



# ConBRepro

XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



## ESG nas Engenharias

30 a 02  
de dezembro 2022

### Desenvolvimento de um sistema automatizado para contagem de veículos aplicado em uma rotatória

**GUSTAVO BENETTI**

Departamento de Engenharia Civil - UFSC

**RICARDO VILLARROEL DÁVALOS**

Departamento de Engenharia Civil - UFSC

**Resumo:** Resolver os principais problemas de tráfego urbano é uma tarefa que começa com a obtenção de dados confiáveis, servindo de parâmetros na investigação e elucidação de questões técnicas. Para tanto, neste artigo é proposto o desenvolvimento de uma ferramenta computacional, em linguagem de programação Python, desenvolvida no intuito de serem levantados dados de volumes de tráfego em uma rotatória na cidade de Sinop MT. Visando compor um instrumento na detecção de anomalias em estudos futuros, foi feito uso de uma câmera de vigilância presente na via e embasado em códigos foram processados os volumes de origem e destino de veículos em cada braço da rotatória. Como resultados foi possível obter, em cima dos trinta vídeos analisados com uma hora de duração cada, os números de carros, motos, ônibus e caminhões que acessam e saem da via.

**Palavras-chave:** Rotatórias, Programação em Python, Volume de tráfego.

### An automated system for counting vehicles at a roundabout

**Abstract:** Solving the main urban traffic problems is a task that begins with obtaining reliable data, serving as parameters in the investigation and elucidation of technical issues. Therefore, this article proposes the development of a computational tool, in Python programming language, developed in order to collect data on traffic volumes in a roundabout in the city of Sinop MT. Aiming to compose an instrument for the detection of anomalies in future studies, a surveillance camera was used on the road and, based on codes, the volumes of origin and destination of vehicles in each arm of the roundabout were processed. As a result, it was possible to obtain, on top of the thirty videos analyzed with one hour each, the numbers of cars, motorcycles, buses and trucks that access and leave the road.

**Keywords:** Roundabouts, Python Programming, Traffic Volume.

#### 1. Introdução

As médias e principalmente as grandes cidades sofrem continuamente com metodologias de tráfego insuficientes no controle e eficiência das condições demandadas pelo volume incidente, resultando em falhas ao gerir e conciliar os veículos que percorrem nas malhas urbanas. E com o crescimento no número de veículos, a infraestrutura torna se obsoleta

ocasionando formação de filas, atrasos, congestionamentos e acidentes que afetam a circulação dos serviços regionais (BARBOSA *et al.*, 2018).

A cidade de Sinop MT apresenta um crescimento acelerado para uma população de mais de 140 mil habitantes. Segundo o secretário do CIRETRAN Adilson Oliva Kovalski o total de veículos na cidade de Sinop MT equivale a 5,63% do total no estado, com um aumento significativo de 1,66% em 2021 na frota em relação ao ano 2020. Com problemas que são refletidos no tráfego, compondo o quarto maior do estado, e em rápido aumento que já tem afetado a mobilidade urbana vigente (SONOTICIAS, 2021).

As incertezas que estão presentes nos projetos de infraestrutura de transportes envolvem questões de planejamento, atividades construtivas, executivas e análises operacionais. Muitas vezes o problema começa no levantamento de informações importantes que devem compor como uma ferramenta a gestores públicos na tomada de decisões, seja por negligência, imperícia ou custos. Assim, dados importantes deixam de ser empregados adequadamente e afetam as operações futuras viárias (GIUFFRE *et al.*, 2017).

Baseando se em critérios de análise de vídeo, existem estudos que através de câmeras diversas como vigilância, fiscalização ou mesmo amadoras, adquirem tais informações presentes e buscam dar serventia para análise de fatores envolvendo trafegabilidade urbana e rodoviária. Tais vídeos geralmente são obtidos e guardados para que a equipe técnica possa fazer os estudos de contagem, tomando tempo e trabalho. Mas existem alternativas que focam na automatização destes processos, direcionando a programação computacional tal serviço (YANG; YANG, 2012).

