



Nota Técnica 271

Uso de Sensores em Travessias de Pedestres - Sistema PUFFIN

Lopes, Denise L.
Ming, Sun H.
Anselmo, Márcio A.
Carmo, José Antônio D. P.
Duarte, Tadeu L.
Fernandes, Marcelo A. F.
Santos, Alexandre F.
Souza, Cláudio P. A.
Tarricone, Nílvio A.
Toledo, Wilson V.
Ueta, Paulo S.

Dezembro de 2021



1. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar as análises feitas sobre um sistema semafórico atuado com o uso de sensores de pedestres e que se propõe não só a ampliar a segurança e conforto dos pedestres ao atravessar as vias em seus deslocamentos, como também a otimizar o fluxo veicular em função da demanda de pedestres na travessia.

Sistema semafórico atuado é aquele em que as durações dos estágios não são fixas, mas variam em função do reconhecimento efetuado por equipamentos detectores de veículos ou de pedestres. No presente caso, trata-se de um sistema de atuação em que o tempo programado de travessia dos pedestres não é fixo, mas varia em função da presença de pedestres na área na travessia.

O sistema atuado difere do sistema demandado. Um estágio é demandado quando ocorre somente se tiver sido solicitado por um detector, seja uma botoeira de pedestres seja um detector de veículos. Maiores detalhes sobre travessias de pedestres demandadas se encontram no item 2 a seguir.

O PUFFIN é um exemplo de sistema que é atuado e demandado simultaneamente. A travessia de pedestres é demandada (isto é, só ocorre se houver o acionamento da botoeira) e é atuada, pois o tempo de travessia programado é variável em função da detecção de pedestres na área de atravessamento.

2. TRAVESSIAS DE PEDESTRES DEMANDADAS

As travessias de pedestres fazem parte dos dispositivos com os quais conta a Engenharia de Tráfego para organizar o fluxo de pedestres. Desde 1951, quando foi regulamentado no Reino Unido o dispositivo precursor das travessias de pedestres que são hoje amplamente utilizadas, a “zebra crossing”, diversos aprimoramentos foram sendo implementados no intuito de garantir segurança ao pedestre no atravessamento das vias¹.

Ao longo dos últimos quase 70 anos, as travessias de pedestres incorporaram uma variedade de itens à sinalização básica, incluindo sinalização vertical, semafórica, sinalização horizontal, botoeiras, dispositivos sonoros, iluminação e tachas refletivas, e foram temas de campanhas de conscientização. Contudo, ainda há muito em que avançar, seja em termos de tecnologia como em educação, fiscalização e metodologia para assegurar maior segurança aos pedestres.

Entre os avanços mais comuns incorporados às travessias semaforizadas de pedestres, tem-se o uso de sistemas demandados por pedestres. Nestes, os pedestres próximos da área de atravessamento indicam seu desejo de atravessar pressionando o botão de um dispositivo chamado botoeira, conforme Figura 1.

¹ GOETTEMS, Rafael Henrique. Análise de Travessias de Pedestres: Estudo de casos para a cidade de Santa Maria – RS. 2106. p. 102. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Maria.



Figura 1: Exemplos de botoeiras para travessias de pedestres demandadas em São Paulo
Fontes: foto à esquerda por Denise L. Lopes; foto à direita: arquivo CET

Quando acionadas as botoeiras, é enviada uma solicitação de ocorrência do estágio de pedestres ao controlador, a qual é armazenada na memória do equipamento.

A demanda não é atendida de forma imediata, mas armazenada na programação do controlador. A efetivação do estágio de pedestres ocorre conforme o programa em vigência, quando então o semáforo fecha para o fluxo veicular e permite a passagem dos pedestres. Dessa forma, garante-se a manutenção da sequência programada de estágios sem prejuízo aos usuários da via.

Vale lembrar que os sistemas demandados por pedestres são geralmente usados em locais onde há alto fluxo veicular, mas também significativa proporção de ciclos em que não há pedestres (e, portanto, não há necessidade de estágio exclusivo para estes, sendo que o estágio é incluído somente quando demandado).

Nos sistemas demandados geralmente verifica-se o seguinte:

- há um tempo de espera entre o acionamento da botoeira e o início do verde do pedestre;
- muitos pedestres, pelos mais variados motivos, não acionam a botoeira (não mais de 50% a acionam, segundo um estudo americano²); e
- muitos pedestres não aguardam pelo direito de passagem, mesmo quando tenha sido acionado o botão.

Como decorrência da demora do início do verde, os pedestres sentem-se estimulados a atravessar fora do respectivo estágio, aproveitando as brechas³ do fluxo veicular (podendo incrementar o risco de acidentes). Por outro lado, quando o semáforo abre para os pedestres, os motoristas podem se sentir frustrados por ter que aguardar quando não há ninguém atravessando, já que os pedestres atravessaram durante as brechas.

A demora de abertura do verde do pedestre pode dar a impressão de que o equipamento está defeituoso podendo estimular o vandalismo, gerando a necessidade de frequente manutenção das botoeiras. O resultado é que a botoeira deixa muitos pedestres e também motoristas insatisfeitos.

² ZEGEER, C., OPIELA, K., and CYNECKI, M. Pedestrian Signalization Alternatives (Final Report), Federal Highway Administration, Washington, DC, July 1985.

³ Brecha – intervalo entre o término da passagem de um veículo e chegada do próximo veículo. Quando o pedestre avalia que o intervalo é longo o suficiente para a sua travessia, comumente atravessa a pista sem aguardar o período de passagem que lhe cabe.

3. O SISTEMA PUFFIN

Para oferecer maior segurança no término de travessia de pedestres e reduzir o desperdício de tempo foi desenvolvido no Reino Unido o sistema PUFFIN⁴ (do inglês: *Pedestrian User Friendly INtelligent crossing*), que pode ser traduzido como travessia inteligente e amigável de pedestres.

O sistema PUFFIN inclui dois conjuntos de sensores capazes de identificar a presença de pedestres tanto nas áreas de espera para travessia (áreas pré-definidas das calçadas) como na área da travessia propriamente dita (ao longo da faixa de pedestres). A seguir, as Figura 2 e 3 exibem exemplos esquemáticos das zonas de detecção dos sensores.

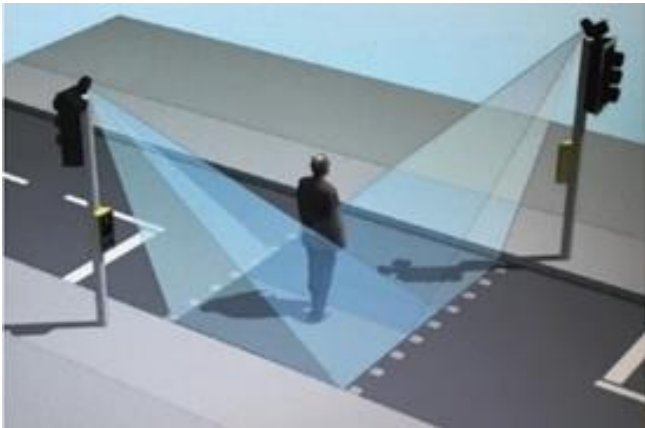


Figura 2: Sensor de pedestres em travessia

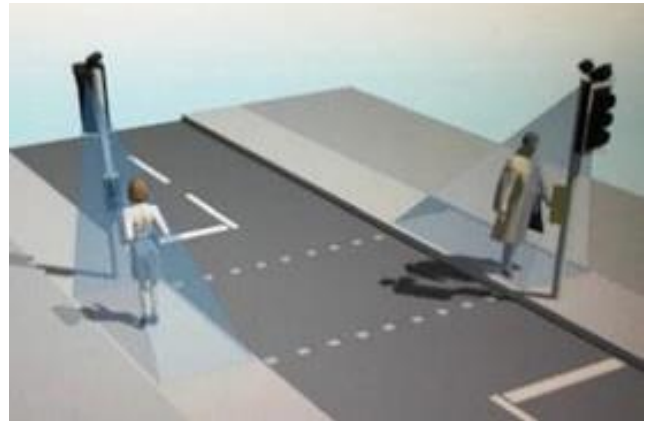


Figura 3: Sensor de pedestres em área de espera

Fonte: Figuras adaptadas do site <https://acnzonresearch.wordpress.com/2018/08/23/enter-the-puffin-a-new-pedestrian-crossing/>

O benefício dos sensores da área de espera é a possibilidade de cancelamento automático da demanda caso o pedestre venha a realizar a travessia antes do estágio específico. Dessa forma, o fluxo veicular é interrompido apenas quando efetivamente houver pessoas aguardando para atravessar, aumentando consequentemente a credibilidade do sistema e desestimulando os motoristas a infringir o vermelho.

Se configurados para tanto, os detectores de área de espera poderiam tornar desnecessário o uso da botoeira para pedestres, mas há possibilidade de falsos negativos e falsos positivos.

Já os sensores da área de travessia permitem ao controlador ajustar o tempo do vermelho intermitente do pedestre (período em que a travessia é permitida para pedestres que já a iniciaram), estendendo-o até que eles terminem a travessia ou até um limite pré-definido, o que ocorrer primeiro. Dessa forma, na eventualidade de haver pedestres remanescentes na área de travessia no momento próximo ao início do estágio veicular, o tempo para o término da sua travessia é ampliado, por meio do atraso do início do verde veicular. Assim, pessoas que se desloquem mais lentamente, por qualquer que seja o motivo (como dificuldade de locomoção, acompanhando carrinhos de bebê, ou outras), poderiam concluir a travessia de forma mais segura.

Por outro lado, caso não haja mais pedestres na travessia, o sistema pode também reduzir o tempo de vermelho intermitente, otimizando a distribuição de tempos do ciclo semafórico.

Diversas tecnologias já foram utilizadas em sensores de sistemas similares ao descrito, desde infravermelho, micro-ondas e radar, até vídeo detecção e sensores de pressão (tipo tapete ou piezoelétricos) e não há consenso sobre qual é a mais precisa.

Mas sabe-se que o adequado funcionamento deve, consequentemente, aumentar a credibilidade de sistemas como o PUFFIN.

⁴ PUFFIN é também o nome de uma ave marinha comum na Inglaterra, chamada papagaio-do-mar.

Além dos sensores, o sistema inglês é incrementado pelo uso de botoeiras diferenciadas que indicam, por meio de luzes, quando do seu acionamento. Dessa forma, quando a botoeira está acesa, o usuário tem a certeza de que já houve o acionamento e ele está armazenado no controlador, incrementando a confiabilidade do sistema e o respeito ao vermelho e, eventualmente, desestimulando o vandalismo.

A implantação padrão do sistema PUFFIN no Reino Unido conta com botoeiras que não só indicam quando do seu acionamento, mas também incluem o grupo focal de pedestres. O conjunto é disposto antes da travessia, de forma que possa ser visualizado simultaneamente com o fluxo veicular na aproximação. Observe os exemplos das Figuras 4-a e 4-b para compreender melhor o conjunto descrito.



Figura 4a: Botoeira no padrão Britânico, instalada no lado anterior à travessia, voltada para o fluxo veicular e incluindo grupo focal de pedestres

Fonte: PUFFIN Crossings – Good Practice Guide – Release 1. July 2006
Department for Transport – PUFFIN (nationalarchives.gov.uk)



Figura 4-b: Outro modelo do conjunto “grupo focal de pedestres + botoeira” utilizado no Reino Unido

Fonte: <https://www.trafficchoices.co.uk/traffic-schemes/puffin-crossing.shtml>



Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Puffin_crossing

Contudo, uma vez iniciada a travessia, o grupo focal deixa de ser visível para os pedestres. Considera-se que, se o pedestre iniciou a travessia na fase verde, terá tempo para concluir a travessia, mesmo que se desloque lentamente, porque o sistema estenderá o tempo de travessia, conforme descrito anteriormente. Ademais, por lei, os motoristas devem obrigatoriamente aguardar o término da travessia pelos pedestres.

Além disso, é importante ressaltar que, pelo fato de o grupo focal de pedestre ser locado na calçada onde o pedestre aguarda a abertura do semáforo (e não na calçada oposta), não é aplicável a utilização do período equivalente ao vermelho intermitente (no caso do Reino Unido, o período de “blackout”⁵). Neste caso, o que o PUFFIN estende é uma espécie de “vermelho de limpeza” (período em que tanto pedestres quanto os veículos recebem a indicação vermelha), uma vez que não existe a indicação de vermelho intermitente ou de “blackout”.

4. TESTE DO SISTEMA

No final de 2017, a empresa Meng Engenharia Com. e Inds. Ltda. propôs parceria para os testes de um sistema PUFFIN desenvolvido pela Siemens Plc do Reino Unido, composto por sensores *Heimdall* (radares Doppler de 24 ou 12 volts), sendo um par de sensores para a área de travessia (radares direcionais) e outro par para as áreas de espera (radares simples), conforme apresentado na Figura 5 e na Figura 6.



Figura 5: Sensor *Heimdall on Crossing* direcional para área de travessia



Figura 6: Sensor *Heimdall Kerbside* simples para área de espera

Fonte: Meng Engenharia

A área padrão para detecção dos pedestres na espera é de cerca de 3,0m x 1,5m, e os sensores devem ser ajustados para os locais em que seja mais provável a permanência dos usuários enquanto aguardam para atravessar, conforme a Figura 7.

⁵ No Reino Unido, “blackout” é o período de tempo em que ambos os focos verde e vermelho do grupo focal de pedestres ficam apagados, sendo um intervalo de tempo destinado para o pedestre concluir a travessia. Normalmente, é utilizado um terceiro foco no lado direito do foco vermelho de pedestres com contador regressivo.

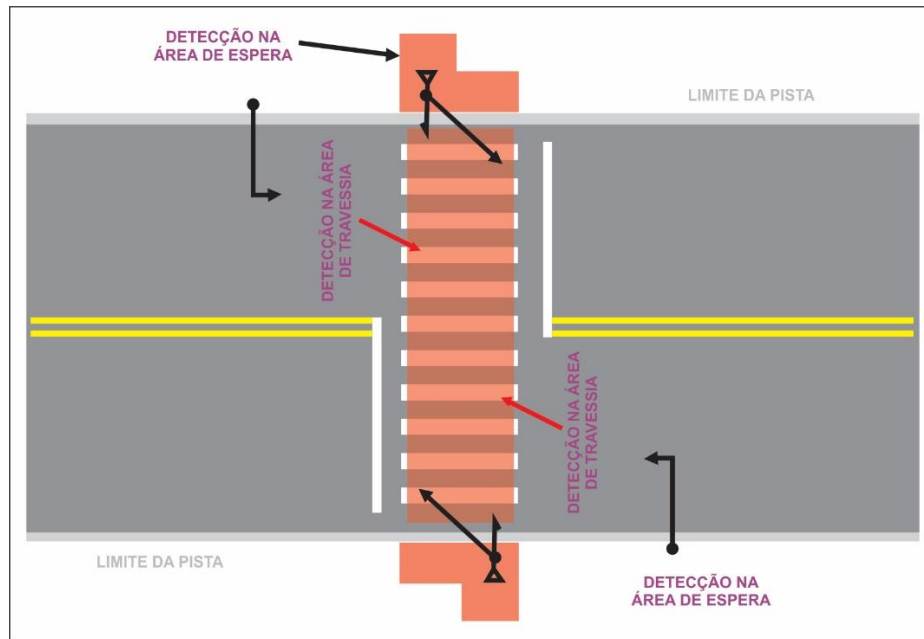


Figura 7: Esquema simplificado das áreas de detecção

Fonte: Elaborado por Denise L. Lopes

Já os sensores da área de travessia são previstos para registrar a presença de todo pedestre circulando dentro da faixa zebra a uma velocidade não inferior a 0,5 m/s (ou 1,8 km/h). Para isso, o sistema analisa o retorno das várias frequências de sinal emitido e “aprende” por meio da comparação de situações em que não há pedestres com outras em que existem pedestres na área.

