



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



25º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 48ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPV)

METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DO TRÁFEGO RODOVIÁRIO UTILIZANDO A TÉCNICA DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS

DOI: (a ser preenchido após o envio do código DOI da publicação)

Mario Sergio de Souza Almeida^{1,2,3}; Acbal Rucas Andrade Achy¹; Weiner Gustavo Silva Costa¹; Vanessa Rebouças Santana²; Nelson Warga Filho³; Carlos Alberto Abramides³; Cássio Alberto Teoro Carmo⁴ & Geraldo Luciano de Oliveira Marques⁵

RESUMO

O programa de calibração do Método de Dimensionamento Nacional de pavimentos asfálticos (MeDiNa) demanda uma maior assertividade na estimativa do número N para cada sentido de tráfego da via. No presente trabalho, apresenta-se a metodologia em desenvolvimento para monitoramento contínuo do tráfego por filmagem, com câmeras instaladas em postos de combustíveis situados nas margens das rodovias federais, em locais próximos aos segmentos experimentais implantados. Inicialmente, o sistema das câmeras IP fará as gravações dos vídeos e disponibilizará para um servidor em nuvem. Os diversos vídeos salvos em sequência terão duração de até 5 minutos cada e qualidade de reprodução de 720p. Essa combinação entre tempo e qualidade garante que os vídeos gravados em tempo real sejam disponibilizados ao operador de forma mais rápida possível. Esta etapa do procedimento já foi verificada e está sendo realizada continuamente. A identificação, classificação e aferição do sentido dos veículos de interesse serão realizadas a partir de algoritmos de processamento de imagem e inteligência computacional. A expectativa inicial é de que os dados de tráfego obtidos com a aplicação desta técnica de processamento de imagens serão úteis para avaliação mais realista do número N em segmentos experimentais implementados na malha viária federal brasileira, permitindo assim uma maior acurácia na determinação da evolução do tráfego nesses segmentos.

PALAVRAS-CHAVE: número N; segmento experimental; PRO-MeDiNa; calibração; MeDiNa.

ABSTRACT

The calibration program of MeDiNa (National Dimensioning Method for asphalt sidewalks) demands greater assertiveness in the estimation of the number N for each direction of road traffic. In this paper, we present the methodology under development for continuous monitoring of traffic by filming, with cameras installed in gas stations located on the sides of federal highways, in places close to the experimental segments implemented. Initially, the IP camera system will record videos and upload them to a cloud server. The several videos saved in sequence will be up to 5 minutes long and playback quality of 720p. This combination of time and quality ensures that the videos recorded in real time are made available to the operator as quickly as possible. This step of the procedure has already been verified and is being carried out continuously. The identification, classification, and direction assessment of the vehicles of interest will be performed using image processing and computational intelligence algorithms. The initial expectation is that the traffic data obtained with the application of this image processing technique will be useful for a more realistic evaluation of the number N in experimental segments implemented in the Brazilian federal highway network, thus allowing greater accuracy in determining the evolution of traffic in these segments.

KEY WORDS: N number; experimental segment; PRO-MeDiNa; calibration; MeDiNa.

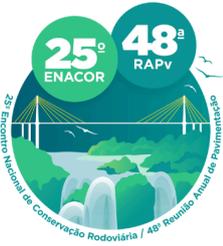
¹ Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, e-mail: mario.almeida@ufrb.edu.br; acbal@ufrb.edu.br; weiner@ufrb.edu.br

² Universidade Estadual de Feira de Santana, PPGCEA-DTEC, Av. Transnordestina, s/n, Feira de Santana/BA, e-mail: vanessarseng@gmail.com

³ Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, e-mail: mario.almeida@dnit.gov.br; nelson.warga@dnit.gov.br; carlos.abramides@dnit.gov.br

⁴ HUESKER Ltda., e-mail: cassiocarmo@gmail.com

⁵ Universidade Federal de Juiz de Fora, e-mail: geraldo.marques@ufjf.br



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



INTRODUÇÃO

Após quase 60 anos, a infraestrutura rodoviária brasileira está vivenciando um momento histórico. O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) desenvolveu, em parceria com a COPPE/UFRJ, um método mecanístico-empírico de dimensionamento de pavimentos asfálticos, alicerçado nas mais modernas práticas rodoviárias do mundo. Esse método, lançado em 2020, foi chamado de MeDiNa, um acrônimo de Método de Dimensionamento Nacional, que presta uma justa homenagem ao professor e pesquisador Jacques de Medina (MeDiNa), e tem como objetivo substituir o atual método empírico vigente.