Este trabalho é voltado a formular um sistema para contagem veicular utilizando câmeras de vigilância urbana na cidade de Sinop MT. Buscando contabilizar o fluxo incidente em uma rotatória nos quatro braços de acesso, embasado nos padrões de origem e destino viário para carros, motos, caminhões e ônibus. O algoritmo foi estruturado em linguagem Python, com auxílio de Open CV e bibliotecas de rastreamento e classificação dos veículos tais como YOLO (*You Only Look Once*) e COCO (*Common Objects in Context*).

Este artigo está dividido em cinco seções. A primeira, contextualiza o tema abordado neste trabalho, descrevendo sucintamente o problema, a metodologia utilizada e a ferramenta sugerida na avaliação do mesmo. A segunda trata de uma fundamentação teórica, voltada na discussão dos problemas de tráfego e de mecanismos auxiliares úteis na identificação destes, embasado em uso de câmeras e programação. Na terceira é apresentado a metodologia escolhida e na quarta o desenvolvimento e aplicação do sistema de contagem veicular proposto, focando na coleta de dados e no sistema de contagem de veículos elaborado. Após isso na quinta parte são levantadas as conclusões obtidas, e seguem a seguir as seções contendo as referências bibliográficas e o apêndice.

## **2. Referencial Teórico**

### **2.1 Mobilidade Urbana**

Na metade do século passado as cidades brasileiras tiveram um forte e acelerado crescimento econômico ligado a uma série de políticas públicas, com boa parte da população antes rural agora a ocupar regiões urbanas. Engrandecendo áreas periféricas e forçando o direcionamento urbano para zonas distantes dos centros e das regiões industriais, de tal modo que junto com essa política de expansão, também houve um aumento na frota de veículos (CARVALHO, 2016).

A mobilidade representa para as grandes cidades a principal forma de passagem de serviços e bens, conectando áreas de diversos níveis econômicos, culturais e sociais. Servindo ao desenvolvimento humano e de capitais, sendo praticamente impossível imaginar as grandes economias mundiais sem suas vias de trânsito que cortam e costumam o emaranhado das construções. A perda na mobilidade urbana traz consigo reflexos negativos, como a desestabilização econômica regional, impactos ambientais e sociais (REIS, 2014).

Sistemas de mobilidade não preparados e mal otimizados para o tráfego incidente não apenas oneram os serviços urbanos prestados, como também afetam os mais pobres. Incidindo sobre o deslocamento urbano, uso do solo, segregação do espaço, impactos sobre renda e etc. Por isso, gestores devem se ater ao planejamento e aplicação de recursos sob a perspectiva de toda a população regional e periférica (CARVALHO, 2016).

## **2.2 Sistemas para controle de tráfego veicular**

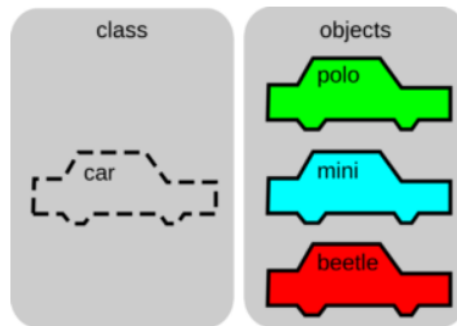
Sistemas para contagem de tráfego e processamento de informação foram desenvolvidos no intuito de facilitar o trabalho de gestores que lidam diretamente com diretrizes envolvendo velocidade veicular, tempo de espera, formação de filas e etc. Para tanto, existem *softwares* e *hardwares* pagos que desempenham tais atividades eficientemente, porém com custos muitas vezes elevados para determinadas atividades envolvendo estudos de certos cenários e avaliações de pouca duração (MEMON *et al.*, 2018).

A finalidade de sistemas de monitoramento de tráfego é o de detectar, rastrear e classificar veículos. Para realizar tarefas mais complexas como na contagem, cálculos de engenharia de tráfego e em estimativas volumétricas são necessários estudos relativos e programação e processamento de dados. Que também servem de base na detecção de anomalias, tendências e comportamentos de sistemas urbanos, mais uma vez auxiliando na tomada de decisão por autoridades (MEMON *et al.*, 2018).