Os sensores podem ser energizados juntamente com as botoeiras e são previstos para área limitada. Assim, para travessias de duas até três faixas veiculares, são colocados dois sensores, um em cada calçada nas laterais da pista, e é prevista uma área de sobreposição, como exibido anteriormente nas Figuras 2 e 3. Para travessias com maior número de faixas é necessário um número maior de sensores, da mesma forma que nos casos de travessias em duas etapas (com ilha ou canteiro central).

Diferentemente do usado no Reino Unido, no presente teste foram usadas botoeiras convencionais, bem como grupos focais de pedestres no lado oposto à travessia, conforme o padrão normalmente utilizado no Brasil. Aqui, o intervalo estendido é o período de vermelho intermitente.

O local a ser proposto para os testes deveria ser uma travessia demandada, preferencialmente em meio de quadra (com estágio específico de pedestres), em uma via de mão única, com alto volume e variabilidade de pedestres (para melhor visualização do efeito do PUFFIN).

Para a realização dos testes também seria necessário selecionar um cruzamento vinculado a um controlador centralizado (comunicando-se em tempo real com uma Central de Tráfego em Área) e obrigatoriamente de modelo ST900, fabricado pela Siemens, já que controladores de outros fabricantes ou outros modelos da própria Siemens, mas mais antigos, não apresentam os recursos necessários para o funcionamento do sistema PUFFIN.

Para a avaliação do sistema foi proposto um conjunto de medições que incluíram:

- contagens volumétricas dos vários movimentos de pedestres antes e depois da implantação do sistema;
- pesquisas de percepção do pedestre sobre o sistema implantado em relação ao sistema convencional existente anteriormente;
- pesquisa de observação pelos pesquisadores; e
- análise de dados registrados pelo sistema STC UTC⁶ em arquivos DLOT⁷.

⁶ O sistema STC UTC é a interface homem/máquina desenvolvida pela Siemens, existente em Centrais Semafóricas na CET.

⁷ DLOT é o nome do comando de gravação do LOTU – *List Outstanding Terminal Unit*, relatório que registra todos os eventos reportados pelo controlador, por exemplo: acionamento de botoeira, mudança de estágio, falhas de comunicação etc.

Em conjunto com as áreas operacionais semafóricas, o local selecionado foi a travessia da Alameda Santos, na altura do nº 2441, conforme ilustra a Figura 8.

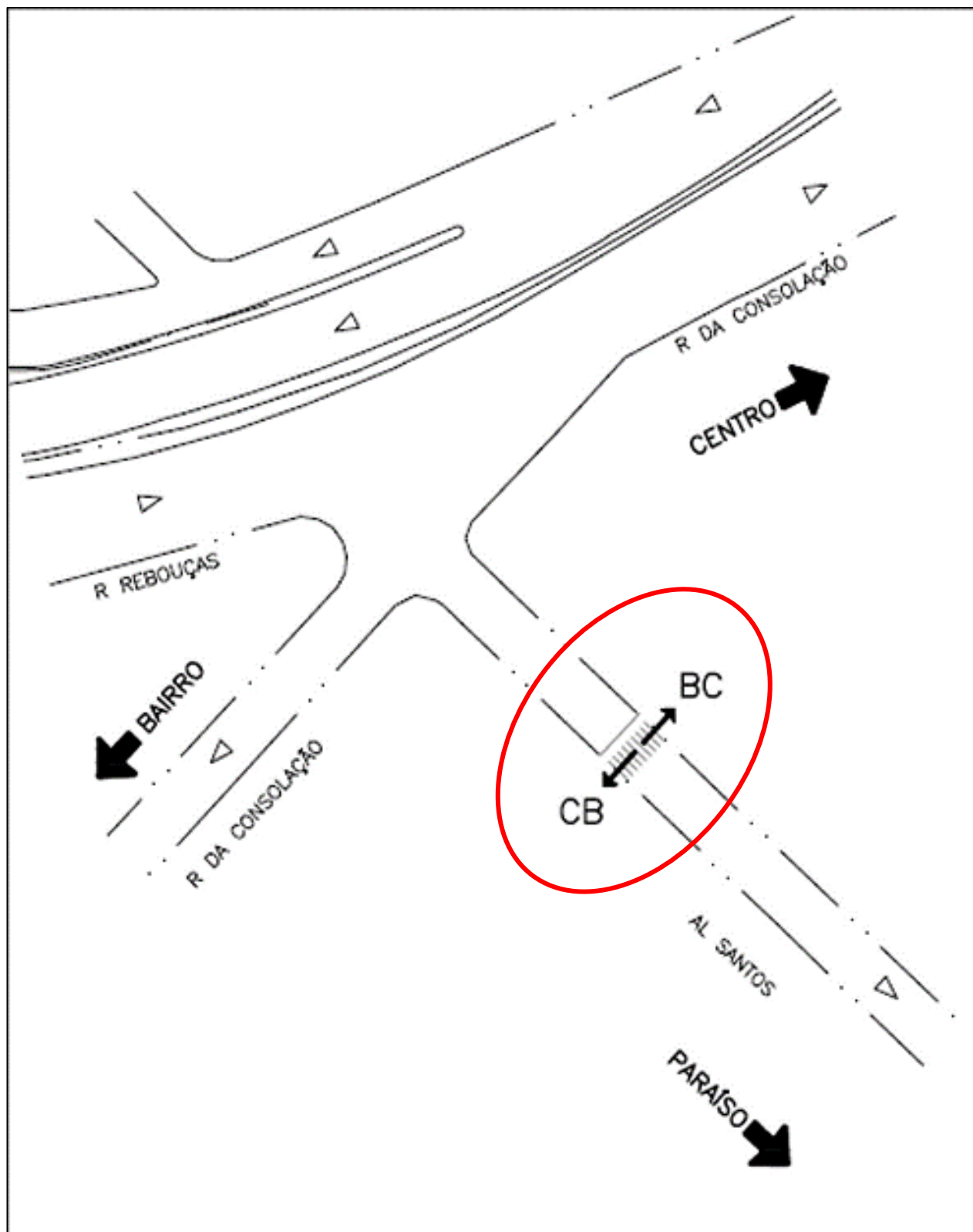


Figura 8: Situação esquemática da travessia selecionada para os testes

Fonte: Adaptado de pesquisa CET

5. LOCALIZAÇÃO E IMPLANTAÇÃO

O trecho em que se localiza a travessia selecionada, na Alameda Santos, fica próximo à confluência da R. da Consolação com a Av. Rebouças. A via tem 3 faixas de tráfego veicular circulando em sentido único e o estacionamento de veículos é proibido em ambos os lados da pista.

Na madrugada, o volume de pedestres é baixíssimo, mas é significativamente intensificado a partir do começo da manhã, dada a proximidade com a região comercial da Av. Paulista.

O local também apresenta grande demanda de pedestres no horário de almoço, final da tarde e à noite, não só devido ao encerramento de expediente regular de trabalho, mas também à presença de bares e restaurantes no entorno.

A Figura 9 exibe o entorno da travessia vista a partir da Al. Santos, olhando-se para a R. da Consolação e Av. Rebouças.



Figura 9: Local escolhido para a realização do teste Alameda Santos, altura do nº 2441

Fonte: foto de Denise L. Lopes

A área prevista de detecção de pedestres na travessia deveria coincidir aproximadamente com a área de sinalização horizontal (faixa zebra, conforme mencionado anteriormente). Mas, em vistoria ao local, percebeu-se que a posição dos gradis existentes permitia que muitos pedestres aguardassem e/ou cruzassem a travessia sem necessariamente serem detectados nas áreas de espera.

Em virtude disso, para corrigir o problema, foi elaborado, com apoio da área operacional responsável, o projeto de complementação com proposta de implantação de novos gradis, alinhando a área de espera com a faixa de retenção, conforme Figura 10 e Figura 11, adiante.

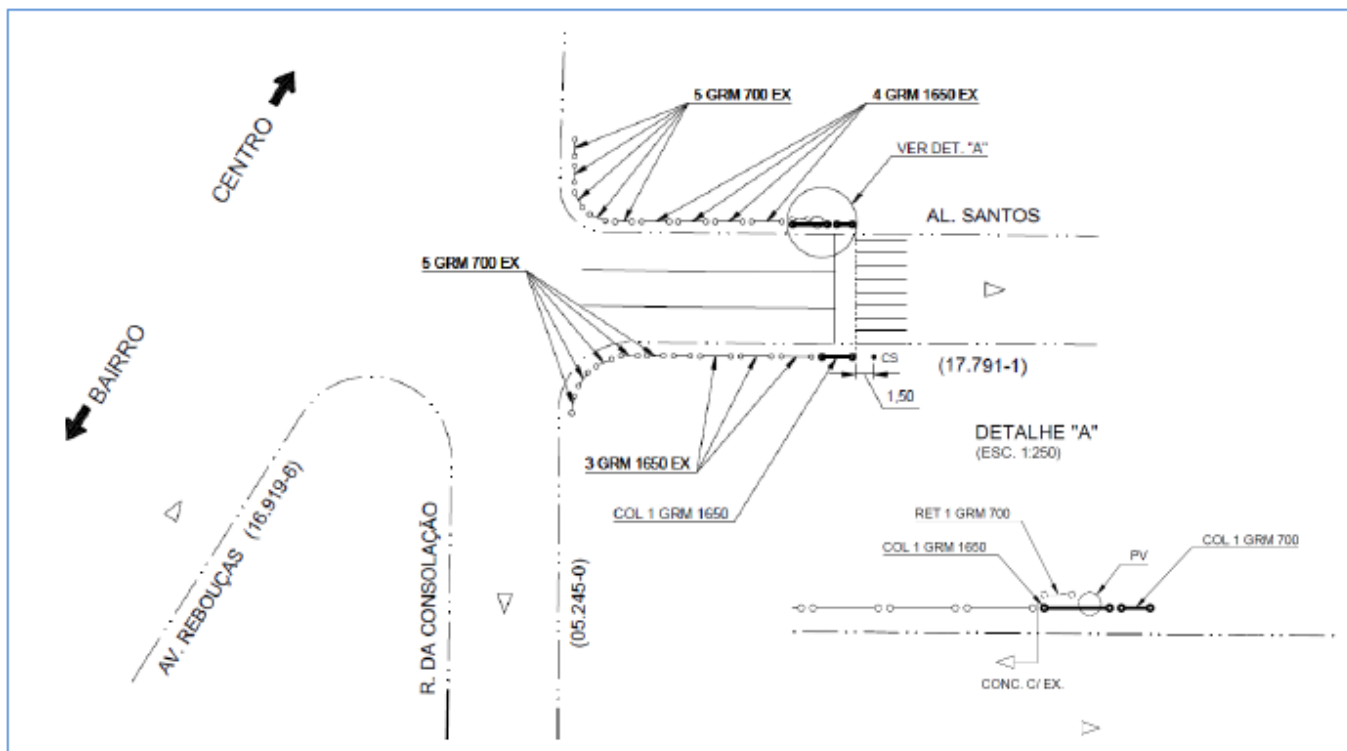


Figura 10: Projeto de segurança com implantação de gradis para pedestres

Fonte: projeto CET.



Figura 11: Novos gradis implantados

Fonte: Google Maps, abr 2018

Observe-se que, embora a travessia de pedestres esteja situada na Al. Santos, o controlador semafórico encontra-se na esquina da R. Bela Cintra com a Al. Santos, cerca de 100 m adiante, conforme se verifica pela Figura 12.



Figura 12: Controlador ST900, próximo ao n° 1200 da R. Bela Cintra, esquina com Al. Santos

Fonte: foto de Denise L. Lopes

A implementação do sistema requereu o uso de nova EEPROM⁸ e *firmware*⁹ recebidos da Inglaterra e que somente puderam ser implementados no controlador após uma série de testes.

Assim, com o apoio das áreas operacionais semafóricas e de sinalização, foram realizados exaustivos testes, tanto de simulação (testes virtuais em que o *software* de simulação IC-4 emula o controlador propriamente dito) como de bancada (simulações práticas realizadas com um controlador real em laboratório), até que se tivesse total entendimento do funcionamento, forma de instalação e ligação das botoeiras e sensores ao controlador.

Para os testes de simulação usando o IC-4, *software* de programação do controlador, foi necessária a atualização para a versão mais recente, uma vez que o IC-4 disponível na CET não permitia simular o uso do sistema PUFFIN. Para tanto, foi recebida da Inglaterra a nova versão do *software*. Com o IC-4 atualizado, as simulações realizadas permitiram compreender melhor a forma de inclusão do PUFFIN na programação.

Já os testes de bancada permitiram aos técnicos identificar que, ao contrário da instalação convencional em que ambas as botoeiras são ligadas em paralelo, no caso do sistema PUFFIN elas precisam ser ligadas em portas diferentes. Ademais, cada sensor de área de espera precisa necessariamente ser vinculado à botoeira correta, pois de outra forma são ocasionadas falhas de operação.

A implantação e a configuração do sistema foram realizadas com acompanhamento das equipes de sinalização semafórica, de canalização e tecnologia da CET.

⁸ EEPROM – *Electrical Erasable Programmable Read-Only Memory*, memória programável em que é inserida a programação do controlador.

⁹ *Firmware* – conjunto de instruções operacionais programadas no *hardware* de um equipamento eletrônico; contém a inteligência do controlador.

O projeto de instalações pode ser visto na Figura 13, enquanto a Figura 14 mostra a implantação.