Outros países, como é o caso dos Estados Unidos da América (MEPDG), França (ALIZÉ), Alemanha (RDO Asphalt 09), África do Sul (SAPEM) e México (IMT), possuem também métodos mecanístico-empíricos de dimensionamento (MOTTA, 2017). A primeira versão do *Mechanistic-Empirical Procedure Design Guide* (MEPDG), dos Estados Unidos da América, por exemplo, foi lançada pela *American Association of State Highway Transportation Officials* (AASHTO), em 2002, com contínuas atualizações (2004, 2008, 2013, 2015 e 2017).

Assim como esses métodos de dimensionamento citados, o MeDiNa necessita realizar o aperfeiçoamento contínuo de sua calibração para que as equações de desempenho propostas reflitam, com boa assertividade, o real comportamento do pavimento observado no campo. A estratégia delineada pelo DNIT para cumprir essa tarefa foi materializada no Guia PRO-MeDiNa para Execução de Segmentos Experimentais, publicação IPR-DNIT 749 (DNIT, 2020), que estabelece diretrizes para a construção e monitoramento de segmentos experimentais.

Na fase de monitoramento, diversos parâmetros são rotineiramente inventariados para avaliação das condições funcional e estrutural do pavimento em serviço. Essas condições são dependentes de vários fatores, e dentre estes está o carregamento acumulado de passagens do eixo padrão de 8,2 t, representado pelo número N .

No MeDiNa, a função de transferência, que transforma dano por fadiga em área trincada, foi definida por Fritzen (2016) e atualizada por Fritzen *et al.* (2019). Esta função é caracterizada pela evolução do trincamento do tipo sigmoidal, a qual está apresentada na Figura 1.

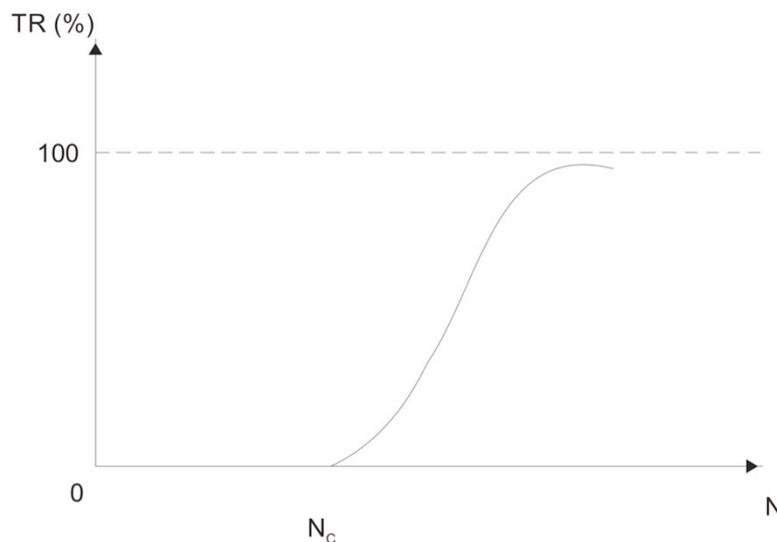
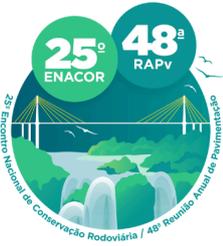


Figura 1 - Função sigmoidal que representa as fases do trincamento do pavimento asfáltico (DNIT, 2006).



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Na Figura 1, a evolução do trincamento (TR) pode ser dividida em três fases, sendo que a primeira delas ocorre entre o início da operação da via ($N = 0$) e o número N acumulado correspondente ao começo do surgimento das trincas (N_c), onde o pavimento permanece praticamente íntegro, ou seja, com área trincada tendendo a zero. A segunda fase é caracterizada entre o carregamento acumulado correspondente ao início do surgimento das trincas (N_c) e a evolução acentuada da área trincada, com aumento da tangente da curva sigmoideal. Por fim, na terceira fase, o pavimento tende a apresentar trincamento próximo de 100% da área, com a tangente da curva diminuindo. A expectativa depositada no Guia PRO-MeDiNa é acompanhar o momento em que o N_c seja atingido após a implementação do segmento experimental, de forma a possibilitar definir o comportamento de cada seção estudada num período de tempo considerado adequado.