Dentro do sistema que compõe o equipamento de monitoramento existe a parte de *hardware* que é a câmera estática instalada do lado da via, que captura o vídeo, e o *software* que é responsável por processar e analisar a informação recebida. Estes sistemas variam de acordo com a composição de atividades que podem desempenhar, como processamento em tempo real, rastreamento ou detecção da velocidade, o que também variará o preço do equipamento (LIU; KOENIG, 2010).

A funcionalidade desempenhada por *hardwares* e *softwares* é a de simular as redes neurais que o ser humano utiliza: quando vemos um carro e diferenciamos este pelo seu modelo, marca, cor etc. Dando o que é chamado de Programação Orientada a Objetos (POO), que basicamente entende algo real e transmite a ideia em linguagem computacional. Sendo focada em funções escritas que servem de procedimentos voltados a operação de dados. Subdividida em classes, que são dados pré-definidos; objetos, instâncias da classe; métodos, funções que descrevem o comportamento de um determinado objeto; e os atributos, definidos na classe e armazenam as informações dos objetos, figura 1 abaixo (MEMON *et al.*, 2018).

**Figura 1- Classes e objetos POO**



Fonte: ANDRADE (2020)

Existem elementos presentes em um POO que serão úteis para agilizar, automatizar e auxiliar no processamento da informação processada. Na programação estruturada, fundamentada nas classes e objetos definidos, cabem ainda os conceitos de encapsulamento, relacionada a abstrair determinadas informações; herança, sobre capturar dados de outros códigos; interface, referente a implementação dada as classes; polimorfismo, suas várias formas estruturadas em código; e também o *Design Patterns*, relacionada aos padrões estabelecidos (MEMON *et al.*, 2018).

Basicamente, o Python é uma linguagem que é modelada na Programação Orientada ao Objeto (POO). Utilizando uma função ou método que receberá parâmetros, no qual a orientação ao objeto é sistematizada por um grande conjunto de classes que irão comunicar e delegar atividades a quem tiver a atribuição. Sendo baseada nas etapas de encapsulamento, na qual caberá a tarefa de juntar os objetos; abstração, na ideia de se esconder determinadas informações sendo geralmente opcional; e herança, reaproveita classes ou componentes de outros códigos (ANDRADE, 2020).

Segundo o DNIT, a contagem de tráfego é de fundamental importância, devido a garantirem condições aos estudos de planejamento em geral, que são essenciais para o cumprimento de variadas finalidades: planejamento do sistema rodoviário; estabelecimento das tendências de tráfego no futuro, medição da demanda atual de serviços por via rodoviária e etc. De modo a fortalecer esses elos, algumas medidas tem sido aplicadas visando cobrir o máximo possível da malha viária brasileira e garantir que as demandas sejam atendidas (DNIT, 2022).

### 2.3 Sistema de classificação veicular em vias

Implementado junto ao Python, existem bibliotecas e metodologias de rastreamento de objetos que servem de auxílio na identificação dos mesmos. Uma destas é YOLO (*You Only Look Once*), sendo um algoritmo de reconhecimento de objetos em tempo real. Considerada rápida e simplista, tal metodologia usa de blocos pré-estabelecidos que serão agrupados e gerarão uma figura definida, como uma pessoa, carro e qualquer objeto registrado em sua biblioteca. Funciona amparada em processos de rastreamento das feições geométricas (comprimento, largura, altura) na manipulação e identificação em vídeos e imagens (BOCHKOVSKIY *et al.*, 2020).

YOLO é implementada sob a perspectiva de alguns processos de divisão e agrupamento de *frames*, sendo as principais descritas etapas descritas a seguir:

*Residual Boxes*: divide o *frame* em  $N \times N$  malhas;

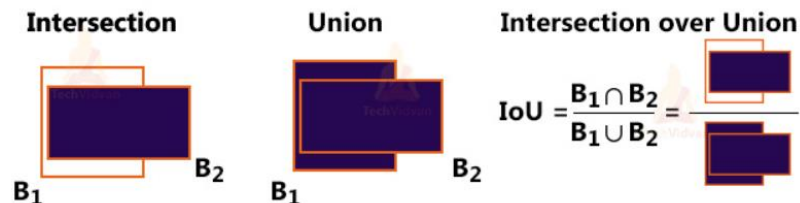
*Bounding Box regression*: cada célula da malha é lida, então YOLO determinará probabilisticamente qual objeto é.