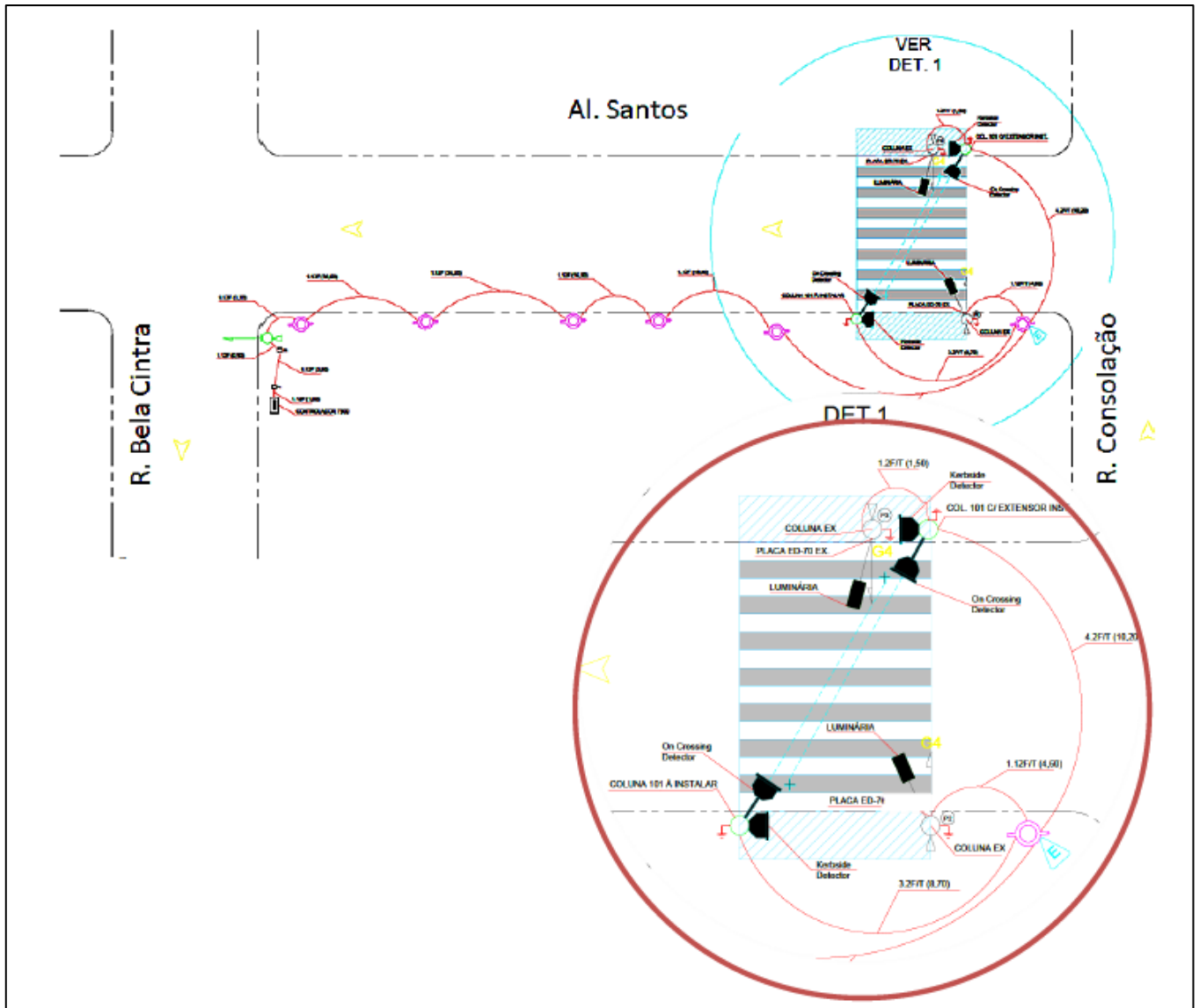


Figura 13: Projeto de cabeamento e instalação de colunas e sensores para o sistema PUFFIN com detalhe ampliado da área de travessia

Fonte: Meng Engenharia

Ajustada a área de detecção e sanados eventuais problemas que poderiam interferir no pleno funcionamento do sistema, verificou-se que a instalação estava pronta para o início dos testes.



Figura 14: Imagens da implantação de colunas de sustentação, cabeamento e instalação dos detectores de pedestres

Fonte: Fotos de Denise L. Lopes

6. PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO

Para a avaliação do sistema PUFFIN foram propostos vários tipos de análise. A primeira verificaria a variação de volume de pedestres circulando nos dois sentidos da faixa de pedestres considerando o momento de início da travessia (verde, vermelho intermitente ou vermelho). A comparação entre volumes antes e depois da implantação do sistema permitiria verificar alterações decorrentes do uso do sistema.

A segunda análise determinaria a forma de percepção dos pedestres quanto aos tempos de espera e de travessia, bem como questionaria se foi sentida alguma diferença após a implantação do sistema. Esta análise seria feita com base em pesquisas de opinião e de observação.

Por fim seria feita uma análise dos registros do arquivo DLOT, para determinar o efeito do sistema PUFFIN sobre a extensão/redução de tempos de vermelho intermitente para os pedestres e o cancelamento de demandas. Neste caso específico não haveria necessidade de comparação antes e depois.

7. DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS DOS TESTES

7.1 Contagem preliminar

Para permitir uma boa compreensão da forma de realização das travessias pelos pedestres e garantir amostragens adequadas para as pesquisas, foi feita uma contagem volumétrica simples (contagem preliminar) dos vários movimentos de pedestres, tanto na travessia quanto em suas proximidades. Foi também feita uma contagem classificada dos veículos transitando no sentido único de circulação na Al. Santos.

Estas contagens foram realizadas na tarde da quinta-feira, 16/08/2018, entre as 16h30 e 19h30 e os movimentos considerados podem ser identificados na Figura 15.

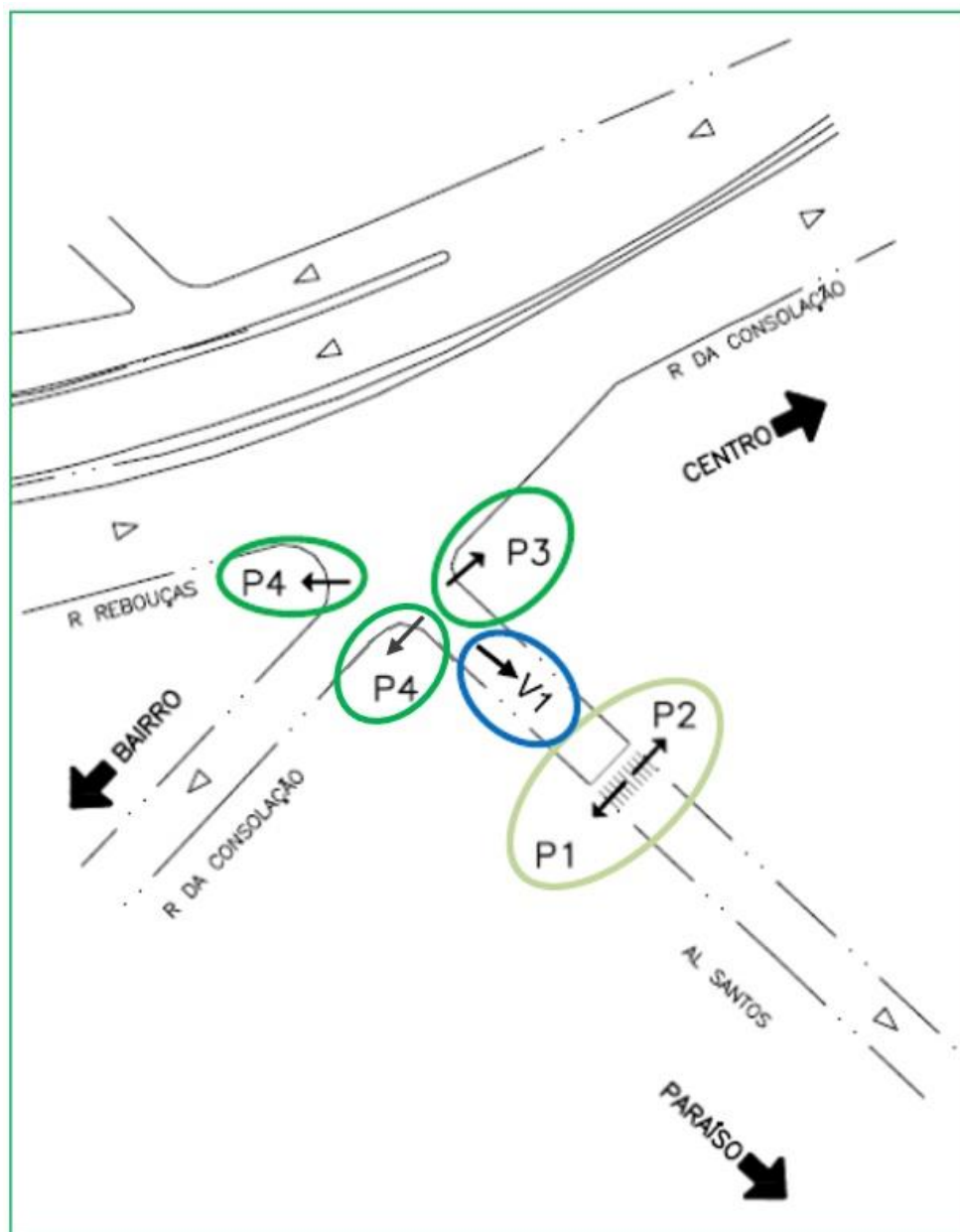


Figura 15: Movimentos considerados na contagem preliminar de travessias de pedestres
Fonte: Adaptado de pesquisa CET (Pesquisa Travessia de Pedestres - Testes PUFFIN – 16/08/2018)

Vale comentar que, no período entre 17h30 e 19h30, foi registrada garoa durante esta contagem.

Os volumes identificados nesta contagem preliminar podem ser verificados na Tabela 1.

Tabela 1: Contagem preliminar da movimentação de pedestres e veículos

Movimentos de Pedestres (de 16h30 às 19h30)			Movimento Veicular (de 16h30 às 19h30)		
	Qtde.	%	V1	%	
P1 (sentido C/B)	543	32%	Auto	2704	85%
P2 (sentido B/C)	1165	68%	Ônibus	52	2%
Total na travessia	1708	100%	Caminhão	8	0%
P4 (sentido C/B)	187	42%	Moto	405	13%
P3 (sentido B/C)	260	58%	Total	3169	100%
Total no entorno	447	100%	Movimentos de Pedestres (de 16h30 às 19h30)		
Total geral	2155		Movimentos C/B (P1 e P4)	730	34%
			Movimentos B/C (P2 e P3)	1425	66%
			Total geral	2155	100%

Fonte: Adaptado de pesquisas CET (Pesquisa Travessia de Pedestres - Testes Puffin – 16/08/2018)

Percebe-se que a grande maioria dos transeuntes (1708 correspondentes aos movimentos P1 e P2, ou seja, 79% das 2155 pessoas) preferiu atravessar na faixa de pedestres existente no local de estudo. Contudo, a despeito da existência de gradis, cerca de 21% dos passantes insistiram em atravessar em locais próximos com menor segurança (movimentos P3 e P4).

Verifica-se também que os movimentos no sentido Bairro/Centro (P2 e P3) correspondem a dois terços de todas as travessias realizadas nesse período de contagem (1425 das 2155), ao passo que apenas 34% dos atravessamentos foram feitos no sentido Centro/Bairro. Imagina-se que esse movimento decorra da busca dos pedestres pelo transporte público (abundante na Av. Paulista) ao final do expediente de trabalho.

A contagem de volume veicular indica que, em sua maior parte, o tráfego é composto por automóveis e motocicletas (85% e 13% respectivamente) e apenas 2% dos veículos circulando no local correspondem a veículos pesados (sendo 52 ônibus e 8 caminhões). Embora a Al. Santos esteja inserida na Zona Máxima de Restrição de Caminhões – ZMRC, é possível inferir que parte destes caminhões pudessem ter permissão especial de circulação (não cometendo infração às restrições) ou que fossem VUC – Veículo Urbano de Carga, estando liberados para o trânsito no local.

7.2 Contagens volumétricas antes e depois

Após a contagem preliminar foram realizadas duas contagens volumétricas visando identificar possíveis benefícios da implantação do sistema PUFFIN. Em ambas as contagens foi registrado o número de pedestres por movimento e por período, mas apenas nos dois sentidos relevantes para a travessia estudada (correspondentes aos movimentos: P1, sentido C/B; e P2, sentido B/C).

7.2.1 Primeira contagem volumétrica (17/08/2018)

A primeira contagem foi realizada em 17/08/2018, uma sexta-feira, entre as 11h30 e as 13h30 e o semáforo trabalhou com demanda forçada, isto é, com o estágio de pedestre ocorrendo em todos os ciclos, independentemente de acionamento da botoeira (equivalente à situação existente antes da instalação do PUFFIN). Assim, em todos os ciclos analisados houve a ocorrência de estágio de pedestres, sempre com os tempos programados de verde e vermelho intermitente. O resultado do levantamento pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2: Contagem volumétrica de 17/08/2018 (11h30 – 13h30). Situação sem PUFFIN

Contagem (sem Puffin)	Iniciaram no vermelho	%	Iniciaram no verde	%	Iniciaram no vermelho intermitente ⁽¹⁾	%	TOTAL (atravessaram no ciclo) ⁽²⁾
P1 SENTIDO C/B	364	48,6%	312	41,7%	73	9,7%	749
P2 SENTIDO B/C	390	51,2%	274	36,0%	98	12,9%	762
TOTAL	754	49,9%	586	38,8%	171	11,3%	1511

(1) Todos os pedestres que atravessaram no vermelho intermitente andando ou correndo.

(2) Soma de todos os pedestres que concluíram a travessia no ciclo.

Fonte: Adaptado de Tabulação Pesquisa CET (Pesquisa Travessia de Pedestres - Testes Puffin – 17/08/2018)

Note-se que os registros indicam em que intervalo foi iniciada a travessia, independentemente do intervalo em que foi completada. Assim, um pedestre que tenha iniciado a travessia no verde, será considerado entre aqueles que iniciaram no verde, mesmo que ao completá-la o semáforo já esteja no vermelho intermitente.

No decorrer das 2 horas do levantamento, 1511 pedestres realizaram a travessia, sendo sua distribuição por sentido razoavelmente equitativa.

Cerca de 39% dos pedestres iniciaram a travessia no verde e outros 11% no vermelho intermitente, contudo quase 50% dos indivíduos iniciaram a travessia no vermelho, indicando que possivelmente há brechas no fluxo veicular ou que o tempo de espera é longo, fazendo com que o pedestre aceite o risco de atravessar em brechas.

Além do volume de pedestres por indicação luminosa de início da travessia, também foi discriminada a proporção dos que aguardaram o verde para realizá-la e a proporção dos que correram durante o vermelho intermitente, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Proporção dos pedestres que aguardaram para iniciar a travessia e dos que correram no vermelho intermitente (sem PUFFIN)

Contagem (sem Puffin)	Todos que atravessaram			Contagem (sem Puffin)	Iniciaram no verm. intermitente		
	Todos	Aguardaram	%		Todos	Correram	%
P1 SENTIDO C/B	749	550	73,4%	P1 SENTIDO C/B	73	11	15,1%
P2 SENTIDO B/C	762	754	99,0%	P2 SENTIDO B/C	98	40	40,8%
TOTAL	1511	1304	86,3%	TOTAL	171	51	29,8%

Fonte: Adaptado de Tabulação Pesquisa CET (Pesquisa Travessia de Pedestres - Testes Puffin – 17/08/2018)

Independentemente do intervalo de início da travessia, nota-se que a proporção dos pedestres que aguardaram o verde para realizar a travessia no sentido B/C (P2) foi significativamente maior que no sentido oposto (99% contra 73%). Mas, na média geral, 86% dos pedestres aguardaram para atravessar.

Observando o comportamento dos pedestres que iniciaram a travessia no vermelho intermitente, verifica-se que uma parcela de quase 1/3 deles precisou correr na tentativa de alcançar a calçada com segurança. Esta situação não causa estranheza, uma vez que os pedestres não deveriam iniciar a travessia neste intervalo. Contudo, considerando que apenas 1/3 deles precisou correr, é de se supor que a velocidade real dos pedestres seria maior do que aquela usada para os cálculos dos estágios.

7.2.2 Segunda contagem volumétrica (31/08/2018)

A primeira contagem volumétrica avaliou o comportamento dos pedestres em situação similar ao que existia antes da implantação do sistema PUFFIN. Já a segunda contagem foi feita após a implantação do sistema PUFFIN, mas seguindo as mesmas premissas da primeira contagem.

Para uma comparação consistente, esta contagem foi feita no mesmo horário e dia da semana que a primeira, com uma defasagem de 14 dias, ou seja, na sexta-feira, dia 31/08/2018, entre 11h30 e 13h30. Os resultados apurados nesta contagem podem ser vistos na Tabela 4.

Tabela 4: Contagem volumétrica de 31/08/2018. Situação com PUFFIN.

Contagem (com Puffin)	Iniciaram no vermelho	%	Iniciaram no verde	%	Iniciaram no vermelho intermitente ⁽¹⁾	%	TOTAL (atravessaram no ciclo) ⁽²⁾
P1 SENTIDO C/B	238	32,0%	392	52,8%	113	15,2%	743
P2 SENTIDO B/C	444	53,4%	327	39,4%	60	7,2%	831
TOTAL	682	43,3%	719	45,7%	173	11,0%	1574

(1) Todos os pedestres que atravessaram no vermelho piscante, andando ou correndo.