Entretanto, o desafio que se impõe é avaliar, de forma acurada, a evolução do carregamento acumulado experimentado pelo pavimento do segmento experimental ao longo das três fases anteriormente descritas (Figura 1). De acordo com Almeida *et al.* (2022), para estimativa da evolução do número N para segmentos experimentais poderão ser utilizados os dados dos equipamentos do Plano Nacional de Controle de Velocidade (PNCV) do DNIT, além dos dados do Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT), oriundos de estações próximas de cada segmento monitorado. Os equipamentos do PNCV e PNCT, que utilizam sensores tipo Detector por Laço Indutivo (DLI), classificam os veículos por tamanho e distância entre eixos, respectivamente, possibilitando traduzir estas informações em volume de tráfego e VMD. O DLI é a principal metodologia utilizada de detecção para classificação de veículos no Brasil. Este procedimento consiste na captação das alterações na indutância de uma bobina (laço indutivo) instalada no pavimento asfáltico quando um veículo passa sobre ela.

A metodologia para determinação do número N contida no manual de estudos de tráfego do DNIT (DNIT, 2006) contempla, via de regra, a possibilidade de realização de estudos de tráfego realizados por 3 e 7 dias contínuos, 24 h por dia, para estimativa do volume médio diário (VMD) e cálculo do número N . Esta metodologia traz consigo algumas incertezas inerentes ao procedimento, as quais também podem acarretar erros significativos na estimativa do VMD e, conseqüentemente, do próprio número N . Dentre as incertezas, destacam-se a determinação dos fatores de sazonalidade, fator de crescimento anual do tráfego, fator direcional, carga real por eixo dos veículos e, ainda, a determinação da silhueta dos veículos comerciais.

Carvalho *et al.* (2015) determinaram a margem de erro do VMD estimado por meio de pesquisas de tráfego de curta duração. Neste trabalho, foram analisadas amostras de 3 e 7 dias (24 h/dia) provenientes de redutores eletrônicos de velocidade instalados em 9 rodovias no Estado de Minas Gerais. Os autores observaram variações distintas dos volumes de tráfego entre os dias da semana e meses do ano. A análise dos dados coletados apontou uma margem de erro médio de 10% para as amostras de 7 dias de contagem e 19% para as amostras de 3 dias.

Desta forma, o objetivo do presente estudo é apresentar o procedimento para monitoramento do tráfego com uso de câmeras de vídeo e metodologia de processamento computacional de imagens para determinação do volume de tráfego por sentido da via para estimativa mais acurada do VMD e número N .

MATERIAIS E MÉTODOS

No presente trabalho, apresenta-se as ações preliminares para adoção de metodologia de monitoramento contínuo do tráfego em segmentos experimentais do programa PRO-MeDiNa, que trata da determinação do volume de tráfego com auxílio da técnica de processamento de imagens com uso de software. O volume diário de tráfego, atualmente considerado para o cálculo do número



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



N do segmento experimental da BR-420/BA, é oriundo dos estudos que estão sendo realizados pelo DNIT para elaboração do projeto de restauração desta mesma rodovia (CREMA). Os referidos estudos aplicam a metodologia convencional, com duração da contagem de tráfego de 7 dias, 24 h/dia (DNIT, 2006), realizada com o auxílio de laços indutivos. A metodologia proposta no presente estudo consiste na instalação de câmeras de vídeo em postos de combustíveis existentes na malha rodoviária federal, nas imediações dos segmentos experimentais implantados, de forma a possibilitar o registro contínuo da passagem dos veículos (passeio e comerciais), por sentido de tráfego, por um período de tempo mínimo de 2 anos. Os dados gerados permitirão aferir o estudo de tráfego preliminar obtido do projeto de restauração do trecho, bem como comparar com a estimativa obtida a partir das informações colhidas do banco de dados do PNCT.

Determinação do volume diário de tráfego utilizando metodologia convencional

Para o presente estudo serão utilizados os volumes diários de tráfego, determinados para a BR-420/BA, entre os dias 16 e 22/03/2023, como parte dos levantamentos para o projeto de restauração que está sendo elaborado pelo DNIT para a rodovia. Esta determinação foi possível com a instalação de laços indutivos, no km 314, de coordenadas -13.369349 (latitude) e -39.884821 (longitude).

Instalação de sistema de monitoramento do tráfego por vídeo

Foi implantado entre os meses de abril e maio de 2023, no estado da Bahia, um segmento experimental do programa PRO-MeDiNa, na rodovia BR-420/BA, no município de Itaquara/BA, cujo local está indicado pela seta, na Figura 2, entre o km 315,00 e km 315,27, com extensão de 270 m, onde diferentes soluções foram executadas nas duas faixas de tráfego.