*Intersection Over Union (IOU)*: realiza uma intersecção entre blocos diversos, como uma pessoa em cima de uma moto e distingue o que é o que;

*Non-maximum suppression*: delimitação da malha e separação dos objetos, trabalha em conjunto com IOU.

A figura 2 representa um quadro resumo das etapas:

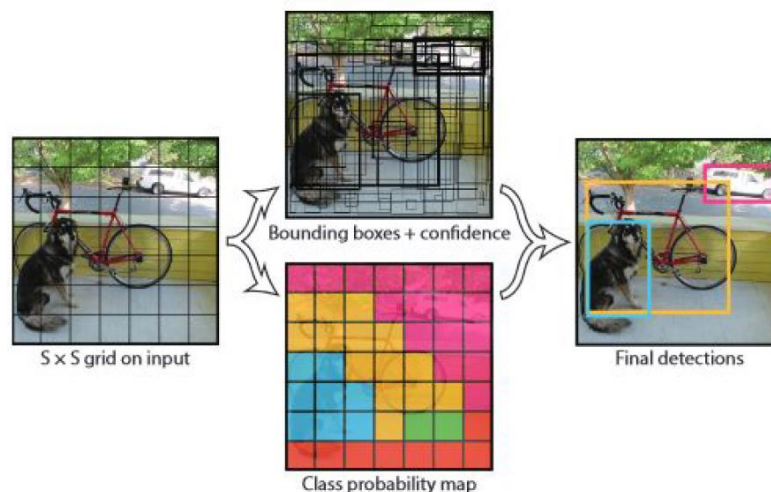
Figura 2 - Etapas YOLO



Fonte: ANDRADE (2020)

Conforme visto, cada etapa trabalha de acordo em identificar os objetos que surgem nos *frames*, possibilitando uma ação dinâmica e que não seja repetitiva. Ou seja, o mesmo objeto não será contado duas vezes seguidas. Sendo importante ressaltar que muitas imagens ou vídeos apresentam diversos elementos sobrepostos, conforme figura 3 com geração de sombras ou agrupamentos (por exemplo um carro rebocando um barco), assim são feitos diversos estudos de redes neurais objetivando minimizar tais interferências que podem causar significativos erros em contadores de tráfego (LIN, 2017).

Figura 3 - Processo de classificação de YOLO

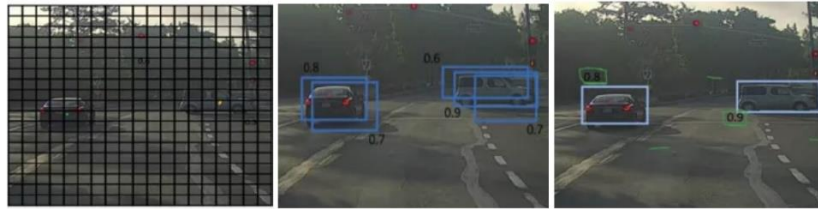


Fonte: ANDRADE (2020)

Junto a YOLO existe o chamado processo de *Non - Maximum Suppression* que consiste em como cada imagem será formada através do *grid*. Cada *frame* ficará encarregado de detectar se existe um objeto novo a ser designado e assim reconhecido. Os limites de cada objeto são definidos pelos *anchors* em que as diferenciações resultantes culminarão em um ou mais elementos: como um carro ou uma pessoa em cima de uma moto que representa apenas uma motocicleta. Assim, o melhor formato do *bounding box* é escolhido e configurado de modo a não sobrepor inadequadamente o que é visto na tela, figura 4 (LIN, 2017).