(2) Soma de todos os pedestres que concluíram a travessia no ciclo.

Fonte: Adaptado de Tabulação Pesquisa CET - (Pesquisa Travessia de Pedestres - Testes Puffin – 31/08/2018)

O número de pedestres que fizeram a travessia no decorrer dos 72 ciclos em que foi feita esta contagem foi similar ao da primeira contagem, com pequeno acréscimo, e apenas a proporção dos que realizaram o movimento P2 (travessia no sentido Bairro/Centro) foi ligeiramente maior que a da primeira contagem.

Percebeu-se também que a proporção dos pedestres que iniciaram a travessia no vermelho foi menor que a metade do total de travessias realizadas e que a parcela dos que iniciaram no vermelho intermitente também sofreu ligeira retração. Juntas, essas estatísticas compõem um indicativo positivo.

Com relação à porcentagem de pedestres que aguardaram para atravessar, qualquer que tenha sido o intervalo em que chegaram à travessia, percebe-se que houve uma sensível redução desse número. Enquanto isso, dentre os pedestres que iniciaram a travessia no vermelho intermitente, a proporção daqueles que tiveram que correr também se reduziu, conforme Tabela 5.

Tabela 5: Proporção dos pedestres que aguardaram para iniciar a travessia e dos que correram no vermelho intermitente (com PUFFIN)

Contagem (com Puffin)	Todos que atravessaram	Aguardaram		Contagem (com Puffin)	Iniciaram no verm. intermitente		
		Qtde.	%		Todos	Correram	%
P1 SENTIDO C/B	743	476	64,1%	P1 SENTIDO C/B	113	4	3,5%
P2 SENTIDO B/C	831	703	84,6%	P2 SENTIDO B/C	60	38	63,3%
TOTAL	1574	1179	74,9%	TOTAL	173	42	24,3%

Fonte: Adaptado de Tabulação Pesquisa CET (Pesquisa Travessia de Pedestres - Testes Puffin – 31/08/2018)

7.2.3 Comparativo das contagens volumétricas

A Tabela 6 apresenta o comparativo entre as contagens antes e depois da implantação do PUFFIN.

Tabela 6: Comparativo das contagens realizadas antes (17/08/2018) e depois (31/08/2018) do PUFFIN

	17/ago (sem Puffin)	31/ago (com Puffin)	17/ago (sem Puffin)	31/ago (com Puffin)
Contagens	Número de Ciclos		Total de pedestres (todos os movimentos)	
P1 SENTIDO C/B	56	72	749	743
P2 SENTIDO B/C			762	831
TOTAL	56	72	1511	1574
Comparativo	Aumento de 38%		Aumento de 4%	

Contagens	17/ago (sem Puffin)		31/ago (com Puffin)		17/ago (sem Puffin)		31/ago (com Puffin)		17/ago (sem Puffin)		31/ago (com Puffin)	
	Iniciaram no vermelho	%	Iniciaram no vermelho	%	Iniciaram no verde	%	Iniciaram no verde	%	Iniciaram no vermelho intermitente	%	Iniciaram no vermelho intermitente	%
P1 SENTIDO C/B	364	48,6%	238	32,0%	312	41,7%	392	52,8%	73	9,7%	113	15,2%
P2 SENTIDO B/C	390	51,2%	444	53,4%	274	36,0%	327	35,4%	98	12,9%	60	7,2%
TOTAL	754	49,9%	682	43,3%	586	38,8%	719	45,7%	171	11,3%	173	11,0%
Comparativo	Redução de 13%				Acréscimo de 18%				Redução de 3%			

(1) Todos os pedestres que atravessaram no vermelho piscante, andando ou correndo.

(2) Soma de todos os pedestres que concluíram a travessia no ciclo.

Fonte: Elaborada por Denise L. Lopes com base nas Tabulações Pesquisa CET (17/08/2018 e 31/08/2018)

Verifica-se que, conforme mencionado, houve redução da percentagem de pedestres que iniciaram a travessia no vermelho de 6,6% (o que representa -13% dos 49,9% da primeira pesquisa). Houve também redução dos pedestres que iniciaram a travessia no vermelho intermitente de 0,3% (o que representa -3% dos 11,3% da primeira pesquisa). Consequentemente, a proporção dos pedestres que iniciaram a travessia no verde subiu de 38,8% para 45,7% (o que representa 18% dos 38,8% da primeira pesquisa).

Tabela 7: Comparativo de pedestres que aguardaram para a travessia e dos que correram no vermelho intermitente nas contagens realizadas antes e depois do PUFFIN

Contagens	17/ago (sem Puffin)			31/ago (com Puffin)		
	Todos que atravessaram	Aguardaram		Todos que atravessaram	Aguardaram	
		Qtde.	%		Qtde.	%
P1 SENTIDO C/B	749	550	73,4%	743	476	64,1%
P2 SENTIDO B/C	762	754	99,0%	831	703	84,6%
TOTAL	1511	1304	86,3%	1574	1179	74,9%
Comparativo	Redução de 13%					

Contagens	17/ago (sem Puffin)			31/ago (com Puffin)		
	Iniciaram no Vermelho Intermitente					
	Todos	Correram	%	Todos	Correram	%
P1 SENTIDO C/B	73	11	15,1%	113	4	3,5%
P2 SENTIDO B/C	98	40	40,8%	60	38	63,3%
TOTAL	171	51	29,8%	173	42	24,3%
Comparativo	Redução de 19%					

Fonte: Elaborada por Denise L. Lopes com base nas Tabulações Pesquisa CET (17/08/2018 e 31/08/2018)

A Tabela 7, na página anterior, aponta vários resultados positivos, indicando não só que houve redução de 13% no número de pedestres que aguardaram para realizar a travessia, mas também que o número de pedestres que iniciaram a travessia no vermelho intermitente e que precisaram correr foi reduzido de 29,8% para 24,3% (o que representa 19% dos 29,8% da primeira pesquisa).

Os principais resultados podem ser sintetizados conforme abaixo:

- redução do número de pedestres iniciando a travessia no vermelho (de 49,9% para 43,3%);
- redução do número de pedestres iniciando a travessia no vermelho intermitente (de 11,3% para 11,0%);
- aumento do número de pedestres iniciando no verde (de 38,8% para 45,7%);
- redução do número de pedestres que iniciaram a travessia no vermelho intermitente e que tiveram que correr (de 29,8% para 24,3%).

Estes resultados, embora individualmente possam parecer pouco significativos, em conjunto podem sinalizar uma modificação positiva no comportamento dos pedestres, possivelmente provocada pela implantação do sistema PUFFIN no local.

Contudo, considerando que foi feita apenas uma pesquisa com o sistema em funcionamento (um único local de testes) e com apenas duas horas de pesquisa (72 ciclos), não se pode afirmar com certeza estatística que o resultado se deveu à implantação do sistema e não simplesmente à aleatoriedade.

Nesse sentido, para obter resultados estatisticamente significativos há a necessidade de aprofundar a investigação por meio de uma amostragem maior.

7.3 Pesquisa de opinião

No intuito de determinar a percepção dos pedestres sobre o sistema implantado, foi realizada uma pesquisa de opinião sobre o tempo de espera para a travessia e o tempo disponível para a sua realização.

Esta pesquisa foi realizada nos dias 12, 13 e 14 de setembro de 2018, entre as 12 e as 14h. A margem de erro da pesquisa é de 5%. Abaixo, a Figura 16 apresenta o modelo de questionário aplicado aos pedestres.

QUESTIONÁRIO – SISTEMA PUFFIN

PESQUISADOR: _____

LOCAL: _____ DATA ____/____/____

H () M () IDADE _____

1- Com qual frequência (diária) você atravessa nesse local?

() 1 A 2 VEZES NA SEMANA

() 3 A 4 VEZES NA SEMANA

() 5 A 6 VEZES NA SEMANA

() DIARIAMENTE

() RARAMENTE

2- O que você achou do tempo de espera do semáforo para pedestres?

() RÁPIDO / POUCA ESPERA

() DEMORADO / MUITA ESPERA

() INDIFERENTE/NÃO SOUBE RESPONDER

3- O que você achou do tempo para realizar a travessia?

() SUFICIENTE (teve tempo para atravessar)

() INSUFICIENTE (não teve tempo para atravessar, ou julgou o tempo “apertado”)

() INDIFERENTE/NÃO SOUBE RESPONDER

4- Você percebeu alguma diferença ao atravessar nesse local hoje?

() SIM () NÃO

Obs.: Se SIM, qual a diferença observada?

Figura 16: Modelo do formulário usado na pesquisa de opinião

Fonte: Questionário Pesquisa CET – 12 a 14/09/2018

Nesta pesquisa foram entrevistadas 389 pessoas, sempre após o atravessamento da pista e o resumo das características dos entrevistados pode ser visto abaixo.

Tabela 8: Distribuição dos entrevistados por frequência de travessia

Raramente	1 a 2 vezes	3 a 4 vezes	5 a 6 vezes	Todo dia	Total
44	89	42	180	34	389
11%	23%	11%	46%	9%	100%

Tabela 9: Distribuição dos entrevistados por sexo

Feminino	Masculino	S/inf	Total
193	185	11	389
50%	48%	3%	100%

Tabela 10: Distribuição dos entrevistados por idade

<40 anos	≥40 e <60	≥60	S/inf	Total
235	109	42	3	389
60%	28%	11%	1%	100%

Fonte: Adaptado de Relatório de Pesquisa de Opinião da CET: Percepção do usuário de faixa de pedestre localizada na Alameda Santos com detecção automática de pedestres em travessia - Sistema PUFFIN Ativado

Nota-se que a amostra foi distribuída de forma razoavelmente equitativa entre homens e mulheres, com a maioria dos entrevistados tendo idade inferior a 40 anos (60%). Em termos de frequência de uso da travessia, percebe-se que mais da metade (55%) deles realiza a travessia pelo menos 5 vezes por semana, sendo que somente 33% dos pedestres a utilizam raramente ou até 2 vezes por semana.

Essa distribuição garante relevância à pesquisa de opinião, uma vez que seria pouco provável que pedestres com baixa frequência de uso da faixa de pedestres fossem capazes de notar alguma alteração após a inserção do sistema PUFFIN.

Perguntados sobre o tempo de espera para a travessia, quase 70% dos entrevistados o consideraram longo, mas, levando-se em conta apenas as respostas dos pedestres que atravessam 5 a 6 vezes por semana (pedestres assíduos), esta porcentagem sobe para 79%, conforme Figura 17.

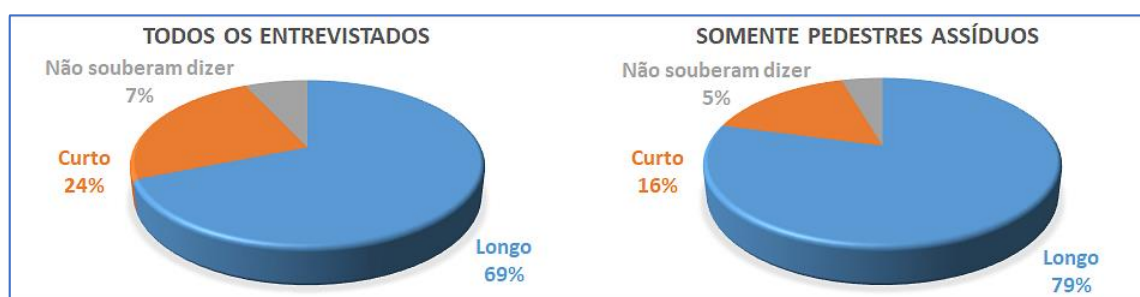


Figura 17: Percepção do tempo de espera para travessia (todos os entrevistados e somente pedestres assíduos)

Fonte: Adaptado de Relatório de Pesquisa de Opinião da CET: Percepção do usuário de faixa de pedestre localizada na Alameda Santos com detecção automática de pedestres em travessia - Sistema PUFFIN Ativado

Quanto ao tempo disponível para realizar a travessia, 47% de todos os pedestres entrevistados consideraram que este seria insuficiente, mas quando se considera apenas os pedestres que realizam a travessia com grande frequência, pode-se verificar que sua percepção é mais negativa que no geral, com a porcentagem dos que acham o tempo de travessia insuficiente chegando aos 52%. Estes dados podem ser verificados pelos gráficos da Figura 18.

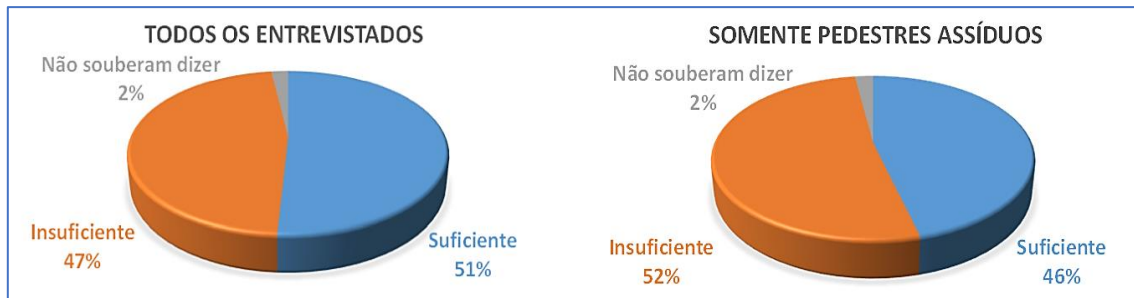


Figura 18: Percepção do tempo disponível para travessia (todos os entrevistados e somente pedestres assíduos)

Fonte: Adaptado de Relatório de Pesquisa de Opinião da CET: Percepção do usuário de faixa de pedestre localizada na Alameda Santos com detecção automática de pedestres em travessia - Sistema PUFFIN Ativado

Assim, pode-se perceber que a percepção dos pedestres que usam a travessia com mais frequência é ainda pior que a média do grupo como um todo em ambas as questões.

Essa percepção negativa quanto ao tempo de travessia ser ou não suficiente carece de significado real, pois a pesquisa não estava associada ao comportamento do pedestre entrevistado. Se entrevistarmos pedestres que iniciaram a travessia no vermelho intermitente e que tiveram que correr para concluí-la, parece óbvio que acharão que o tempo não foi suficiente. Conforme a Tabela 2 da primeira pesquisa volumétrica, 61,2% dos pedestres não atravessaram no verde e provavelmente achariam que o tempo foi insuficiente. O mesmo poderia ser esperado de 54,7% dos pedestres que também iniciaram no vermelho intermitente na segunda pesquisa volumétrica (Tabela 4).

O resultado poderia ser bem diferente se a entrevista fosse feita apenas com pedestres que iniciaram a travessia no verde. Daí a necessidade de pesquisa complementar que associe a entrevista com o comportamento observado do entrevistado.

Outra questão a observar é que a opinião dos pedestres não é consistente com os fatos observados, já que a Tabela 7 mostra que apenas 29,8% dos pedestres da primeira pesquisa e 24,3% dos da segunda pesquisa volumétrica que iniciaram a travessia no vermelho intermitente tiveram que correr para completar a travessia. Seria de se esperar que apenas os que tiveram que correr para completar a travessia considerassem o tempo insuficiente.

Por fim os pesquisadores perguntaram aos entrevistados se tinham percebido alguma diferença na travessia (após a implantação do sistema PUFFIN). Apenas 25% deles (98 pessoas) indicaram alteração e a relação das respostas obtidas pode ser verificada mais adiante, na Tabela 11.