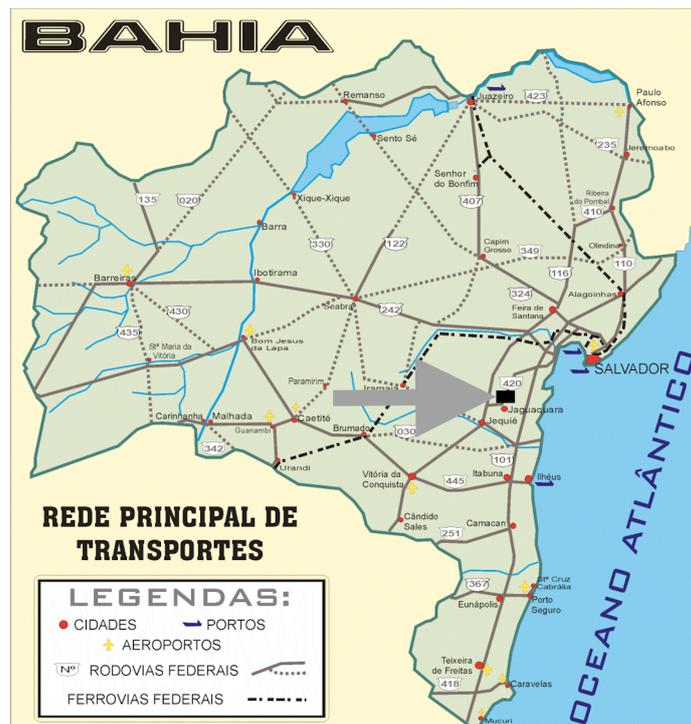
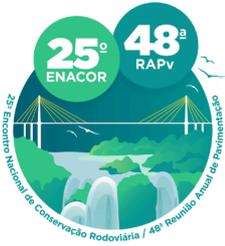


Figura 2 – Localização do segmento experimental executado na BR-420/BA.

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Transportes_da_Bahia#/media/Ficheiro:Bahia_transportes.png. Acesso em 03/06/2023



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



As seções testes implantadas servirão para avaliar o uso de 2 diferentes tipos de material de base (solo-brita e solo melhorado com 3% de cimento), além de três tipos de geogrelhas, totalizando 8 seções testes, sendo 3 no sentido crescente da rodovia e outras 5 no sentido decrescente. O detalhamento das soluções de pavimento no referido segmento experimental está apresentado na Figura 3.

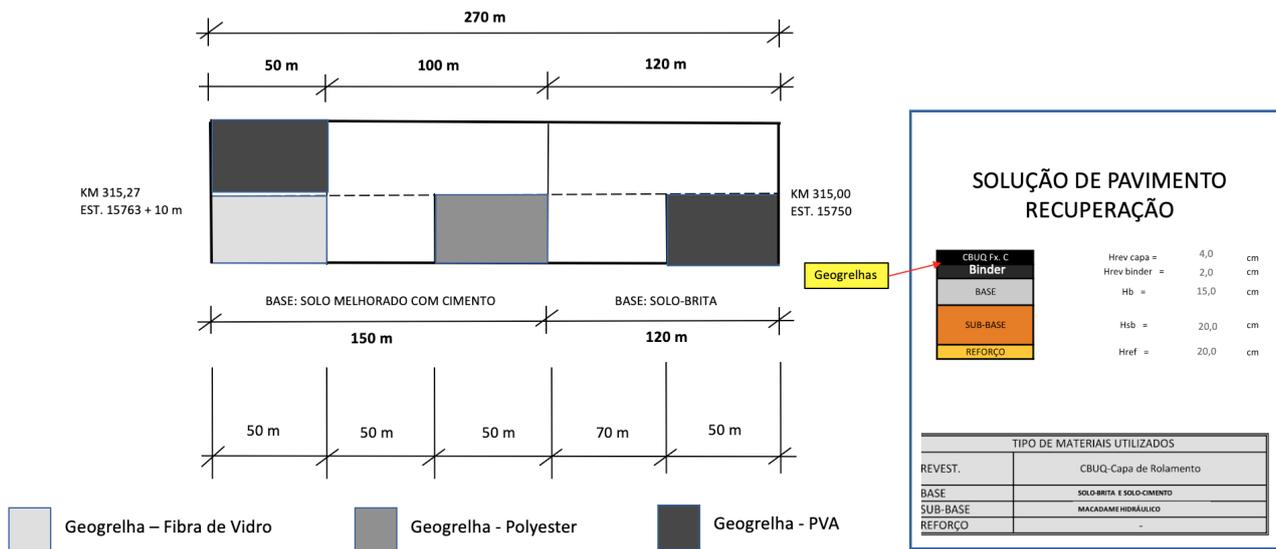
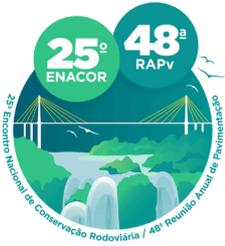


Figura 3 – Detalhamento de segmento experimental executado na BR-420/BA.

