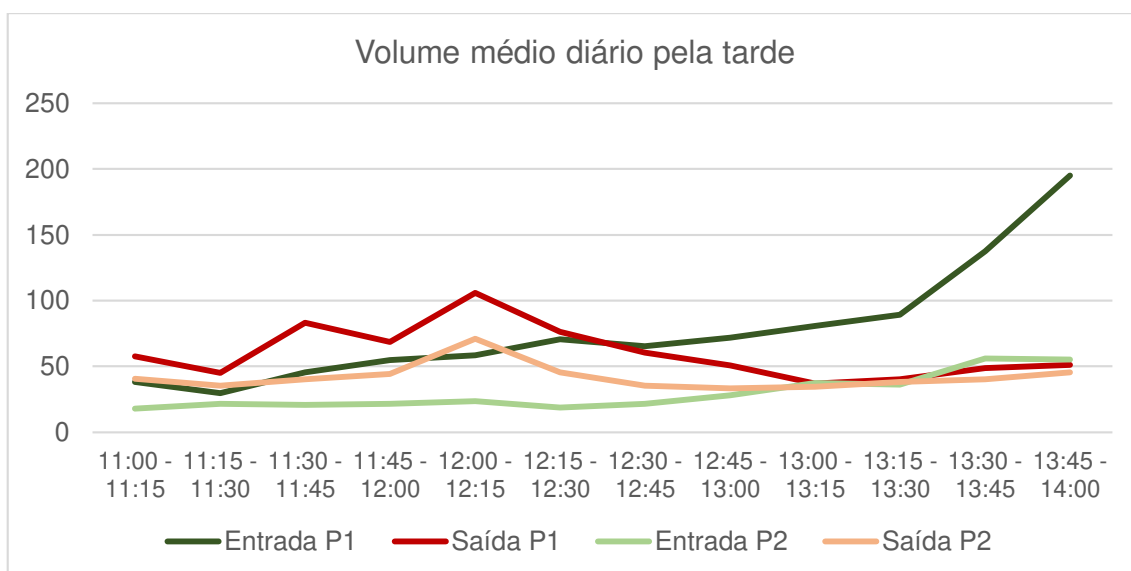
Fonte: Própria (2023)

No gráfico 20 aponta informação observada anteriormente, que é a superioridade no sentido de entrada no portão 1. Interessante notar que este modelo ocorre mesmo havendo um elevado pico no sentido de saída, como apresentado no gráfico 22. Analisando quanto ao volume de tráfego, 46,3% do que passou pelo portão foi de pedestre e ciclistas, logo, 53,7% foi de veículos poluidores. No geral, o sentido de entrada supera o de saída em 12,4%.

**Gráfico 21** - Tráfego médio relativo por classe no Portão 2

Fonte: Própria (2023)

O gráfico 22 também contribui na caracterização do estudo do tráfego nos portões da UNIFAP, que é o predomínio de utilização do portão 2 no sentido de saída e grande diferença de utilização de veículos em relação à pedestres e bicicletas. Trazendo para números percentuais, o uso do portão 2 para saída supera a quantidade de entrada em 36%. O quantitativo de veículos que se deslocam neste ponto de estudo é de 58,3%, enquanto que o tráfego por meio não poluidor é de 41,7%.