Tabela 11: Diferenças relatadas pelos pedestres na travessia após a implantação do sistema PUFFIN

Percepções de diferenças na travessia	Núm	%
Tempo para a realização da travessia	55	56,1%
Menos tempo para a travessia	33	33,7%
Mais tempo para a travessia	22	22,4%
Tempo de espera de abertura do semáforo para o pedestre	28	28,6%
Menor tempo de espera	19	19,4%
Maior tempo de espera	9	9,2%
Vermelho Piscante	2	2,0%
Maior tempo do vermelho piscante	2	2,0%
Equipamentos	4	4,1%
Botão não funcionando	3	3,1%
Percepção de instalação de novos equipamentos e câmera	1	1,0%
Outras percepções citadas	9	9,2%
Presença dos pesquisadores	3	3,1%
Mais pessoas realizando a travessia	1	1,0%
Menos pessoas realizando a travessia	2	2,0%
Carros parados na faixa no momento da travessia	3	3,1%
Total de percepções de mudanças indicadas	98	100%

Fonte: Adaptado de Relatório de Pesquisa de Opinião da CET: Percepção do usuário de faixa de pedestre localizada na Alameda Santos com detecção automática de pedestres em travessia - Sistema PUFFIN Ativado

Ainda na Tabela 11, nota-se que, entre os entrevistados que responderam à pergunta, não houve consenso sobre alterações no tempo de travessia com um número maior de entrevistados alegando ter notado sua redução. Contudo, se por um lado um número maior de pedestres teve a sensação de que o tempo para a realização da travessia tinha sido reduzido (33,7% contra 22,4% que perceberam o contrário), por outro lado, um número significativamente menor acreditou que o tempo de espera teria sido ampliado (9,2% em relação aos 19,4% de entrevistados que sentiram que esse tempo havia se reduzido). Além disso, 3,1% acreditaram que a boteira não estaria funcionando.

É importante notar que apenas 2,0% dos pedestres indicaram ter percebido aumento no tempo de vermelho intermitente, o que não é representativo. Os demais pedestres que indicaram ter percebido outras alterações variadas representam 13% dos que alegaram ter notado qualquer diferença.

Desta pesquisa pode-se concluir que há mais pedestres insatisfeitos, seja com o tempo de espera (Figura 17) ou com o tempo para travessia (Figura 18), do que pedestres que consideram a situação boa. E, quando se consideram os pedestres mais assíduos, esta situação piora ainda mais.

E, dentre os pedestres que informaram ter notado alguma alteração, 44% perceberam melhorias (menor tempo de espera, maior tempo para travessia ou vermelho intermitente mais longo), enquanto 43% indicaram pioras (maior tempo de espera ou menor tempo de travessia) e 13% indicaram percepções diversas.

Contudo, vale comentar que os pedestres mais apressados e que talvez pudessem ter notado o acréscimo do tempo de vermelho intermitente possivelmente não teriam feito parte da amostra, exatamente por estarem apressados.

7.4 Pesquisa de observação e entrevistas

Com vistas a complementar os indicativos da pesquisa de percepção, foi feita uma pesquisa de observação, com os pesquisadores usando dados coletados no período de 16 de dezembro de 2018 a abril de 2019. Maiores detalhes sobre esta pesquisa podem ser vistos na Nota Técnica 264 – Faixa de Pedestre na Alameda Santos – Detecção Automática de Travessia Sistema PUFFIN.

Nesta pesquisa, optou-se por observar os pedestres desde a sua chegada ao ponto de travessia até a conclusão para avaliar diversos itens do seu comportamento, para só então realizar as entrevistas. A ficha de observação do comportamento dos pedestres pode ser vista na Figura 19.

OBSERVAÇÃO – SISTEMA PUFFIN (ALAMEDA SANTOS)	
HOMEM ()	MULHER ()
OBSERVAÇÕES DOS PESQUISADORES:	
1) APERTOU A BOTOEIRA?	SIM () NÃO ()
2) TEMPO DE ESPERA NA CALÇADA ATÉ O SEMÁFORO ABRIR.	_____
3) ATRAVESSOU NA BRECHA?	SIM () NÃO ()
4) QUANDO O VERMELHO COMEÇOU A PISCAR PAROU E FICOU ESPERANDO, MAS OUTRAS PESSOAS ATRAVESSARAM NO VERMELHO PISCANTE:	
() MESMO ASSIM FICOU ESPERANDO ATÉ O VERDE ABRIR.	
() QUANDO VIU OUTRAS PESSOAS ATRAVESSANDO NO VERMELHO PISCANTE ATRAVESSOU, TAMBÉM.	

Figura 19: Ficha de observação dos pedestres enquanto aguardam a travessia

Fonte: Relatório de pesquisa sobre a dinâmica de travessia de pedestres em faixa de pedestre localizada na Alameda Santos com detecção automática de travessia – Sistema Puffin Ativado

Dos 1.106 pedestres observados, 574 pessoas eram do sexo masculino, 514 do sexo feminino e em 18 casos não houve anotação no formulário, conforme Tabela 12, adiante.

Tabela 12: Distribuição das observações por sexo e tipo de entrevista

Sexo	Observação sem entrevista		Observação c/entrevista (fora do piscante)		Observação c/entrevista (verm.piscante)		Total Geral	
	Qtde.	%	Qtde.	%	Qtde.	%	Qtde.	%
Masculino	119	47,0%	232	54,7%	223	52,0%	574	51,9%
Feminino	127	50,2%	187	44,1%	200	46,6%	514	46,5%
Sem inf.	7	2,8%	5	1,2%	6	1,4%	18	1,6%
Total	253	100,0%	424	100,0%	429	100,0%	1106	100,0%

Fonte: Adaptado de Relatório de pesquisa sobre a dinâmica de travessia de pedestres em faixa de pedestre localizada na Alameda Santos com detecção automática de travessia – Sistema Puffin Ativado

Dos 1.106 pedestres participantes, 253 optaram por não responder a pesquisa (casos em que foram obtidos somente dados da observação), os demais 853 pedestres foram normalmente entrevistados. Destes, 429 pedestres responderam à pesquisa após terem iniciado a travessia no vermelho intermitente.

O roteiro das entrevistas obtidas com pessoas que iniciaram a travessia fora do intervalo de vermelho intermitente pode ser visto na Figura 20.

QUESTIONÁRIO – SISTEMA PUFFIN (ALAMEDA SANTOS)

H () M () IDADE _____

1- Com qual frequência (diária) você atravessa nesse local?

() 1 A 2 VEZES NA SEMANA

() 3 A 4 VEZES NA SEMANA

() 5 A 7 VEZES NA SEMANA

() RARAMENTE

2- O que você achou do tempo de espera do semáforo para pedestres?

() RÁPIDO / POUCA ESPERA

() DEMORADO / MUITA ESPERA

() INDIFERENTE/NÃO SOUBE RESPONDER

3- O que você achou do tempo para realizar a travessia?

() SUFICIENTE (teve tempo para atravessar)

() INSUFICIENTE (não teve tempo para atravessar, ou julgou o tempo “apertado”)

() INDIFERENTE/NÃO SOUBE RESPONDER

4- Observamos sua travessia e gostaríamos de saber sobre: A botoeira, o tempo de espera, a tempo de travessia, o vermelho piscante, qual a sua impressão sobre a dinâmica dessa travessia que acabou de realizar?

Figura 20: Questionário aplicado aos entrevistados após observação

Fonte: Relatório de pesquisa sobre a dinâmica de travessia de pedestres em faixa de pedestre localizada na Alameda Santos com detecção automática de travessia – Sistema Puffin Ativado

Já o roteiro de entrevistas para pedestres que iniciaram a travessia no vermelho intermitente encontra-se na Figura 21.

VERMELHO PISCANTE
QUESTIONÁRIO – SISTEMA PUFFIN

H () M () IDADE _____

1 - Com qual frequência (diária) você atravessa nesse local?

() 1 A 2 VEZES NA SEMANA
() 3 A 4 VEZES NA SEMANA
() 5 A 7 VEZES NA SEMANA
() RARAMENTE

2 - O que você achou do tempo para realizar a travessia?

() SUFICIENTE (teve tempo para atravessar)
() INSUFICIENTE (não teve tempo para atravessar, ou julgou o tempo “apertado”)
() INDIFERENTE/NÃO SOUBE RESPONDER

3 - Gostaríamos de saber sua opinião sobre essa travessia que acabou de realizar:

Figura 21: Questionário aplicado aos entrevistados que iniciaram a travessia no vermelho intermitente

Fonte: Relatório de pesquisa sobre a dinâmica de travessia de pedestres em faixa de pedestre localizada na Alameda Santos com detecção automática de travessia – Sistema Puffin Ativado

Nas 630 travessias em que foi possível a observação, identificou-se que 71% dos pedestres não apertaram a botoeira, conforme Tabela 13. Contudo, vale lembrar que houve demanda da botoeira em todos os ciclos e verificou-se que pelo menos um pedestre acionou a botoeira a cada ciclo (a despeito de haver ou não demanda forçada).

Tabela 13: Pedestres observados/entrevistados que apertaram a botoeira para solicitar a travessia

Apertou a botoeira	Observação sem entrevista		Observação com entrevista		Total Geral	
	Qtde.	%	Qtde.	%	Qtde.	%
Sim	62	26,8%	121	30,3%	183	29,0%
Não	169	73,2%	278	69,7%	447	71,0%
Total	231	100,0%	399	100,0%	630	100,0%

Fonte: Adaptado de Relatório de pesquisa sobre a dinâmica de travessia de pedestres em faixa de pedestre localizada na Alameda Santos com detecção automática de travessia – Sistema Puffin Ativado

A Tabela 14 apresenta a distribuição dos tempos de espera para travessia dos 660 pedestres observados/entrevistados.

Tabela 14: Tempo de espera para travessia dos pedestres observados/entrevistados

Tempo de espera p/ travessia (s)	Observação sem entrevista		Observação com entrevista		Total Geral		
	Qtde.	%	Qtde.	%	Qtde.	%	% acumulada
01 a 10	57	23,0%	96	23,3%	153	23,2%	23,2%
11 a 20	45	18,1%	74	18,0%	119	18,0%	41,2%
21 a 30	38	15,3%	60	14,6%	98	14,8%	56,1%
31 a 40	24	9,7%	50	12,1%	74	11,2%	67,3%
41 a 50	22	8,9%	44	10,7%	66	10,0%	77,3%
51 a 60	18	7,3%	31	7,5%	49	7,4%	84,7%
61 a 70	23	9,3%	16	3,9%	39	5,9%	90,6%
71 a 80	12	4,8%	27	6,6%	39	5,9%	96,5%
81 a 90	9	3,6%	14	3,4%	23	3,5%	100,0%
Total	248	100,0%	412	100,0%	660	100,0%	100,0%

Fonte: Adaptado de Relatório de pesquisa sobre a dinâmica de travessia de pedestres em faixa de pedestre localizada na Alameda Santos com detecção automática de travessia – Sistema Puffin Ativado

A Figura 22 exibe as frequências acumuladas e 85 percentil da distribuição dos tempos de espera dos pedestres.

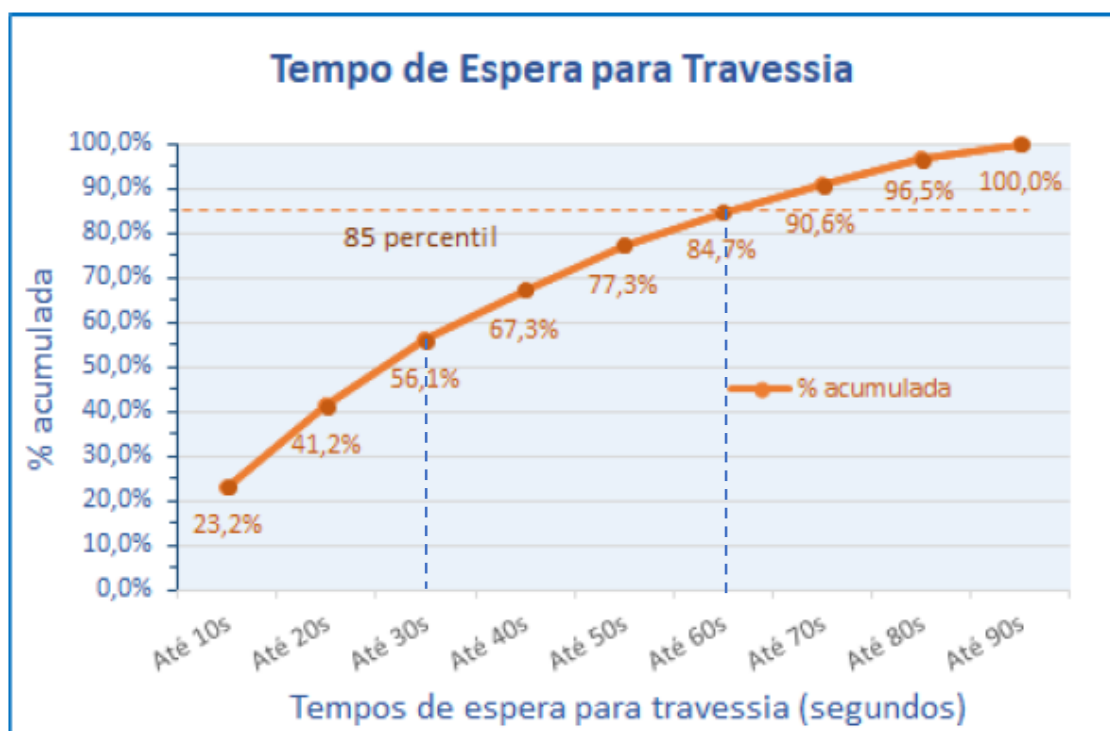


Figura 22: Frequência acumulada dos tempos de espera (todos os pedestres observados/entrevistados)

Fonte: Elaborado por Denise L. Lopes

Aqui percebe-se que 56,1% dos pedestres observados aguardaram um máximo de 30 segundos entre o tempo da chegada à travessia e o início do atravessamento, independentemente do intervalo em que a iniciaram (verde, vermelho ou vermelho intermitente). E 84,7% dos pedestres aguardaram até 1 minuto, sendo que o tempo máximo de espera foi de 1 minuto e meio. (Ressalta-se que os pesquisadores não trajavam uniforme para não intimidar os pedestres).

Dos pedestres para os quais se registrou o tempo de espera, praticamente a metade atravessou em brechas entre veículos, ou seja, 323 pessoas atravessaram durante o intervalo de vermelho. A Tabela 15 apresenta o tempo de espera destes pedestres e a Figura 23 exibe as porcentagens acumuladas dos tempos.