Em função das diferentes seções experimentais implantadas no segmento experimental (Figura 3), há necessidade de estimar a evolução do número N de forma individualizada por faixa de tráfego, possibilitando a determinação da evolução deste parâmetro de forma acurada, junto à evolução da área trincada, periodicamente verificada em campo, para cada seção teste. Portanto, pretende-se avaliar a precisão do número N determinado a partir do estudo de tráfego diário realizado com uso dos laços indutivos para o projeto de restauração da BR-420/BA.

Dessa forma, optou-se pela instalação de câmeras de vídeo em local considerado estratégico da rodovia, possibilitando o monitoramento contínuo do tráfego para posterior classificação e contagem dos veículos comerciais utilizando a técnica de processamento de imagens e inteligência computacional com uso de software específico. Assim, foi realizado contato com o representante de um posto de combustíveis localizado próximo ao segmento experimental, às margens da BR-420/BA, km 323,00, para solicitação de autorização para instalação de uma câmera para monitoramento do tráfego, com disponibilização de ponto energia e acesso à *internet* pelo estabelecimento. O representante prontamente concordou sob o argumento da importância desse tipo de monitoramento contínuo do tráfego para acurácia das informações que serão utilizadas no segmento experimental, as quais, em última análise, servirão para otimizar os projetos de pavimentos elaborados e executados pelo DNIT. O equipamento de filmagem já instalado e já em operação é a câmera IP wi-fi com Led infravermelho para visão noturna, resolução *full HD* 1080p, lente 3,6 mm, alimentação 12v, contendo cartão de memória de 32 Gb para armazenamento de dados. Na Figura 4, estão apresentadas: (a) vista geral do posto; (b) câmera posicionada; (c) imagem obtida do monitoramento por vídeo implementado.



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

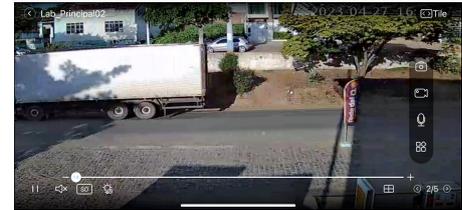
www.rapvenacor.com.br



(a) Vista geral do posto



(b) Câmera instalada



(c) Imagem do monitoramento

Figura 4 – Local de monitoramento contínuo do tráfego na BR-420/BA.

Metodologia de identificação dos veículos comerciais e sua direção

A identificação, classificação e aferição do sentido dos veículos de interesse serão realizadas a partir de algoritmos de processamento de imagem. Na Figura 5 são apresentadas as macro etapas executadas para a solução proposta.

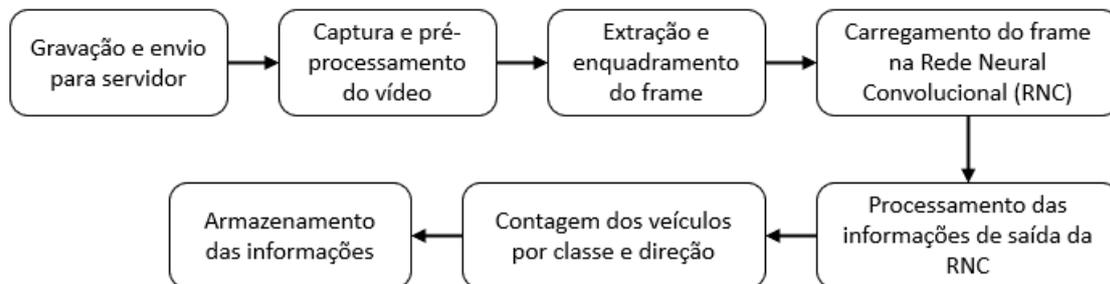


Figura 5 - Macro etapas do procedimento de classificação e indicação do sentido dos veículos comerciais.