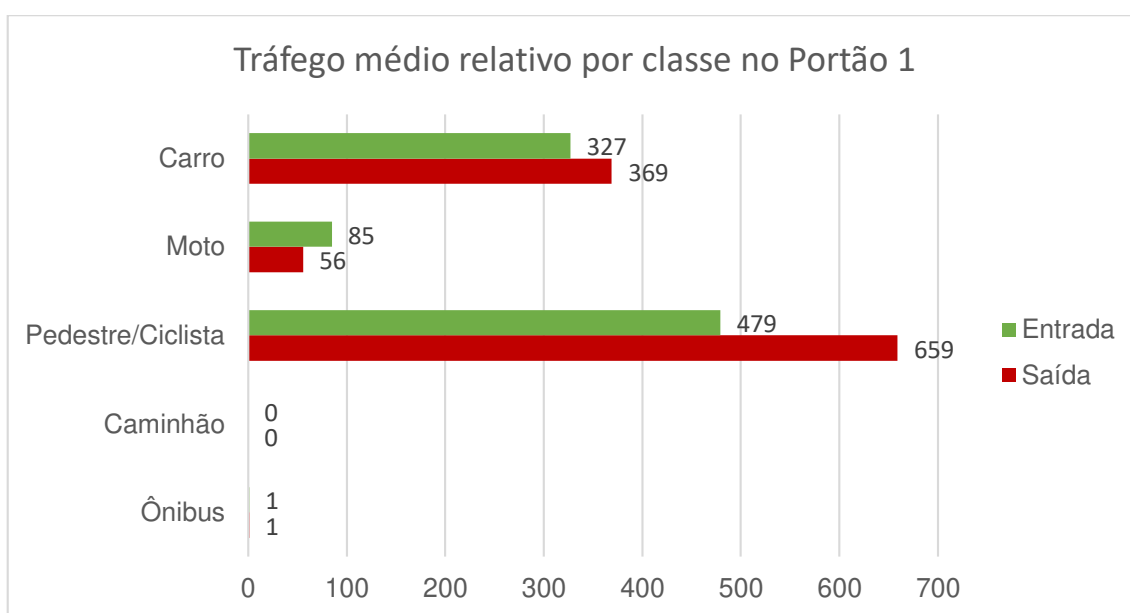
**Gráfico 22** - Volume médio diário pela tarde

Fonte: Própria (2023)

No gráfico 22 é possível verificar picos no movimento de saída pelo portão 1 das 11:00 até às 12:30, onde começa a dominar com elevado valor a entrada pelo portão 1, onde ocorreu a predominância de utilização. Este comportamento pode ter ocorrido pelo fato que as aulas pelo turno da tarde começam por volta das 13:00 e o início das atividades administrativas por volta das 14:00, com tendência de aumentar o fluxo. Esta tendência de movimentação com o pico elevado a partir das 13:15 faz com que o FHP no turno da tarde fique, muitas vezes, abaixo do valor de 0,75 no portão 1.