Tabela 15: Tempo de espera para pedestres que atravessaram em brechas

Espera p/ travessia na brecha (s)	Observação sem entrevista		Observação com entrevista		Total Geral		
	Qtde.	%	Qtde.	%	Qtde.	%	acumulado
01 a 10	42	33,3%	69	35,0%	111	34,4%	34,4%
11 a 20	34	27,0%	42	21,3%	76	23,5%	57,9%
21 a 30	21	16,7%	32	16,2%	53	16,4%	74,3%
31 a 40	11	8,7%	19	9,6%	30	9,3%	83,6%
41 a 50	10	7,9%	22	11,2%	32	9,9%	93,5%
51 a 60	1	0,8%	8	4,1%	9	2,8%	96,3%
61 a 70	3	2,4%	2	1,0%	5	1,5%	97,8%
71 a 80	3	2,4%	3	1,5%	6	1,9%	99,7%
81 a 90	1	0,8%	0	0,0%	1	0,3%	100,0%
Total	126	100,0%	197	100,0%	323	100,0%	100,0%

Fonte: Adaptado de Relatório de pesquisa sobre a dinâmica de travessia de pedestres em faixa de pedestre localizada na Alameda Santos com detecção automática de travessia – Sistema Puffin Ativado

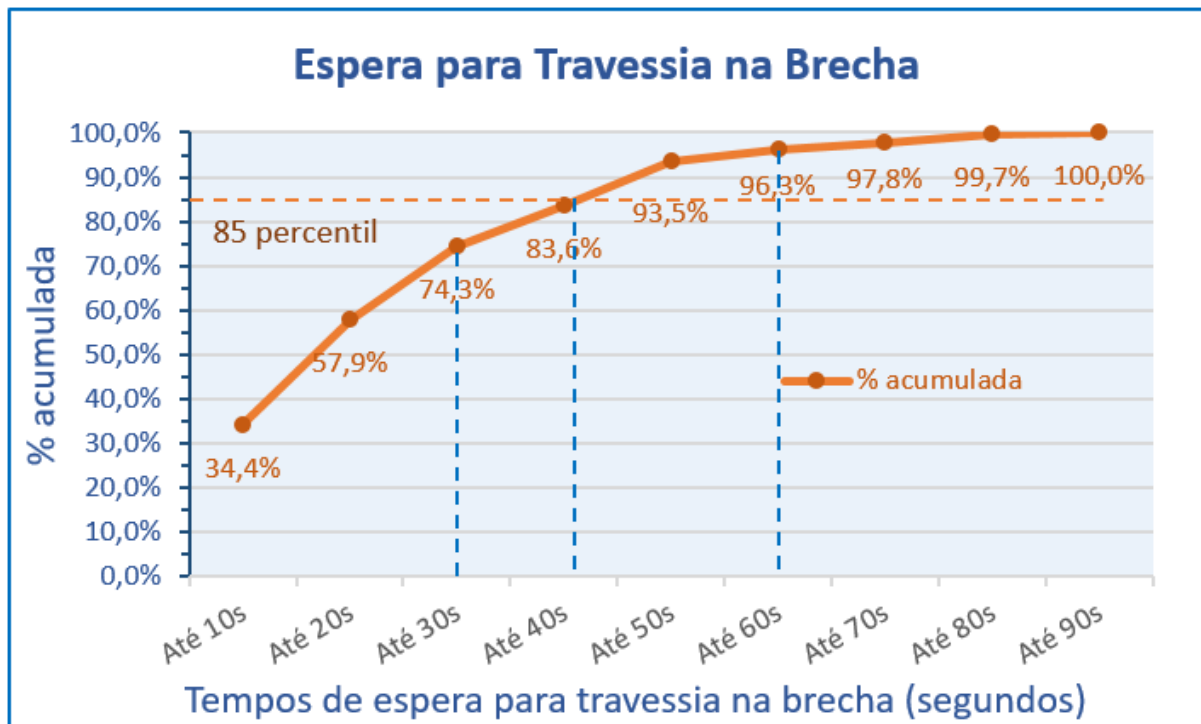


Figura 23: Distribuição acumulada de tempos de espera para travessia em brechas

Fonte: Elaborado por Denise L. Lopes

Pode-se perceber que a proporção de pedestres que optou por não aguardar mais que 30 segundos para atravessar subiu de 56,1% (Figura 22) para 74,3% (Figura 23), sendo que cerca de 96% do total dos que se arriscaram a atravessar em brechas aguardou no máximo 1 minuto. Verifica-se ainda que o 85 percentil corresponde a tempo de espera aproximado de 40 segundos, conforme a Figura 23.

Um comportamento que não tinha sido avaliado nas pesquisas anteriores diz respeito à atitude dos pedestres que chegaram à travessia durante o vermelho intermitente e que deveriam aguardar o próximo intervalo de verde. Conforme mencionado na Nota Técnica 264, esta pesquisa indicou que 55,5% destes pedestres, ao ver outras pessoas cruzando no vermelho intermitente, optaram também por atravessar, enquanto apenas 44% deles permaneceram aguardando.

Conforme apresentado anteriormente na Tabela 8, é importante frisar que os pedestres desta travessia são, em geral, usuários frequentes. Aproximadamente 46% dos pedestres informaram realizar a travessia pelo menos 5 vezes por semana, sendo que a proporção sobe para mais de 66% quando se considera os que a realizam pelo menos 3 vezes por semana. Já os pedestres que informaram usar a travessia raramente ou até 2 vezes por semana correspondem a 34% dos entrevistados que responderam a esta pergunta.

Ainda segundo a NT 264, quando questionados sobre a espera no semáforo, cerca de 67% dos pedestres alegam que o tempo de espera seria muito longo, sendo que apenas 20% o percebem como curto e 13% foram indiferentes ou não souberam avaliar. Vale ressaltar que tanto pedestres que atravessaram nas brechas como os que atravessaram fora delas tiveram percepção bastante similar. Ademais, não houve variação significativa em relação à pesquisa anterior, em que pouco menos de 70% dos pedestres consideraram a espera longa (conforme Figura 17, anterior).

Sobre o tempo de travessia, conforme NT 264, em média 52% dos pedestres responderam ser insuficiente, com a porcentagem alcançando 56% quando considerados apenas os que iniciaram a travessia no vermelho intermitente. Comparando-se com o resultado da pesquisa anterior (Figura 18) em que 47% de todos os entrevistados responderam o mesmo, aqui se percebe uma proporção ligeiramente maior (embora ambas as pesquisas tenham sido feitas com o sistema PUFFIN em funcionamento).

Entre as declarações dos pedestres sobre suas percepções quanto à dinâmica do cruzamento, as mais relevantes dizem respeito ao pouco tempo de travessia e ao longo tempo de espera.

A percepção dos pesquisadores quanto à espera dos pedestres indicou situações referentes à falta de paciência para aguardar o momento devido para atravessar, bem como pessoas que apenas não conseguiram atravessar nas brechas devido ao fluxo intenso de veículos e corrobora as declarações dos pedestres.

Cerca de 5,5% dos pedestres fizeram comentários especificamente sobre o vermelho intermitente, alguns indicando que o usam normalmente como tempo para travessia (sem distingui-lo do verde), outros que o acham confuso e alguns imaginam que seja um defeito do equipamento¹⁰.

Complementando, não houve relatos nem foi observado pelos pesquisadores que o sistema PUFFIN (incremento do tempo de vermelho intermitente) tenha sido percebido pelos pedestres.

7.5 Análise dos relatórios do Sistema STC UTC

Além das contagens e da pesquisa de opinião, foram avaliados também os dados referentes aos tempos de vermelho intermitente e cancelamentos de demanda registrados nos relatórios do Sistema STC UTC.

¹⁰ Fonte: CET: Percepção de respondentes que iniciaram a travessia no vermelho piscante, na pág.12 do Relatório de Pesquisa sobre a Dinâmica de Travessia de Pedestres em Faixa de Pedestre Localizada na Alameda Santos com Detecção Automática de Travessia – Sistema Puffin Ativado (set/2019).

Com a inserção do sistema PUFFIN, o STC UTC passou a processar também os dados dos sensores de espera e travessia, eventualmente estendendo o tempo de vermelho intermitente dada a presença de pedestres na travessia. Nesta situação, o início do verde veicular é atrasado, permitindo que os pedestres possam terminar a travessia com mais segurança.

Para identificar o funcionamento do sistema PUFFIN, foram então gravados arquivos gerados por um comando DLOT do STC UTC, dos quais foram filtrados apenas os dados de interesse para o estudo e pôde-se então analisar em detalhe as demandas de pedestres (registradas quando pressionado o botão da botoeira). Foi identificada a ocorrência do estágio de pedestres e as extensões do intervalo de vermelho intermitente, geradas em razão da identificação de pedestres ainda na área de travessia ao final do tempo programado.

Vale ressaltar que a travessia esteve funcionando em tempo fixo durante todo o período de testes, embora esteja conectada ao sistema inteligente de semáforos SCOOT– *Split Cycle Offset Optimization Technique*¹¹ (Técnica de Otimização da Porcentagem de Verde, Ciclo e Defasagem). Ressalta-se que os ciclos estavam programados para 45, 80, 100 ou 120 segundos.

A Figura 24, a seguir, exibe um exemplo de relatório gerado pelo comando DLOT em que foram incluídas descrições resumidas dos campos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1			Apagamento de todas as lâmpada	Dimming (dimerização)	Sincronismo	Flashing force (forçar intermitente)	Demanda geral	Demanda B	Força estágio B	Força estágio A			Controle manual	Falha de controlador	Sincronismo	Resposta do flashing	Falha de demanda	Reposta da demanda B	Verde do B (estágio de pedestre)	Verde do A (estágio veicular)
2																				
3	*	*	SL	SO	TS	FF	DX	DB	FB	FA	eliminar	eliminar	MC	CF	CS	FR	DF	DRB	GB	GA
4	17/ago	00:00:00	LOTU	Session	Started															
5		11:00:43	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0
6		11:00:44	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0
7		11:00:46	0	0	0	0	0	1	1	1	0	-1	0	1	0	0	1	1	0	0
8		11:00:52	0	0	0	0	0	1	1	1	0	-1	0	1	0	0	1	0	1	0
9		11:00:54	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
10		11:00:57	0	0	0	0	0	1	0	1	0	-1	0	1	0	0	1	1	0	0
11		11:01:14	0	0	0	0	0	1	0	1	0	-1	0	1	0	0	1	1	0	1
12		11:02:23	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0
13		11:02:24	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0
14		11:02:26	0	0	0	0	0	1	1	1	0	-1	0	1	0	0	1	1	0	0
15		11:02:32	0	0	0	0	0	1	1	1	0	-1	0	1	0	0	1	0	1	0
16		11:02:34	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
17		11:02:37	0	0	0	0	0	1	0	1	0	-1	0	1	0	0	1	1	0	0
18		11:02:54	0	0	0	0	0	1	0	1	0	-1	0	1	0	0	1	1	0	1
19		11:04:03	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0
20		11:04:04	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0
21		11:04:06	0	0	0	0	0	1	1	1	0	-1	0	1	0	0	1	1	0	0

Figura 24: Exemplo de relatório DLOT com descrição resumida dos campos apresentados

Fonte: CET

Sem o PUFFIN, em um ciclo de 80 segundos, os pedestres que chegassem no início do vermelho intermitente deveriam aguardar 74 segundos (correspondentes ao intervalo de vermelho intermitente e vermelho para o pedestre) para então terem 05 segundos de tempo de verde para iniciar sua travessia. Iniciada a travessia, além dos 05 segundos de verde, os pedestres teriam mais 10 segundos de vermelho intermitente (para completar o atravessamento), seguidos de um segundo de vermelho de limpeza.

¹¹ SCOOT – É um sistema de controle de tráfego em que os tempos semafóricos (porcentagem de verde, ciclo e defasagem) variam em função do fluxo veicular, medido em termos do tempo de ocupação de veículos sobre os laços detectores, ocupação essa medida a cada 250 milissegundos.

Os tempos de pedestres foram, em um ciclo de 80 segundos:

- Sem o PUFFIN: verde de 5 s e vermelho intermitente fixo de 10 s.
- Com o PUFFIN: verde de 5 s e vermelho intermitente variável entre 6 e 16 s.

Com a introdução do PUFFIN, passou a ser possível a extensão do tempo de vermelho intermitente quando os sensores identificassem que ainda havia movimentação na área de travessia no momento em que o tempo mínimo de 06 segundos estivesse se encerrando. Nesse caso, os 06 segundos seriam gradativamente acrescidos de 01 segundo até o limite de 16 segundos.

Adiante, as tabelas da Figura 25 ilustram a diferença entre os tempos de um ciclo de 80 segundos sem o sistema PUFFIN e a alteração máxima provocada por sua inclusão quando do teste.

Ciclo de 80 segundos SEM PUFFIN						Ciclo de 80 segundos COM PUFFIN					
Pedestre			Veículo			Pedestre			Veículo		
%	tempo (s)	cor	cor	tempo (s)	%	%	tempo (s)	cor	cor	tempo (s)	%
80,0%	64	vermelho	verde	58	72,5%	85,0 a 72,5%	68 a 58	vermelho	verde	62 a 52	77,5 a 65,0%
			amarelo	06	7,5%				amarelo	06	7,5%
6,3%	05	verde	vermelho	15	18,8%	6,3%	05	verde	vermelho	11 a 21	13,7 a 26,3%
12,5%	10	intermitente				7,5 a 20,0%	06 a 16	intermitente			
1,3%	01	vermelho de limpeza		01	1,3%	1,3%	01	vermelho de limpeza		01	1,3%
100,0%	80	Total	Total	80	100,0%	100,0%	80	Total	Total	80	100,0%

Figura 25: Comparação entre tempos semaforicos sem e com PUFFIN

Fonte: Elaborado por Denise L. Lopes

Pode-se perceber que, na situação antes do PUFFIN, o tempo máximo disponível para os pedestres iniciarem e terminarem a travessia era de 18,8% do ciclo (5 segundos de verde + 10 segundos de vermelho intermitente = 15 segundos) e passa para um máximo de 26,3% (5 segundos de verde + 16 segundos de vermelho intermitente = 21 segundos) na situação com o PUFFIN, ou seja, um acréscimo de 7,5% do total num ciclo de 80 segundos.

Para análise do desempenho do sistema em teste foram inicialmente analisados arquivos DLOT de 14 dias de funcionamento do sistema entre agosto e setembro de 2018. Foram analisados mais de 16 mil ciclos semaforicos e cerca de 79 mil linhas de registro referentes a eventos de: acionamento e cancelamento de demanda, alteração e transições do direito de passagem e falha. Outras informações deste tipo de relatório foram suprimidas por falta de relevância para os objetivos da análise.

A Tabela 16 apresenta os registros analisados para o período da amostra distribuídos por dia e faixa horária.

Tabela 16: Registros analisados por dia e hora (para o período da amostra)

Datas	Faixa Horária																							Total Geral	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		23
25/08/18	214	256	240	240	240	240	227	315	315	315	256	252	252	252	217	222	226	218	248	183	168	169	188	188	5.641
26/08/18	221	251	249	240	240	240	136	135	160	156	160	162	205	210	203	197	210	187	227	201	170	155	160	146	4.621
27/08/18	189	246	240	240	240	245	209	225	210	253	252	252	253	253	252	252	252	253	252	253	253	252	252	337	5.915
31/08/18	501	643	640	640	640	640	274	225	210	253	252	289	289	289	259	252	276	254	252	253	253	252	252	240	8.328
01/09/18	229	251	240	240	240	240	227	315	315	315	256	252	252	252	233	212	229	202	241	218	187	177	187	226	5.736
02/09/18	219	255	240	245	240	240	148	138	175	182	238	284	218	208	194	200	200	220	251	225	214	163	160	146	5.003
03/09/18	189	246	240	240	240	245	209	225	210	253	252	252	253	253	252	252	252	253	252	253	253	252	252	240	5.818
08/09/18	209	246	240	244	241	240	227	315	315	315	256	252	252	252	158	162	152	173	172	139	161	153	143	167	5.184
09/09/18	199	246	240	240	240	240	140	140	135	149	134	142	138	170	165	156	210	160	219	188	155	150	139	136	4.231
10/09/18	189	246	240	240	240	255	204	225	210	253	252	252	253	253	252	252	252	253	252	253	253	252	252	235	5.818
11/09/18	189	246	240	242	240	249	199	225	210	253	252	252	253	253	252	252	252	253	252	253	253	252	252	235	5.809
12/09/18	189	235	240	240	240	250	205	225	210	253	252	252	253	253	291	252	252	253	252	253	253	252	252	230	5.837
13/09/18	189	246	240	240	240	250	189	225	210	253	252	252	253	253	252	252	252	253	252	253	253	252	252	230	5.793
14/09/18	193	246	240	240	240	249	202	225	210	253	252	252	253	253	252	252	252	253	252	253	255	63	-	-	5.150
Total Geral	3.119	3.859	3.769	3.771	3.761	3.823	2.796	3.158	3.095	3.456	3.316	3.397	3.377	3.404	3.232	3.165	3.267	3.185	3.374	3.178	3.081	2.793	2.741	2.756	78.874

Fonte: Elaborado por Denise L. Lopes

A amostra contemplou 3 segundas-feiras, 3 sábados e 3 domingos, mas apenas 2 sextas-feiras (sendo que uma delas apenas entre 0h00 e as 21h00), uma terça-feira, uma quarta-feira e uma quinta-feira.