Inicialmente, o sistema das câmeras IP fará as gravações dos vídeos e disponibilizará para um servidor em nuvem. Este processo será executado automaticamente pela programação embarcada nas câmeras. Os diversos vídeos salvos em sequência têm duração de até 5 minutos cada e qualidade de reprodução de 720p. Essa combinação entre tempo e qualidade garante que os vídeos gravados em tempo real sejam disponibilizados ao operador de forma mais rápida possível. Esta etapa do procedimento já foi verificada e está sendo realizada continuamente.

Com os arquivos de vídeos salvos, o operador apontará seu local salvo para que o algoritmo possa realizar o pré-processamento do vídeo carregado. Este pré-processamento buscará equalizar todas as imagens extraídas do vídeo (*frames*), enquadrará em um formato padrão para que, posteriormente, seja realizada a identificação dos veículos comerciais da frota que trafega pelo trecho em análise. O algoritmo que será utilizado nesta fase do procedimento pode ser visualizado em Culjak, *et al.* (2012).

A inteligência computacional embarcada no algoritmo será feita via modelo de Rede Neural Convolucional (RNC) treinado para reconhecer os veículos de interesse. Este irá receber os *frames* pré condicionados em sua entrada, fará a análise do conteúdo recebido e, como saída, indicará a classe do objeto identificado, a coordenada da posição (X e Y) do objeto na imagem, suas dimensões e o índice (número de 0 a 1) da confiabilidade do objeto identificado.

Quando a imagem chegar na entrada da RNC, esta será processada por diferentes camadas da rede que irão da transformação da imagem em uma matriz tridimensional RGB (valores de pixels), à delimitação do objeto detectado por bordas externas e, por fim, um vetor contendo todas as informações anteriormente informadas. O modelo da RNC utilizado neste procedimento poderá ser melhor compreendido em Redmon *et al.* (2016).



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



De posse das informações da saída da RNC, serão demarcados as bordas e o centroide do objeto identificado. Este centroide servirá como base para que, em conjunto com duas linhas virtuais, determine a direção do automóvel. Definidos o tipo de veículo e seu sentido, estas informações serão armazenadas em um arquivo que servirá de base para uma melhor estimativa do tráfego de veículos comerciais para aquela região em análise.

RESULTADOS PRELIMINARES E DISCUSSÕES

Volume diário de tráfego registrado no trecho pela metodologia convencional

Os resultados do estudo de tráfego realizado para o projeto do CREMA, da BR-420/BA, com contagem dos veículos realizada entre os dias 16/03/2023 e 22/03/2023, 24 h/dia, com uso de laços indutivos, estão apresentados na Tabela 1 (sentido crescente) e Tabela 2 (sentido decrescente).

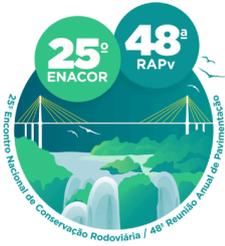
Tabela 1 – Volume diário de tráfego da BR 420/BA, sentido crescente, km 315.

Veículos comerciais	Volume diário de tráfego							Total
	16/03/23	17/03/23	18/03/23	19/03/23	20/03/23	21/03/23	22/03/23	
2CB	9	9	7	7	9	8	9	59
3CB	3	3	2	1	3	3	3	19
2C	101	104	75	76	97	92	104	649
3C	28	22	20	11	26	24	28	157
4CD	2	0	1	1	2	2	1	9
2S2	2	0	1	1	2	2	1	9
3S3	8	3	6	2	9	7	5	41
3I3	2	1	2	0	2	1	1	8
3T6	1	0	1	0	0	0	0	1
3Q6	7	1	5	2	5	6	3	28
3D6	1	0	1	0	0	0	0	1
Total	162	144	119	102	154	146	157	982

Tabela 2 – Volume diário de tráfego da BR 420/BA, sentido decrescente, km 315.

Veículos comerciais	Volume diário de tráfego							Total
	16/03/23	17/03/23	18/03/23	19/03/23	20/03/23	21/03/23	22/03/23	
2CB	9	9	7	6	9	8	9	58
3CB	3	3	2	1	4	2	3	20
2C	101	104	76	65	96	91	100	633
3C	27	26	19	12	31	21	27	162
4CD	1	2	1	1	1	2	1	8
2S2	1	2	1	1	1	2	1	8
3S3	5	6	5	9	7	9	4	45
3I3	1	1	1	3	2	2	1	10
3D4	1	1	0	0	0	0	0	3
3Q4	1	1	0	0	0	0	0	3
3T6	1	2	2	0	1	1	0	6
3Q6	3	7	3	1	6	3	1	23
3D6	1	2	2	0	1	1	0	6
Total	154	164	119	100	157	141	146	982