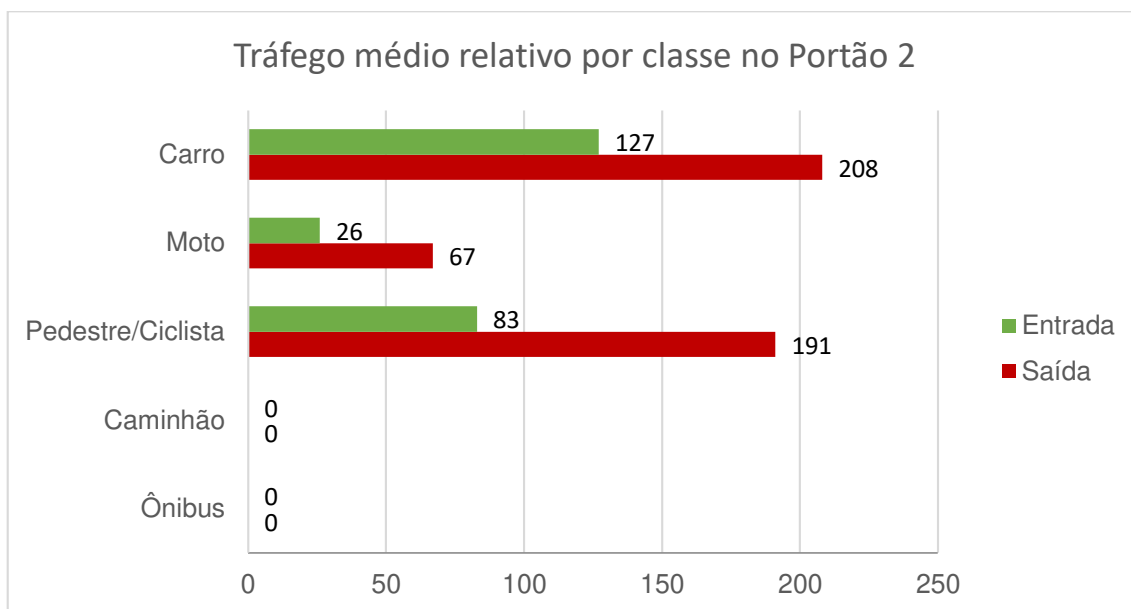
## 5.5. TRÁFEGO MÉDIO PELA NOITE

**Gráfico 23** - Tráfego médio relativo por classe no Portão 1



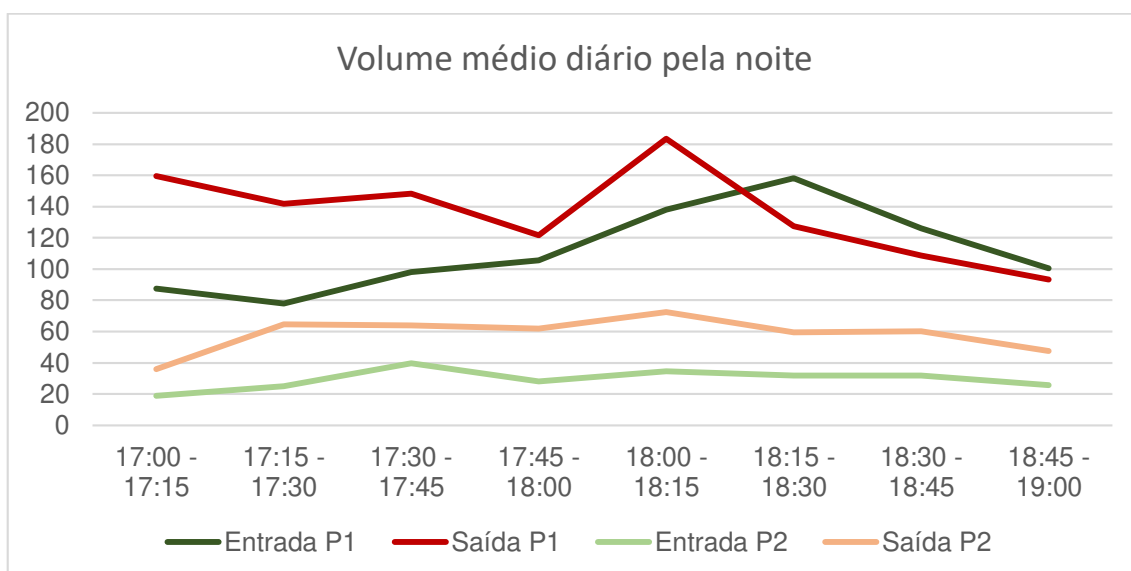
Fonte: Própria (2023)

No gráfico 23, que apresenta o comportamento do tráfego no portão 1 no período noturno, revela informações relevantes. Por se tratar de uma pesquisa no horário das 17:00 às 19:00, consegue abarcar a saída do período da tarde e entrada do turno da noite, por isso, apresenta um equilíbrio quanto à movimentação no sentido entrada (49,6%) e saída (50,4%). Na média deste turno, apresentou que do volume de tráfego total, 53,5% foi de pedestres e ciclistas, enquanto que por meio de veículos foi de 46,5%.

**Gráfico 24** - Tráfego médio relativo por classe no Portão 2

Fonte: Própria (2023)

Quanto ao tráfego médio relativo por classe no portão 2, segue o mesmo padrão observado no turno da tarde, elevado volume no sentido de saída e grande quantidade de veículos poluidores. E valores, temos que a diferença entre a saída e entrada é de 32,8% de vantagem. Já quanto ao volume de tráfego de poluentes é de 60,9%, enquanto que não poluidores é na porcentagem 39,1%.

**Gráfico 25** - Volume médio diário pela noite

Fonte: Própria (2023)

Com a análise do gráfico acima, houve maior emprego do portão 1, em relação ao portão 2, como percebido em todo o estudo. Porém, interessante notar que pelo horário da pesquisa, que abrange tanto a entrada como a saída de turnos, poderia haver maior variação quanto ao uso dos portões, o que não ocorreu.