A distribuição dos registros por dia da semana indicou tendência de baixo volume de registros nos 3 domingos da amostra, conforme Tabela 17 adiante, o que parece razoável em se tratando de uma região comercial. A sexta-feira, dia 31/08/2018, foi o dia com maior número de registros, o que seria razoável considerando que o volume de trânsito, tanto de veículos quanto de pedestres, costuma se intensificar nestes dias. Contudo, verificou-se altíssimo número de registros na madrugada deste dia, situação atípica inclusive em comparação com a sexta-feira, dia 14/09/2018, mas não foi possível identificar o motivo.

Em termos de faixa horária, pode-se notar que, em média, o período compreendido entre as 20 horas e a madrugada foi o que gerou menos eventos. Se num primeiro momento essa tendência pode parecer razoável, pois refletiria uma redução do fluxo veicular e de pedestres da região após o término do expediente comercial, por outro lado é preciso lembrar que no entorno do local em que foram realizados os testes situa-se um conjunto de bares em que a intensa movimentação não costuma terminar cedo e que gera grande demanda de pedestres.

Tabela 17: Distribuição do número de registros por dia e hora

Datas	Dia da Semana	Faixa Horária																							Total Geral	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		23
25/08/18	sab	214	256	240	240	240	240	227	315	315	315	256	252	252	252	217	222	226	218	248	183	168	169	188	188	5.641
26/08/18	dom	221	251	249	240	240	240	136	135	160	156	160	162	205	210	203	197	210	187	227	201	170	155	160	146	4.621
27/08/18	seg	189	246	240	240	240	245	209	225	210	253	252	252	253	253	252	252	252	253	252	253	253	252	252	337	5.915
31/08/18	sex	501	643	640	640	640	640	274	225	210	253	252	289	289	289	259	252	276	254	252	253	253	252	252	240	8.328
01/09/18	sab	229	251	240	240	240	240	227	315	315	315	256	252	252	252	233	212	229	202	241	218	187	177	187	226	5.736
02/09/18	dom	219	255	240	245	240	240	148	138	175	182	238	284	218	208	194	200	200	220	251	225	214	163	160	146	5.003
03/09/18	seg	189	246	240	240	240	245	209	225	210	253	252	252	253	253	252	252	252	253	252	253	253	252	252	240	5.818
08/09/18	sab	209	246	240	244	241	240	227	315	315	315	256	252	252	252	158	162	152	173	172	139	161	153	143	167	5.184
09/09/18	dom	199	246	240	240	240	240	140	140	135	149	134	142	138	170	165	156	210	160	219	188	155	150	139	136	4.231
10/09/18	seg	189	246	240	240	240	255	204	225	210	253	252	252	253	253	252	252	252	253	252	253	253	252	252	235	5.818
11/09/18	ter	189	246	240	242	240	249	199	225	210	253	252	252	253	253	252	252	252	253	252	253	253	252	252	235	5.809
12/09/18	qua	189	235	240	240	240	250	205	225	210	253	252	252	253	253	291	252	252	253	252	253	253	252	252	230	5.837
13/09/18	qui	189	246	240	240	240	250	189	225	210	253	252	252	253	253	252	252	252	253	252	253	253	252	252	230	5.793
14/09/18	sex	193	246	240	240	240	249	202	225	210	253	252	252	253	253	252	252	252	253	252	253	255	63	-	-	5.140
Total Geral		3.119	3.859	3.769	3.771	3.761	3.823	2.796	3.158	3.095	3.456	3.316	3.397	3.377	3.404	3.232	3.165	3.267	3.185	3.374	3.178	3.081	2.793	2.741	2.756	78.874

Obs.: tons vermelhos indicam maior número de registros e tons verdes, menor número.

Fonte: Elaborado por Denise L. Lopes

Vale lembrar que a amostra reuniu significativa proporção de sábados e domingos em relação ao número de dias úteis, o que pode ter gerado um menor número de eventos na amostra. Nesse sentido, seria desejável maior aprofundamento e amostra para confirmar esta tendência e as condições observadas.

A distribuição dos ciclos semafóricos no período do estudo pode ser verificada pela Tabela 18. Nela se percebe que as madrugadas concentram maior número de ciclos, já que nesse período, a extensão dos mesmos é a mais curta em todos os dias.

Tabela 18: Distribuição do número de ciclos por dia e hora

Datas	Dia da Semana	Faixa Horária																								Total Geral
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
25/08/18	sab	63	80	80	80	80	80	45	45	45	45	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	45	1.156
26/08/18	dom	63	80	80	80	80	80	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1.273
27/08/18	seg	63	80	80	80	80	80	36	32	30	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	45	1.110
31/08/18	sex	63	80	80	80	80	80	36	32	30	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	45	1.110
01/09/18	sab	63	80	80	80	80	80	45	45	45	45	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	45	1.156
02/09/18	dom	63	80	80	80	80	80	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1.273
03/09/18	seg	63	80	80	80	80	80	36	32	30	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	45	1.110
08/09/18	sab	63	80	80	80	80	80	45	45	45	45	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	45	1.156
09/09/18	dom	63	80	80	80	80	80	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1.273
10/09/18	seg	63	80	80	80	80	80	36	32	30	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	45	1.110
11/09/18	ter	63	80	80	80	80	80	36	32	30	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	45	1.110
12/09/18	qua	63	80	80	80	80	80	36	32	30	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	45	1.110
13/09/18	qui	63	80	80	80	80	80	36	32	30	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	45	1.110
14/09/18	sex	63	80	80	80	80	80	36	32	30	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	18	-	1.011
Total Geral		875	1.121	1.122	1.123	1.124	1.125	564	533	518	567	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	534	517	608	16.061

Obs.: tons vermelhos indicam maior número de ciclos e tons verdes, menor número.

Fonte: Elaborado por Denise L. Lopes

O período de testes compreendeu uma amostra com 16.061 ciclos semafóricos, sendo que em 7.403 ocorreu o estágio de pedestres, ou seja, em 46,1% do total, lembrando que na maior parte dos dias a demanda estava forçada entre as 06h30 e as 23h30.

A distribuição da duração do período de vermelho intermitente dada pelo PUFFIN pode ser verificada pela Figura 26.

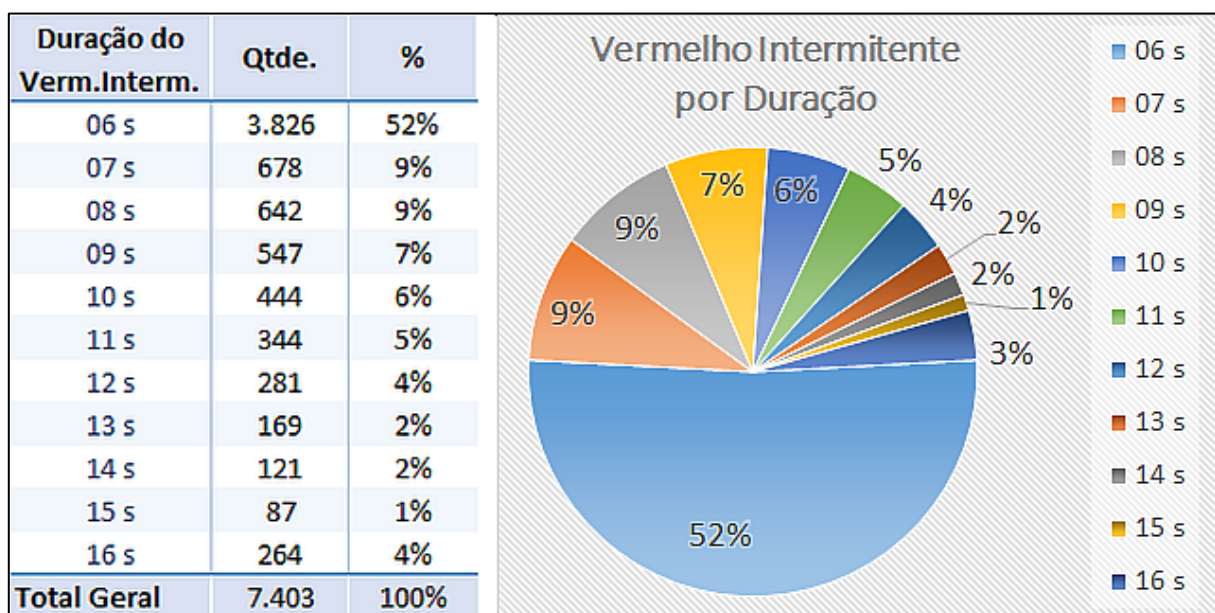


Figura 26: Distribuição da Duração do Tempos de Vermelho Intermitente

Fonte: Elaborado por Denise L. Lopes

Pode-se perceber que os intervalos de vermelho intermitente variaram de 6 a 16 segundos, conforme a existência ou não de pedestres que ainda não tenham concluído travessia. Mais da metade das vezes em que ocorreu o estágio de pedestres, o tempo de vermelho intermitente restringiu-se ao mínimo previsto de 6 segundos. O intervalo de vermelho intermitente com duração entre 7 e 10 segundos representou 25% dos ciclos em que ocorreu o estágio de pedestres. Vale lembrar que antes da implantação do sistema PUFFIN, o tempo de vermelho intermitente era fixado em 10 segundos.

A Figura 27 exhibe as frequências acumuladas para os tempos de vermelho intermitente registrados na amostra.

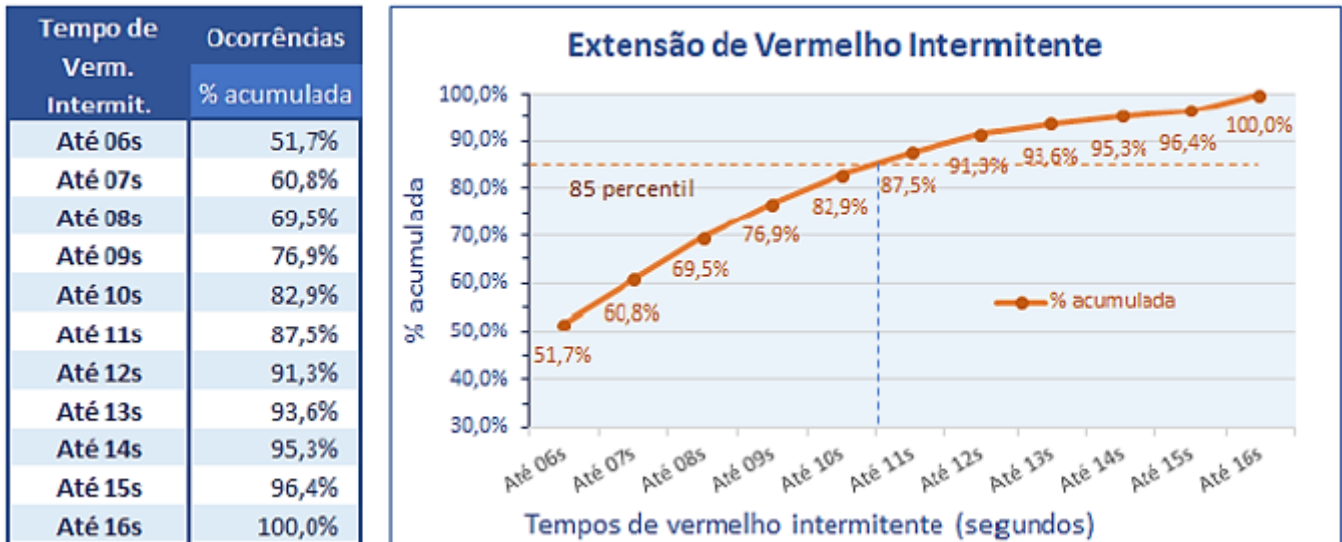


Figura 27: Distribuição acumulada dos tempos de vermelho intermitente (em segundos)

Fonte: Elaborado por Denise L. Lopes

Conforme a Figura 27 (gráfico de percentis), um dado importante a ser ressaltado é que, em 76,9% dos ciclos em que ocorreu o estágio de pedestres, a duração do intervalo de vermelho intermitente foi inferior a 10 segundos e que, em 17,1% dos ciclos em que ocorreu o estágio de pedestres, a duração do intervalo de vermelho intermitente foi superior a 10 segundos (já que em 6%, o intervalo foi de exatamente 10 segundos). Vale ressaltar que o valor de 85 percentil foi de cerca de 10,5 segundos, conforme pode-se verificar na Figura 27.

Isso significa que, em relação à programação anterior, o PUFFIN reduziu o tempo de travessia quando este não era necessário e deu mais tempo quando foi necessário. Sempre é bom lembrar que há pedestres mais rápidos e pedestres mais lentos. O tempo fixo de vermelho intermitente de 10 segundos do sistema anterior, sem PUFFIN, foi calculado em função de uma velocidade representativa, de forma que sempre haverá pedestres que necessitem menos de 10 segundos, assim como pedestres que necessitem de mais tempo.

Outra observação importante é que a duração fixa de 10 segundos de vermelho intermitente do sistema anterior (sem PUFFIN) teria atendido adequadamente em 83% dos ciclos em que houve a ocorrência do estágio de pedestres. Entretanto, em quase 93% destes ciclos mencionados (ou 77% do total dos ciclos em que ocorreu o estágio de pedestres) teria havido desperdício de tempo (tempo dado sem que houvesse mais pedestres na travessia).

Embora não caiba aqui, seria interessante desenvolver uma análise de benefício monetário gerado pelo uso deste sistema.

Tabela 19: Distribuição dos tempos de vermelho intermitente por duração e para todos os dias da semana da amostra

Duração do Verm. Intermit. (s)	Dia da Semana							Total Geral
	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab	
06	428	889	240	260	263	817	929	3.826
07	60	164	68	65	50	153	118	678
08	59	158	70	65	63	140	87	642
09	41	147	61	56	61	108	73	547
10	31	128	40	46	41	87	71	444
11	27	107	43	25	35	61	46	344
12	10	87	26	22	40	64	32	281
13	13	56	17	19	10	35	19	169
14	4	37	16	17	12	27	8	121
15	2	19	9	10	14	23	10	87
16	7	72	23	26	21	100	15	264
Total Geral	682	1.864	613	611	610	1.615	1.408	7.403

Obs.: tons vermelhos indicam maior número de registros e tons verdes, menor número.

Fonte: Elaborado por Denise L. Lopes

O mapa de calor da Tabela 19 ilustra a distribuição dos ciclos pela duração do vermelho intermitente e por dia da semana.

Contudo, é preciso lembrar que a amostra contemplou 3 sábados, 3 domingos e 3 segundas-feiras, mas apenas 2 sextas-feiras (sendo que uma delas apenas entre 0h00 e as 21h00), uma terça-feira, uma quarta-feira e uma quinta-feira. Em vista disso, a tabela 19 não representa adequadamente a distribuição média. Assim, a tabela 20, abaixo, apresentará a distribuição da duração dos tempos de vermelho intermitente considerando o número de médio de ocorrências de cada dia da semana.