Com os dados do estudo de tráfego apresentados nas Tabelas 1 e 2, é possível observar que o volume diário de tráfego registrado no período de 7 dias apresenta diferenças entre os sentidos de



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



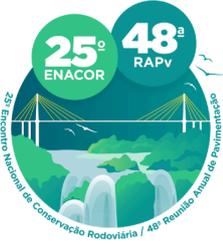
tráfego. Entre os dias avaliados, a maior diferença ocorreu no dia 17/03/2023, com o sentido decrescente apresentando um volume de tráfego registrado cerca de 14% superior ao sentido crescente, nessa mesma data. Em relação às diferentes silhuetas de veículos de carga, na comparação entre os dois sentidos de tráfego, entretanto, a variação observada é insignificante, sendo menor que 2% no veículo 2C, o qual representa a maior diferença. Em relação ao volume total em cada sentido, nos 7 dias avaliados, a quantidade de veículos foi a mesma.

Volume diário de tráfego registrado no trecho pelo PNCT

Os resultados do volume de tráfego registrados continuamente pelo equipamento do PNCT (24 h/dia), localizado no km 318 da BR-420/BA, entre 01/01/2022 e 26/11/2022 de 2022, estão apresentados na Tabela 3. Os valores de número N, estimados para cada sentido e o médio (ambos os sentidos), considerando os fatores de equivalência de carga do Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA (USACE), também estão apresentados na Tabela 3.

Veículos comerciais	Sentido Crescente		Sentido decrescente		Ambos sentidos	
	VMD	Número N	VMD	Número N	VMD	Número N
2C	64		44		108	
2I2	0		0		0	
2I2/2C2	2		2		3	
2I3	1		0		1	
2J3	0		0		0	
2J3/2C3	0		0		1	
2S1	13		11		25	
2S2	1		1		1	
2S3	0		1		1	
3C	12		8		20	
3C4	0		0		0	
3D3	0		0		0	
3D4	0		0		0	
3D5	-		0		0	
3D6	0		0		0	
3I2/3C2	1		0		1	
3I3	1		0		1	
3J3/3C3/3D3	0		0		0	
3Q4	0		0		0	
3S1	1		1		2	
3S2	0		0		0	
3S3	1		1		2	
3S5	0		0		0	
3T6	0		0		0	
4C	0		0		0	
4CD	2		1		3	
Total	99	2,38 x 10 ⁶	72	1,84 x 10 ⁶	171	2,11 x 10 ⁶

Com os dados de tráfego registrados pelo PNCT (Tabela 3), englobando um período de tempo significativamente superior ao estudo de tráfego apresentado nas Tabelas 1 e 2, é possível constatar que há significativa diferença no volume de tráfego entre os sentidos da via, onde o sentido crescente apresentou um VMD cerca de 29% superior ao decrescente, culminando em diferenças nos valores estimados de número N para cada sentido, da mesma ordem do VMD (29%).



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Técnica de processamento das imagens dos veículos comerciais

Para a validação da metodologia proposta de identificação e classificação do veículo, além da contagem e definição de sua direção, foram produzidos vídeos com a câmera IP instalada em campo (BR-420/BA) e realizado o download de seus arquivos. A partir das gravações completas, foram selecionados trechos curtos de vídeos em que apareceram os veículos de interesse para avaliação da proposta de software de identificação.

Esses trechos de vídeo foram utilizados como entradas no algoritmo em desenvolvimento. Após o completo processamento dos mesmos, coletou-se e analisou-se seus resultados (vetores de resposta). Nas Figuras 6 e 7 são mostrados os registros de dois instantes distintos de veículos diferentes durante o processamento dos *frames*. No caso da Figura 6 (instante 1), o objeto identificado foi um caminhão no momento em que este cruza a segunda linha virtual (desenhada em branco), no sentido crescente da via (da esquerda para a direita), possibilitando ao programa o reconhecimento do sentido do mesmo. Já no caso da Figura 7 (instante 2), o sistema identificou um outro tipo de caminhão, no instante em que o mesmo ainda não teve seu centroide passado pelas linhas virtuais, destacado pelo ponto vermelho na imagem. Sendo assim, o programa não consegue identificar a direção do objeto identificado.



Figura 6 – Processo de identificação dos veículos – Instante 1.



Figura 7 – Processo de identificação dos veículos – Instante 2.