Figura 4 - Processo de non-maximum suppression





Fonte: ANDRADE (2020)

Desta maneira caberá o recurso da *non-maximal suppression* que ficará encarregado de escolher, dentro dos variados blocos dinâmicos sobrepostos, qual encaixará na melhor resolução possível no quesito *bounding box*. Nesta fase de determinação do objeto, entra em cena a *Intersection Over Union* para impedir a sobreposição de múltiplos objetos aparecerem como um único, figura 5, e a recontagem de itens já contabilizados (LIN, 2017).

Figura 5 - Oclusão veicular



Fonte: ANDRADE (2020)

O rastreamento do que é passado na tela é feito ao longo da execução do vídeo, ou seja, o objeto é mapeado por todo o trecho existente. Com os principais problemas que podem surgir neste processo: oclusão veicular, mudança de perspectiva ou movimentação da câmera. Assim, tentando reduzir interferências, existe uma probabilidade mínima estimada conforme estes se aproximam da linha identificatória, com estimativa de pelo menos 10% para uma boa contabilização e acerto do que é visto. Para tanto, configurar as linhas de contagem é um passo importante nesta etapa bem como escolher bem o local de posicionamento das câmeras utilizadas (BOCHKOVSKIY *et al.*, 2020).

A contagem de veículos que circulam em uma via se dará pela demarcação de uma região de interesse, no caso serão linhas divisórias acessórias implantadas no vídeo, que indicam um início, dado pela entrada do veículo, e fim da contagem com a saída do objeto almejado. Nesta etapa o veículo só é contabilizado uma única vez, independente de quantas vezes este surgiu no vídeo, e a informação é guardada conforme a classe do mesmo (MEMON *et al.*, 2018).

A biblioteca Open CV – Python auxilia na construção de um modelo de acesso ao YOLO, trabalhando em parceria na modelagem de cada frame ativo. Para isso, é de grande utilidade os módulos internos chamados de *Deep Neural Network* (DNN), que funciona como um algoritmo que modela atividades de reconhecimento interno de *frame por frame*. Ou seja, trata-se de reconhecer padrões previamente definidos por usuários (ANDRADE, 2020).

Quando é trabalhado com compatibilidade entre plataformas ou bibliotecas, é importante ressaltar questões como funcionalidade e tempo de espera para obtenção de respostas. Como, por exemplo, quanto demorará para ser realizada a leitura de um vídeo e a obtenção

dos dados esperados? Obviamente, é buscado um menor tempo para levantamento de informações. Para tanto, o uso de ferramentas disponíveis em *hardware* pode tornar o processo mais ágil e eficiente (LIN, 2017).

As bibliotecas YOLO e COCO englobam um conjunto pré-cadastrados de objetos que serão lidos a cada *frame* e resultarão na catalogação da figura. Estão inseridos padrões de 88 imagens conhecidas em nosso cotidiano, como carros, motos, aviões, bicicletas e etc. Nestas coleções registradas em planilhas de arquivos, temos os contornos geométricos relativos à forma de cada objeto incluído, como por exemplo a representação de ônibus que é diferente de um avião, ou de um carro em relação a uma moto e etc. Desta forma, no momento da execução do código em linguagem estruturada, veremos os contornos que o *Tracker* (Rastreador) decodificará embasado no princípio matemático da Geometria Euclidiana relacionando a distância entre pontos (BOCHKOVSKIY *et al.*, 2020).

### 3. Metodologia

O procedimento para o desenvolvimento deste trabalho pode ser considerado um estudo de caso, definido como uma análise de natureza empírica que investiga um determinado fenômeno, geralmente contemporâneo, dentro de um contexto real de vida, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto em que ele se insere não são claramente definidas (MIGUEL, 2007).

A figura 6 retrata as etapas que serviram de apoio na realização deste estudo. A primeira etapa foi a busca de materiais, manuais e publicações que fortaleceram a ideia. Depois foram realizadas as capturas dos vídeos, com levantamento e modelagem dos dados, posteriormente teve foco a análise e correlação dos resultados, bem como a conclusão deste estudo.

FIGURA 6 - Etapas metodológicas para estudo de caso



Fonte: Acervo próprio (2022)

A estrutura metodológica está organizada conforme exposto a seguir, com uma explicação de como os dados foram obtidos e trabalhados levando em conta as dificuldades observadas. A seguir é explicado em como o sistema de contagem foi programado, baseado no princípio da otimização e transformação dos dados em planilhas. E por fim, os resultados observados neste projeto.