## 5.6. POLUIÇÃO GERADA E COMPENSAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO

Após a coleta, tratamento e análise dos dados levantados através da contagem volumétrica, foram inseridas essas informações no software SUMO para executar a simulação e posteriormente, a geração do relatório de estimativa da emissão de gases poluentes de efeito estufa, que no caso do trabalho, o levantamento do volume de CO<sub>2</sub> emitido.

Com a geração do relatório “tripinfos.XML” que retorna como saída diversos dados, dentre eles a estimativa de CO<sub>2</sub> emitido por todos os veículos automotores que se deslocaram durante o período de simulação (uma hora, a média das uma hora mais carregadas), tendo como resultado o volume de 128.980.636,3 mg, para uma média de fluxo de tráfego dos três dias de pesquisa, que pode ser considerado a média de uma semana.

Convertendo este valor para um mês, resulta em 515.922.545,2 mg de CO<sub>2</sub>. Posteriormente para um ano, obtemos o volume de 6.191.070.542,4 mg. Transformando para toneladas, chegamos a aproximadamente 6,2 toneladas de CO<sub>2</sub> em um ano, se considerarmos esta constância de volume de tráfego para tal período.

Atualmente, se fala bastante em crédito de carbono e métodos para a compensação de gases emissores de efeito estufa, como o dióxido de carbono, através de árvores plantadas. Porém, é muito difícil saber ao certo a quantidade de árvores plantadas para neutralizar o volume de CO<sub>2</sub> produzido pelos humanos (ROCHA, APUD CARVALHO; LIMA, 2010).

Esta dificuldade também se dá pelo comportamento diferenciado das plantas, como seu porte, capacidade de absorção, desenvolvimento, presença de hospedeiro, dentre outros. Segundo pesquisa desenvolvida pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), da Universidade de São Paulo, o plantio deve obedecer a algumas normas, como preparar corretamente o solo,

escolher espécies apropriadas para a região, verificar a qualidade de sementes e de mudas, além de cuidar da manutenção da área.

A compensação da emissão de carbono pode ocorrer por meio de plantio de árvores, pois estas para sobreviver realizam fotossíntese, e esse processo ocorre quando as plantas retiram o CO<sub>2</sub> da atmosfera e o fixa nos seus tecidos vegetais, retornando o oxigênio (FREITAS, APUD PROFETA, 2021). De acordo com pesquisa elaborada pela ESALQ/USP, são necessárias 7,14 árvores da Mata Atlântica para compensar cada tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente emitida. Já o Instituto Brasileiro de Floresta (IBF) indica que a cada 7 árvores, é possível tirar 1 tonelada de carbono do ambiente nos seus primeiros 20 anos. (INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS).

## 6. CONCLUSÕES

### 6.1. OBJETIVOS DA PESQUISA RELACIONADOS AOS RESULTADOS

A pesquisa contribuiu para compreender e caracterizar o comportamento do tráfego nos portões principais da UNIFAP a partir de contagens volumétricas. Com o estudo foi possível confirmar a superioridade esperada na utilização do portão 1 (Rodovia Josmar Pinto), justificado, dentre outros fatores, existir uma parada de ônibus à frente e facilidade nas vias de acesso, superando quanto a utilização do portão 2 em 51,7%.

Outro fato interessante foi em relação à utilização de transportes particulares: 53,4% utilizaram veículos pelo portão 1, enquanto que pelo portão 2 foi de 64%. Demonstram os dados que apesar de se tratar de uma Universidade pública, com maior apelo popular, a maioria consegue ir à UNIFAP de veículo particular, além de ocasionar elevada poluição causada pelos gases de efeito estufa.

Com o estudo foi possível verificar a demanda de público e procura da Universidade quanto ao turno, no geral ocorreu maior volume de tráfego durante a noite, com 39,4%, depois a tarde com 37,1% e por último pela manhã com 23,5%. Pode-se assim, concluir que a maior procura pelas ofertas que a UNIFAP proporciona ocorre pelo período noturno, seguido da tarde, porém se detalhar mais essa informação nos gráficos que demonstram a variação do volume a cada 15 minutos (22 e 25), pode-se verificar que ocorre grande pico de movimentação para o turno da noite.