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Os valores dos vetores de respostas obtidos para cada caso estão apresentados na Tabela 4. Em uma primeira análise, percebe-se que, apesar da câmera IP não ter uma qualidade de gravação quando comparadas às câmeras de videomonitoramento, ainda assim o processamento mostra uma confiabilidade de acerto dos diferentes tipos de veículos superior a 45%, no primeiro caso, e superior a 70% no segundo. Apesar dos índices de confiança estarem diferentes, em ambos os casos o software conseguiu identificar que o objeto em questão se tratava de dois tipos de caminhões (Id do objeto igual a 8), o que pode mostrar certa viabilidade de utilização deste tipo de sistema para o objetivo proposto.

Tabela 4 - Vetores de respostas para os casos analisados.

Imagem	Coordenadas do objeto no <i>frame</i>				Índice de confiança	Id do objeto
	X1	Y1	X2	Y2		
Figura 6	734.63	367.75	1018.95	500.00	0.465	8
Figura 7	70.23	29.64	981.08	262.60	0.736	8

A expectativa inicial é de que os dados de tráfego obtidos com a aplicação desta técnica de processamento de imagens, que possibilitará a contagem e classificação dos veículos comerciais por sentido de tráfego, serão úteis para determinação mais realista da evolução do número N de segmentos experimentais do programa PRO-MeDiNa, como o implantado na BR-420/BA (Tabela 3), em rodovias do estado da Bahia onde não existam equipamentos do PNCT instalados. Posteriormente, a consolidação do uso desta técnica poderá possibilitar a adoção desta metodologia para avaliação do tráfego em outros segmentos experimentais implementados na malha viária federal brasileira, permitindo assim uma maior acurácia na determinação da evolução do número N desses segmentos.

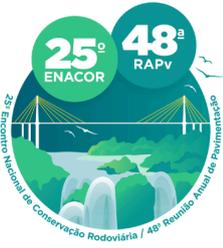
CONCLUSÃO

A aplicação desta metodologia por um período mínimo de monitoramento de 2 anos, para os locais onde não existam equipamentos do PNCT, permitirá reduzir as incertezas atualmente inseridas no procedimento para estimativa do VMD e número N, na medida que a determinação da silhueta dos veículos comerciais, fatores de sazonalidade, fator de crescimento anual do tráfego e fator direcional (quantidade de veículos por sentido) poderão ser verificados, utilizando um volume de dados mais robusto e confiável que aqueles obtidos com a contagem de 7 dias apenas. Cabe destacar que embora a verdadeira carga de cada eixo dos veículos comerciais ainda continue sendo uma variável de valor real desconhecido, o avanço em curso da tecnologia de pesagem embarcada nos equipamentos do PNCT, torna promissora a mitigação do erro na estimativa deste parâmetro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, M. S. S.; São Mateus, M. S. C; Lima, C. D. A.; Costa, W. G. S.; Achy, A. R. A. Proposta de metodologia para calibração do MeDiNa utilizando segmentos experimentais implementados em rodovias em operação. 24º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) e 47ª Reunião Anual de Pavimentação RAPv, Bento Gonçalves/RS, 2022.

Carvalho, A. P., Santos, I. V., Pinto, J. M. A., Nascimento, J. F. Análise da margem de erro do volume médio diário - VMD estimado com base em pesquisas de tráfego de curta duração. 29º Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da ANPET. Ouro Preto, 2015.



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Publicação IPR-723 - Manual de Estudos de Tráfego, 2006.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Publicação IPR-749 – Guia PRO-MeDiNa, 2020.

Fritzen, M. A. Desenvolvimento e validação de função de transferência para previsão do dano por fadiga em pavimentos asfálticos. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

Fritzen, M. A., Franco, F. A. C. P, Motta, L. M. G, Ubaldo, M. O. Atualização da função transferência do dano de fadiga para a área trincada do programa MeDiNa. Anais do 9º Congresso Rodoviário Português, 2019.

Culjak, I., Abram, D., Pribanic, T., Dzapo, H., Cifrek, M. A brief introduction to OpenCV. In: Proceedings of the 35th International Convention MIPRO, Opatija, Croatia, pp. 1725-1730, 2012. Electronic ISBN:978-953-233-068-7

Motta, L. M. G. Aspectos dos métodos de dimensionamento de pavimentos asfálticos de alguns países comparados aos critérios propostos para o novo método brasileiro. Revista Estradas, volume 22, p. 12-24, 2017.

Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., Farhadi A. You only look once: Unified, real-time object detection. In: Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. p. 779-788, 2016. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1506.02640>