### 4. Sistema contagem veicular proposto

#### 4.1 Coleta de Dados

Na cidade de Sinop MT as rotatórias estão presentes em cruzamentos que ligam importantes partes do município, servindo como um sistema para escoamento de tráfego, refletindo nos interesses econômicos, sociais e culturais de toda a região. A serventia desses importantes sistemas de tráfego está atrelada ao número de veículos que compõem a malha urbana, bem como fatores relativos a acidentes, falhas e engarrafamentos. Para este trabalho foi escolhida uma rotatória desta cidade, localizada entre os cruzamentos das avenidas das Itaúbás e Júlio Campos, figura 7.

FIGURA 7 - Representação da região estudada



Fonte: Google Maps (2022)

Por meio da grata ajuda e parceria com a Secretária de Trânsito de Sinop (STU), foi possível obter vídeos provenientes de câmeras de segurança. Os arquivos são provenientes de três meses gravados durante os períodos: setembro, outubro e novembro. Sendo que os dados eram mesurados entre os horários de sete e oito da manhã, meio dia e uma hora, cinco as seis. Para três dias durante a semana (entre segunda e sexta), alternando a data. Ao final foram contabilizados 30 arquivos de filmografia, cada um com uma hora de duração.

#### 4.2. Implementação do sistema proposto

O uso de computadores na descrição de fenômenos é de grande utilidade na avaliação de tarefas com grande empreendimento de gastos e esforços. Como os processos de contagem veicular envolvem tempo, quantidade razoável de dados e equipamentos, otimizar as ações é agilizar e garantir maior eficiência no diagnóstico e solução dos problemas constatados. Assim, neste estudo a automação da contagem de veículos que incidem na rotatória foi fundamental para que as 30 horas de vídeos, fossem extraídas as informações de tráfego referente aos carros, caminhões, ônibus e motocicletas que circulavam na via.

A automação em Python teve participação das bibliotecas Open CV, responsável pela leitura dos vídeos; da base de dados COCO, que delimita padrões geométricos de cerca de 80 objetos. Sendo os alvos deste estudo já inseridos com suas feições, bem como da rede delimitadora YOLO (*You Only look Once*), que através de linhas de reconhecimento de padrões de entrada e saída, contará apenas uma única vez cada objeto.

Pensando como uma rede neural o algoritmo implementado trabalhou na localização do objeto em movimento na tela, encontrando os *frames* que modelam o veículo e diferenciando o mesmo de outros que se encontram no entorno. Neste processo, a imagem completa é detectada e gera um contexto que é representada por uma caixa que fixa o mesmo do início até o fim do aparecimento na tela. Porém a contagem só é acionada quando os veículos passarem pelas linhas delimitadoras conforme figura 8.

FIGURA 8 – Contagem sendo executada





Fonte: Acervo próprio (2022)

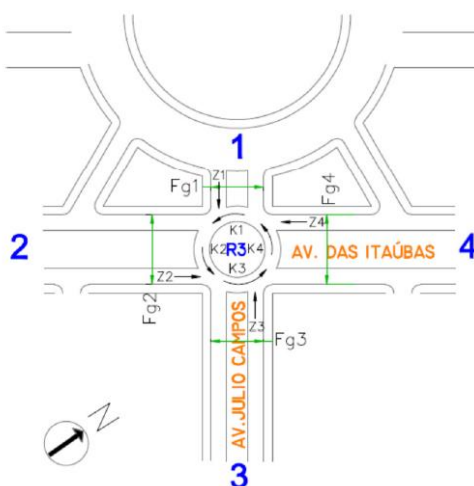
Envolvendo a criação de sistema *tracker* e de um código para leitura dos vídeos, contabilização e geração dos arquivos em formato de planilha digital csv. Dividindo os mesmos nas classes de veículos: automóveis, ônibus, caminhões e motocicletas. Os arquivos gerados foram separados de acordo com as quatro entradas e saídas da via rotular, pelos padrões de origem e destino.