Um dos propósitos do trabalho foi, além de realizar o levantamento do quantitativo do poluente CO<sub>2</sub> emitido, apresentar proposta de mitigação para tal poluição. Aliado a esta problemática, surgiu a ideia - ao ouvir participantes em reunião de discussão sobre o Plano Diretor da necessidade de mais áreas verdes para sombras e conforto climático próximo aos prédios construídos recentemente, que suprimiram estas vegetações - de sugerir este quantitativo de mudas de árvores a serem plantadas para mitigação do CO<sub>2</sub> nestas áreas necessitadas.

Para tanto, chegou-se à Conclusão, de acordo com as pesquisas do Instituto Brasileiro de Florestas (IBF), que seriam necessárias a plantação de 44 mudas de plantas para conter a emissão de 6,2 toneladas. Isto desconsiderando o levantamento botânico disponível nas dependências da UNIFAP, tendo a informação levantada somente para aproveitamento nas áreas verdes necessárias.

De acordo com a cartilha de arborização urbana para Macapá-AP (2013), ao escolher espécies para plantar em espaços públicos é necessário escolher espécies que sejam nativas e/ou aquelas que melhor se adaptam ao clima e solo da região. Desta forma, o trabalho sugere plantar mudas de Alvineira, e Ipês, que são nativos da região, e oiti, que apesar de ser exótica, é adaptada à região (JIMENEZ, 2019).

## 6.2. SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

- Nova contagem volumétrica e pesquisa de tráfego considerando o novo sentido, que agora é único, da rua Amadeu Gama (portão 2) para verificar se o comportamento de fluxo diário é modificado;
- Aprofundar o estudo de tráfego com o estudo de origem e destino dentro da UNIFAP para mais detalhamentos e caracterização do tráfego, os locais de maior demanda, estimar taxas de crescimento e outras informações relevantes;
- Contagem do tempo de espera em desembarques;
- Questionário socioeconômico;
- Estudo de poluição gerada considerando a média do tempo de espera do ônibus na parada em frente ao portão 1, com as demais informações citadas podem contribuir para conter informações mais precisas quanto ao tráfego interno da UNIFAP e mais precisão de poluição gerada.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Édler Lins de. **Qualidade do Ar Urbano: Controle, Monitoramento e Impactos da Poluição**, 2020.

ARBEX, Marcos Abdo; SANTOS, Ubiratan de Paula, MARTINS, Lourdes Conceição. **A poluição do ar e o sistema respiratório**. J Bras Pneumol, 2012.

BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental**, v.1, n.4, p. 112-165, 2011.

BARBOSA, João Victor Bezerra. **Metodologias de pesquisa adotadas nos estudos sobre Balanced Scorecard**. XIII Congresso Brasileiro de Custos. Belo Horizonte - MG, Brasil, 2006.

BARCELÓ, Jaume (Org.) **Fundamentals of Traffic Simulation**. New York: Springer, 2010.

BRAGA, B., HESPANHOL, I., CONEJO, J.G.L. (et al.). **Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana. **PlanMob: Caderno de Referência Para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana**. Brasília, 2015.

BRIANEZI, D.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; GONÇALVES, W.; ROCHA, S. J. S. S. Balanço de emissões e remoções de Gases de Efeito Estufa no campus da Universidade Federal de Viçosa. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 2, 2014.

CACHOLA, Celso da Silveira. **Análise de tráfego na PN de Rio Grande da Serra: um estudo de simulação com o software SUMO (Simulator of Urban Mobility)**. FATEC. Guarulhos, São Paulo, 2019.