As etapas de extração dos dados seguiram o modelo de implementar um código pelo método Open CV, no qual é feita a leitura do vídeo *frame* por *frame*. Após isso são definidas as linhas de identificação veicular, que acionará o *tracker* nesta multitarefa de maneira a capturar as feições do objeto em cena. Por meio disso, um parágrafo de códigos realizará a contagem separada dos objetos, vale lembrar que existe uma divisão no vídeo que serve para classificar tanto os veículos da origem, entrando na rotatória, quanto os do destino, na saída. Após isso, o algoritmo verifica se acabaram os *frames* lidos e converte os dados em um arquivo csv.

### 4.3 Resultados

A ideia de automatizar o processo de catalogação de imagens e vídeos contendo informações relevantes é baseada no princípio do ganho de tempo, otimização e segurança na tomada de decisões. Assim, o volume viário de carros, motos, caminhões e ônibus observado conforme a incidência em entrada e saída proposto, poderá compor um importante mecanismo na alocação de recursos de infraestrutura. Os padrões utilizados seguem para cada braço da via embasado na figura 9.

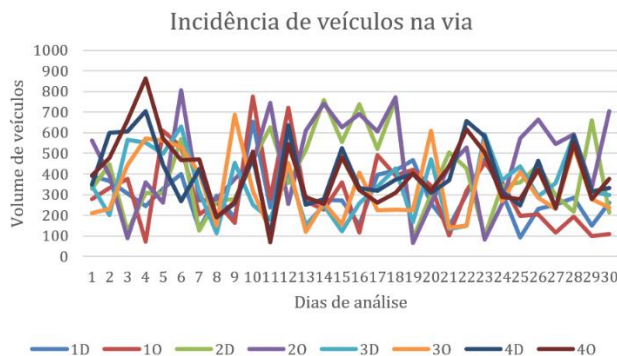
FIGURA 9 – Padrões de Origem e Destino



Fonte: NETO (2014)

Os volumes de tráfego registrados foram contabilizados e representados em função da incidência destes na rótula, variando entre pouco menos de 100 veículos até quase 850 no total de veículos nas horas de pico dos levantamentos. Conforme os 30 arquivos contabilizados, os dados aparecem abaixo na figura 10 em função dos padrões de acesso e saída, em que por exemplo 1D representa o destino em 1, e 1O a origem em 1.

**FIGURA 10 - Incidência de veículos na via**



**Fonte: Acervo próprio (2022)**

## 5. Conclusões

Neste estudo foram propostos o desenvolvimento e a utilização de um sistema de contagem de tráfego veicular, amparado em linguagem de programação com o intuito de auxiliar gestores urbanos na identificação de problemas. Para tanto foram necessários a coleta de dados, programação e finalmente a observação do volume. Contabilizando assim o total de veículos do tipo carro, motos, ônibus e caminhões que pela via circulavam.

Sabendo dos desafios enfrentados na solução de problemas de engenharia de tráfego, gestores podem ter que lidar com ausência de dados que descrevam com precisão eventos nas principais vias urbanas. Para tanto seriam necessários gastos elevados na catalogação de informações relevantes, o que muitas vezes é visto como um investimento não previsto nos orçamentos municipais.

Muitas cidades apresentam investimentos em centrais de monitoramento voltado a segurança pública ou a possibilidade de instalação de sistemas mais simples com câmeras amadoras. Com este intuito, este trabalho visou a construção de algoritmos na coleta de dados provenientes de câmeras alocadas no perímetro urbano da cidade de Sinop MT, enfatizando uma rotatória. Amparado em programação em Python aprimorada com bibliotecas de identificação, classificação e contagem veicular, com posterior arquivamento dos dados.

Os volumes de tráfego foram computados em arquivo de planilhas digitais embasado nos padrões de: carro, motos, ônibus e caminhões. Possibilitando entender o total de veículos que incidem em cada hora de pico na via em questão. Os resultados possibilitam análises estatísticas e de padrões de chegada e saída que podem ser úteis a gestores na identificação dos problemas existentes.

O principal desafio enfrentado neste estudo foi a alocação das linhas delimitadoras que servem de contador para os veículos. Devido presença de vegetação nas proximidades, bem como da necessidade de um dado espaço para que os veículos possam obter uma boa classificação estatística de qual classe pertencem. Além disso, um dos vídeos obtidos estava com a visão borrada pelo efeito da chuva e em outro a câmera não estava estática o que impossibilitou o uso das imagens.

Como sugestões para trabalhos futuros fica a indicação de previsão de formação de filas, cálculos dos tempos de espera para acesso à via pelos usuários e implementação de novas formas de contagem aplicado a pedestres, bem como a aplicação em outras vias urbanas ou rodoviárias do sistema de contagem.

## Referências

ANDRADE, M. M. **Aplicação De Visão Computacional Para Rastreamento E Contagem De Veículos Em Rodovias**. Rio de Janeiro – RJ. 67 páginas, 2020. Monografia (Graduação) Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ.

BARBOSA, L.V. et al. Estudo Viário Da Rotatória Da Praça Alberto De Paula, Em Franca/SP. **18º Congresso Nacional de Iniciação Científica**. CONIC – SEMESP. São Paulo, 2018.

BOCHKOVSKIY, Alexey; WANG, Chien-Yao; LIAO, Hong-Yuan Mark. **YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection**. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/340883401\\_YOLOv4\\_Optimal\\_Speed\\_and\\_Accuracy\\_of\\_Object\\_Detection](https://www.researchgate.net/publication/340883401_YOLOv4_Optimal_Speed_and_Accuracy_of_Object_Detection). 2020. Acessado em 08 de setembro de 2022.

CARVALHO, C. H. R. Mobilidade Urbana: Avanços, Desafios E Perspectivas. **O Estatuto da Cidade e o Habitat III: um balanço de quinze anos da política urbana no Brasil e a Nova Agenda Urbana Brasília**. Brasília: IPEA, Cap. 14. 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Plano Nacional de Contagem de Tráfego**. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/planejamento/contagem-de-trafego>. Acessado em 10 de setembro de 2022.

GIUFFRÈ, O., GRANÀ, A. & TUMMINELLO, M. L. Exploring the uncertainty in capacity estimation at roundabouts. **Eur. Transp. Res. Rev.** **9,18** 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12544-017-0238-8>.

LIN, Tsung-Yi et al. Feature pyramid networks for object detection. In: **Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition**. 2017. p. 2117-2125.

LIU, Fuwen; KOENIG, Hartmut. A survey of video encryption algorithms. **Computers & Security**. Volume 29, Issue 1, 2010, Pages 3-15, ISSN 0167-4048. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cose.2009.06.004>. Acessado em 10 de setembro de 2022.

MEMON, S.; BHATTI, S.; ALI, L.; TALPUR, M. e MEMON, M. A Video based Vehicle Detection, Counting and Classification System. **International Journal of Image, Graphics and Signal Processing**, 2018. DOI: 10.34-41. 10.5815/ijigsp.2018.09.05.

MIGUEL, P. A. C. **Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução**. Production, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.

NETO, N. C. **Análise De Nível De Serviço E Alternativas De Melhoramento De Rótula Urbana**. Monografia (Graduação), 2014 - Universidade do Estado de Mato Grosso.

REIS, M. A. S. Mobilidade Urbana: Um Desafio para Gestores Públicos. **Cadernos FGV Projetos sobre Mobilidade Urbana**, nº 24, Rio de Janeiro - 2014.

SONOTICIAS (2021). **Frota de veículos em Sinop aumenta**. *Revista digital*. Disponível em: <https://www.sonoticias.com.br/economia/frota-de-veiculos-em-sinop-aumenta-mais-de-3-e-cresce-mais-que-a-media-estadual/>. Acessado em 27 de novembro de 2021.

YANG, S. e YANG, X. The Application of the Queuing Theory in the Traffic Flow of Intersection. **International Journal of Mathematical, Computational, Physical, Electrical and Computer Engineering**. Vol:8, No:6, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1094687>.

## **ANEXO**

O código aberto desenvolvido está disponível no endereço:  
<https://github.com/gustab31/contador-de-veiculos.git>