CAMPOS, Vânia Barcellos Gouvêa. **Planejamento de transportes: conceitos e modelos**. 1. ed. – Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

CARTILHA DE ARBORIZAÇÃO URBANA PARA MACAPÁ-AP 2013. Disponível em: <<https://www2.unifap.br/arquitetura/files/2020/07/Furtado-et-al.-2013-Um-lugar-a-sombra-plano-de-arborizacao-para-Aveni-2.pdf>>. Acesso em: 22-05-2023

CARVALHO M. B. F. **Poluição Atmosférica E Mudanças Climáticas**. 2009. Disponível em: <[http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio\\_resumo2009/relatorio/dir/mariana\\_carvalho.pdf](http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2009/relatorio/dir/mariana_carvalho.pdf)>. Acesso em: 10/03-2023.

CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de. **Emissões relativas de poluentes do transporte urbano**. Boletim Regional, Urbano e Ambiental – IPEA, 2011.

CARVALHO, E. C.; LIMA, M. A. **Emissões de CO<sub>2</sub> equivalente provenientes de atividades ligadas a estágio de iniciação científica.** In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 4., 2010, Campinas. Anais... Campinas: IAC: ITAL: APTA; Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2010. 1 CD-ROM. 10403.

CUCCI NETO, João. **Aplicações da Engenharia de Tráfego na segurança dos pedestres.** São Paulo, 1996. 299p.

DAPPER, Steffani Nikoli, SPOHR Caroline; Zanini, Roselaine Ruviaro. **Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no Estado de São Paulo.** Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria/Rio Grande do Sul, Brasil, 2016.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de estudos de tráfego. Rio de Janeiro, 2006. 384 p.

DNIT (2006). Manual de Estudos de Tráfego. **Publicação IPR – 723.** Brasília, D.F. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Ministério dos Transportes.

ESALQ/USP. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo. **Uma árvore da Mata Atlântica chega a tirar 163 kg de CO<sub>2</sub> da atmosfera.** 2013. Disponível em: <[https://www.esalq.usp.br/acom/clipping\\_semanal/2013/3marco/23\\_a\\_29/files/as\\_sets/downloads/page0013.pdf](https://www.esalq.usp.br/acom/clipping_semanal/2013/3marco/23_a_29/files/as_sets/downloads/page0013.pdf)>

FIORILLO Ferreira RM. Direito ambiental tributário. São Paulo: Saraiva; 2009. 159p.

GUITARRARA, Paloma. **Poluição do ar ou atmosférica.** Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/biologia/poluicao-atmosferica.htm>>. Acesso em: 22-02-20223.

HEIJMEIJER, Alexis. Interligação entre a ferramenta de simulação SUMO e o projeto MAPS. 2016. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Bacharelado em Ciência da Computação – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS (IBF). **Compensação de CO<sub>2</sub> com Plantio de Florestas.** Disponível em: <<https://www.ibflorestas.org.br/conteudo/compensacao-de-co2>>. Acesso em: 21-04-2023.

JIMENEZ, Lorena Antunes. **Arborização urbana e políticas públicas na cidade de Macapá, Amapá: cenário atual e perspectivas futuras.** Universidade Estadual do Ceará. 2019.

JR Gilberto, Dessbesell. Simulação de Controle Adaptativo de Tráfego Urbano através de sistema multiagentes e com base em dados reais. Universidade de Santa Cruz do Sul. Santa Cruz do SUL, 2015.

JUNIOR, Alan Bena Aguiar. **Histórico da UNIFAP**. Reitoria da Universidade Federal do Amapá, 2015.

KRAJZEWICZ, d., bonert, m. e wagner, p. the open source traffic simulation package sumo. robocup 2006 infrastructure simulation competition. berlin – alemanha, 2002.

LIMA, kátia. aumento de vagas docentes não cobre expansão. **revista andes Especial**, Brasília, n. 3, p. 94-97, abr. 2013.

LOUREIRO L. N.; **Panorâmica Sobre Emissões Atmosféricas Estudo De Caso: Avaliação Do Inventário Emissões Atmosféricas da Região Metropolitana Do Rio De Janeiro Para Fontes Móveis**. Tese Universidade federal do Rio de Janeiro, 2005.

MARGON; BASILIO; MAGALHÃES. **A importância das pesquisas de fluxos de tráfego na tomada de decisão em projetos de infraestrutura viária urbana**. Disponível em:

<<http://pluris2010.civil.uminho.pt/Actas/PDF/Paper343.pdf>>

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Fontes Fixas**. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos.html>>. Acesso em: 05-03-2022.

MOTA, Seutônio. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 3a. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

NEVES, G. R. **A Aplicação De Softwares de Simulação de Tráfego na Evacuação de Áreas de Risco: Uma Análise Bibliográfica**. Anais do V Simpósio de Engenharia de Produção - SIMEP 2017 - ISSN: 2318-9258, Campina Grande, 2017.

OPAS-ORGANIZAÇÃO PAN – AMERICANA DA SAUDE – **Novas Diretrizes Globais de Qualidade do AR**, 2021.

PIETROANTONIO, H. et al - **Introdução à Engenharia de Tráfego** - Poli/USP - São Paulo, 1999.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Pesquisa e levantamentos de tráfego**. Companhia de Engenharia de Tráfego – CET. São Paulo, 1977. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/media/65280/bt31-%20pesquisa%20e%20levantamento%20de%20trafego-parte01.pdf>>. Acesso em: 20-02-2023.

PROFETA, Guilherme. **Experiências sustentáveis promovem compensação de carbono dentro e fora do Campus**, 2021. Disponível em:

<<https://uniso.br/unisociencia/r8/aquecimento-global-carbono-sustentabilidade.pdf>>

REVISTA OECO. **Afinal, quanto carbono uma árvore sequestra? Eco jornalismo ambiental.** Disponível em: <<https://oeco.org.br/analises/23034-afinal-quanto-carbono-uma-arvore-sequestra/>>. Acesso em: 12-03-2023.

RIQUETI, Ana Carolina. **Estudo de volume de tráfego e nível de serviço na alta e baixa temporada da rodovia SC-401.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2019.

SANT'ANNA, André; ALENCAR, Ane; PINHEIRO, Berta et al. **O Estado da qualidade do ar no Brasil.** WORKING PAPER | janeiro, 2021

SENA, Luiz Paulo Santos. **Desenvolvimento de software para gestão de obras de construção civil de pequeno porte.** Cruz das Almas-BA, 2018. Disponível em: <[https://www2.ufrb.edu.br/bcet/components/com\\_chronoforms5/chronoforms/uploads/tcc/20190608102619\\_2018.1\\_TCC\\_Luiz\\_Paulo\\_Santos\\_Sena\\_-\\_Desenvolvimento\\_de\\_software\\_para\\_gesto\\_de\\_obras\\_de\\_construo\\_civil\\_de\\_pequeno\\_porte.pdf](https://www2.ufrb.edu.br/bcet/components/com_chronoforms5/chronoforms/uploads/tcc/20190608102619_2018.1_TCC_Luiz_Paulo_Santos_Sena_-_Desenvolvimento_de_software_para_gesto_de_obras_de_construo_civil_de_pequeno_porte.pdf)>. Acesso em: 10-02-2023.

SETTI, José Reynaldo Anselmo. **Fluxo de veículos e capacidade viária.** Escola de Engenharia de São Carlos – USP. São Carlos, São Paulo, 2001.

SILVA, D.; SIMON, F. O. **Abordagem quantitativa de análise de dados de pesquisa: construção e validação de escala de atitude.** Cadernos do CERU, v. 2, n. 16, p. 11-27, 2005.

SZWARCFITER, L. 2004. **Opções para o Aprimoramento do Controle de Emissões de Poluentes Atmosféricos por Veículos Leves no Brasil: Uma Avaliação do Potencial de Programas de Inspeção e Manutenção e** [ufrj.br/ppe/production/tesis/lila.pdf](http://ufrj.br/ppe/production/tesis/lila.pdf)

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ. **Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) 2015-2019.** Macapá: UNIFAP, 2015.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ. **Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) 2020-2024.** Macapá: UNIFAP, 2020.

WITTE, Ana Carolina; FERNANDES, Christiane Wenck Nogueira; TAGLIALENHA, Silvia Lopes de Sena. **Uso de simulação na análise do tráfego na região central da cidade de Gaspar.** VIII Congresso brasileiro de engenharia de produção. Ponta Grossa. Paraná, 2018.