Tabela 20: Distribuição dos tempos de vermelho intermitente por duração e pela média dos dias da semana

Duração do Verm. Intermit. (s)	Dia da Semana							Total Geral
	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab	
06	143	296	240	260	263	408	310	1.920
07	20	54	68	65	50	76	39	372
08	20	53	70	65	63	70	29	370
09	14	49	61	56	61	54	24	319
10	10	43	40	46	41	44	24	248
11	9	36	43	25	35	31	15	194
12	3	29	26	22	40	32	11	163
13	4	19	17	19	10	18	6	93
14	1	12	16	17	12	14	3	75
15	1	6	9	10	14	12	3	55
16	2	24	23	26	21	50	5	151
Total Geral	227	621	613	611	610	809	469	3.960

Obs.: tons vermelhos indicam maior número de registros e tons verdes, menor número.

Fonte: Elaborado por Denise L. Lopes

Nota-se que houve ocorrência muito maior de intervalos de 6 segundos em relação aos demais (48%) e que as sextas-feiras foram o dia da semana com maior concentração de vermelho intermitente de apenas 6 segundos, seguidas pelos sábados e

segundas-feiras. Pode-se observar também que a ocorrência de intervalos inferiores ou iguais a 10 segundos foi bastante superior à ocorrência dos tempos maiores (82 contra 18%, respectivamente).

Vale lembrar que número de ciclos com estágio de pedestres varia em virtude da maior concentração de pedestres ao longo da semana nos horários em que a demanda não estava forçada (já que em períodos com demanda forçada, o número de ciclos com estágio de pedestres é igual em todos os períodos).

O procedimento de forçamento de demanda não é incomum em programações semaforizadas, tendo em vista que considera que grande parte dos pedestres não aciona as botoeiras pelos mais variados motivos, conforme mencionado anteriormente. Dessa forma, imagina-se que, em períodos de grande circulação, os pedestres estejam sendo favorecidos mesmo que deixem de acionar o botão. Contudo, conforme mencionado anteriormente, foi observado no período da pesquisa que pelo menos um pedestre acionou a botoeira em cada ciclo, isto é, no período da pesquisa o estágio de pedestres ocorreria em todos os ciclos mesmo que a demanda não estivesse forçada.

No local dos testes, os períodos de demanda forçada ocorreram entre 6h30 e 23h30 de segundas às sextas-feiras e entre 6h30 e 14h aos sábados. Aos domingos e feriados não se impõe a programação de botoeira forçada.

Assim, a Tabela 21, abaixo, apresenta a distribuição de todos os tempos de vermelho intermitente por faixa horária. Ela parece corroborar a informação de que há maior concentração de estágios de pedestre entre as 7 e as 12 horas, enquanto no período das 0 às 5 horas da manhã há menor ocorrência da demanda.

Tabela 21: Distribuição dos tempos de vermelho intermitente por duração e faixa horária

Duração do Verm. Intermit. (s)	Faixa Horária																							Total Geral	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		23
06	81	70	68	58	54	76	166	246	213	205	211	215	146	160	161	173	172	146	173	168	212	228	236	188	3.826
07	2	2	4	1	2	6	16	34	28	41	41	45	46	52	57	52	41	38	42	47	34	18	17	12	678
08	3	4	1	0	1	3	18	26	34	49	43	47	42	50	31	41	44	44	46	37	36	21	11	10	642
09	4	2	0	0	0	1	14	36	29	23	37	48	49	35	39	42	31	49	33	28	16	18	10	3	547
10	2	0	0	1	0	1	15	19	22	36	35	23	33	44	24	23	36	30	31	31	19	6	10	3	444
11	2	2	1	0	1	1	9	10	15	16	32	18	37	30	23	20	33	31	25	16	11	4	3	4	344
12	1	2	0	0	0	0	4	8	18	26	18	20	29	24	20	16	16	15	19	18	9	9	9	0	281
13	0	0	1	0	0	0	4	4	8	10	8	12	19	17	12	11	12	18	14	9	4	1	3	2	169
14	0	0	0	0	1	0	3	3	6	11	7	5	14	14	11	6	7	8	8	4	8	2	2	1	121
15	0	0	1	1	0	0	1	4	3	6	1	5	10	4	3	7	9	8	12	7	2	0	0	3	87
16	0	4	6	21	21	3	8	3	12	17	9	12	29	30	21	8	14	15	18	8	3	1	1	0	264
Total Geral	95	86	82	82	80	91	258	393	388	440	442	450	454	460	402	399	415	402	421	373	354	308	302	226	7.403

Obs.: tons vermelhos indicam maior número de registros e tons verdes, menor número.

Fonte: Elaborado por Denise L. Lopes

Para compreender melhor os benefícios da implantação do sistema, os dados acima serão desmembrados em duas partes: uma tabela com a distribuição dos tempos de vermelho intermitente menores que 10 segundos e outra com os tempos superiores a esta duração.

Assim, a Tabela 22, abaixo, apresenta a distribuição das ocorrências de vermelho intermitente com duração inferior a 10 segundos utilizando a amostra com todos os dias da semana.

Tabela 22: Distribuição de vermelho intermitente com duração igual ou inferior a 10 segundos por faixa horária e para todos os dias da semana da amostra

Dia da Semana	Faixa Horária																							Total Geral	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		23
dom	14	3	2	1	0	0	3	2	12	17	39	51	47	60	52	47	63	54	60	39	25	13	11	4	619
seg	0	0	0	0	0	5	55	88	70	77	82	83	69	73	73	89	77	81	79	90	97	106	103	89	1.486
ter	0	0	0	0	0	1	17	25	24	23	26	27	22	20	31	30	26	25	26	31	34	33	34	24	479
qua	0	1	0	0	0	2	19	30	26	25	29	29	18	24	22	32	26	32	27	28	31	34	35	22	492
qui	0	0	0	0	0	2	16	30	22	29	29	27	16	22	28	31	27	25	22	31	32	34	33	22	478
sex	61	73	71	58	57	77	55	55	48	54	62	63	48	47	57	56	59	46	49	53	63	37	33	23	1.305
sab	17	1	0	1	0	0	64	131	124	129	100	98	96	95	49	46	46	44	62	39	35	34	35	32	1.278
Total Geral	92	78	73	60	57	87	229	361	326	354	367	378	316	341	312	331	324	307	325	311	317	291	284	216	6.137

Obs.: tons vermelhos indicam maior número de registros e tons verdes, menor número.

Fonte: Elaborado por Denise L. Lopes

Contudo, é preciso levar em conta a quantidade desigual de dias da semana na amostra. Neste sentido, a Tabela 23 apresenta o número médio de tempos de vermelho intermitente para a média de dias da semana da amostra.

Tabela 23 Distribuição de vermelho intermitente com duração igual ou inferior a 10 segundos por faixa horária e pela média dos dias da semana

Dia da Semana	Faixa Horária																							Total Geral	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		23
dom	5	1	1	0	0	0	1	1	4	6	13	17	16	20	17	16	21	18	20	13	8	4	3	1	206
seg	0	0	0	0	0	2	18	29	23	26	27	28	23	24	24	30	26	27	26	30	32	36	34	30	495
ter	0	0	0	0	0	1	17	25	24	23	26	27	22	20	31	30	26	25	26	31	34	33	34	24	479
qua	0	1	0	0	0	2	19	30	26	25	29	29	18	24	22	32	26	32	27	28	31	34	35	22	492
qui	0	0	0	0	0	2	16	30	22	29	29	27	16	22	28	31	27	25	22	31	32	34	33	22	478
sex	30	36	36	29	28	38	27	28	24	27	31	31	24	24	28	28	30	23	25	27	32	19	17	12	654
sab	6	0	0	0	0	0	21	44	41	43	33	33	32	32	16	15	15	15	21	13	12	11	12	11	426
Total Geral	41	38	37	29	28	45	119	187	164	179	188	192	151	166	166	182	171	165	167	173	181	171	168	122	3.230

Obs.: tons vermelhos indicam maior número de registros e tons verdes, menor número.

Fonte: Elaborado por Denise L. Lopes

Para os ciclos em que os tempos de vermelho intermitente foram iguais ou inferiores a 10 segundos (ou seja, reduzidos em relação ao tempo fixo de 10 segundos anteriormente em vigor) percebe-se uma grande concentração nas manhãs de sábado, desde as 7 horas e estendendo-se até as 13 horas. O mesmo ocorre nas noites das segundas até as quintas-feiras, entre as 19 e as 22 horas. Por outro lado, as madrugadas das sextas-feiras também indicam grande número de ciclos com tempo reduzido de vermelho intermitente.

A Tabela 23 indica situações em que o tempo para completar a travessia é reduzido sem prejuízo aos pedestres e com benefício à fluidez do trânsito.

Já a distribuição de ocorrências de vermelho intermitente com duração superior a 10 segundos pode ser vista na Tabela 24, abaixo. Esta situação indica benefício direto aos pedestres estendendo o vermelho intermitente para os pedestres que precisariam de mais tempo para completar a travessia.

Tabela 24: Distribuição de vermelho intermitente com duração superior a 10 segundo por faixa horária e pela média dos dias da semana

Dia da Semana	Faixa Horária																							Total Geral	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		23
dom	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	4	1	2	3	2	2	2	1	1	0	0	0	21
seg	0	0	0	0	0	0	4	3	7	10	9	8	13	12	11	6	10	9	10	6	4	1	2	1	126
ter	0	0	0	0	0	0	5	7	6	13	10	9	14	16	5	6	10	11	10	5	2	3	2	0	134
qua	0	0	0	0	0	0	2	2	4	11	7	7	18	12	12	4	10	4	9	8	5	2	1	1	119
qui	0	0	0	0	0	0	3	2	8	7	7	9	20	14	8	5	9	11	14	5	4	2	3	1	132
sex	1	3	5	11	11	2	2	4	6	9	5	4	12	12	8	8	7	13	11	9	5	4	2	1	155
sab	0	1	0	0	0	0	1	1	4	2	4	3	4	4	3	3	4	3	2	1	1	0	1	1	43
Total Geral	1	4	5	11	11	2	17	19	36	52	43	41	85	71	49	35	52	53	58	35	22	12	11	5	730

Obs.: tons vermelhos indicam maior número de registros e tons verdes, menor número.

Fonte: Elaborado por Denise L. Lopes

As durações de vermelho intermitente acima de 10 segundos mostram-se especialmente mais concentradas em dias úteis entre as 12 e as 14 horas (horário de almoço e de grande afluência de pedestres no local). O horário entre 16 e 18, quando se verifica muitos funcionários circulando devido ao final de expediente de trabalho, também apresenta alta concentração dos intervalos maiores. Naturalmente, são geralmente escassos entre as 23 e as 6 horas da manhã, com exceção para as madrugadas das sextas-feiras.

E é justamente nesses períodos (quando não há demanda forçada pela programação e há baixo fluxo de veículos, propiciando brechas para a travessia) que se poderia verificar o cancelamento da demanda, possibilitado pela implantação do sistema PUFFIN.

A situação de cancelamento da demanda ocorre quando o pedestre aciona a botoeira para atravessar, mas realiza a travessia antes mesmo do seu tempo de verde, quando surge alguma oportunidade devido ao baixo fluxo de veículos. Os sensores de área de espera identificam que não há mais pessoas aguardando para travessar e então a demanda armazenada no controlador é cancelada, de forma que não ocorre o estágio de pedestres nesse ciclo.

Embora a ideia seja bastante interessante por trazer uma proposta de incremento à segurança de trânsito, durante todo o período de testes, somente 4 eventos de cancelamento de demanda foram registrados. Todas as ocorrências aconteceram entre as 6h15 e as 6h25, sendo três delas em quartas-feiras e uma na sexta-feira.

Vale mencionar que, em virtude da localização das áreas de espera sensoriadas pelo sistema ser adjacente a bares, acredita-se que a disposição de mesinhas nas calçadas possa ter interferido na detecção e tenha resultado na baixa taxa de cancelamentos. Nesta situação, a presença de pessoas e garçons no entorno das mesas poderia ser erroneamente identificado pelo sistema como presença de pedestres aguardando na área de espera mesmo quando da sua ausência.

Considerando que em aproximadamente 35% dos 16.061 ciclos houve inclusão do estágio de pedestres nos períodos em que a demanda estava forçada¹², nos períodos em que não havia demanda forçada (ou seja, nos 10.381 ciclos restantes) houve cerca de 1.879 ciclos em que ocorreu o estágio de pedestres, correspondendo a 18% dos ciclos em que a demanda foi dada por acionamento de botoeira.

¹² Para lembrar as formas possíveis de inserção de estágio de pedestres em uma programação semafórica é preciso entender que um plano semafórico é composto de uma sequência de estágios que podem ou não ser obrigatórios. Os estágios não obrigatórios (como os estágios de pedestres) são implementados por meio de uma demanda que pode ser gerada pela Central/controlador (demanda forçada) ou por equipamento de detecção, como uma botoeira. A demanda forçada impõe ao controlador a inserção do estágio de pedestres em todos os ciclos, independentemente do acionamento da botoeira, tornando-o obrigatório. Caso contrário, somente quando solicitado pelo pedestre (por meio do acionamento de botoeira) é que ocorrerá o estágio.

Em virtude da taxa de cancelamento de demanda inesperadamente baixa (apenas 4 ocorrências), foi realizada uma amostragem adicional de 4 dias no intuito de verificar a consistência da informação. Assim, foram levantados e analisados os dados de 27, 30 e 31 de dezembro de 2019, bem como de 1º de janeiro de 2020.

Entretanto, neste período, que compreendeu 45 horas sem demanda forçada não foi registrado nenhum cancelamento de demanda, corroborando com a baixa taxa de cancelamento de demanda anteriormente observada.

8. DISCUSSÃO SOBRE OS RESULTADOS

Além de questões técnicas, este estudo toca também em alguns pontos bastante sensíveis da segurança e fluidez de trânsito. A proposta é de oferecer maior segurança e conforto ao pedestre para que, independentemente de sua velocidade de deslocamento, possa completar a travessia sem problemas.

A comparação entre as contagens volumétricas com e sem a implantação do sistema PUFFIN indicou pequena redução do número de pedestres que iniciaram a travessia no vermelho (queda de 49,9% para 43,3%). Por outro lado, houve uma redução de cerca de 29,8% para 24,3% na proporção de pedestres que iniciaram a travessia no vermelho intermitente e tiveram que correr para completá-la. Embora a amostra (72 ciclos) seja pequena e não haja significância estatística, os resultados foram positivos. Para que os resultados sejam estatisticamente significativos é necessária uma amostra maior de ciclos.

Em termos de percepção pessoal, independentemente de serem pedestres assíduos ou não, cerca de 50% dos entrevistados consideram o tempo de travessia insuficiente. A impressão sobre o tempo de espera para atravessar é ainda mais negativa. A despeito de 56% dos pedestres aguardarem um máximo de 30 segundos (conforme indicado anteriormente na Tabela 14), cerca de 75% dos entrevistados consideram muito longa a espera para atravessar.

E, considerando os pedestres que optaram por não aguardar a abertura do semáforo, 74% não levaram mais que 30 segundos para arriscar-se atravessando nas brechas entre veículos e 96% não passaram mais do que 1 minuto na espera.

Quando perguntados se haviam notado alguma diferença sobre a travessia, os pedestres deram respostas das mais variadas, sendo que apenas 56% identificaram variação referente ao tempo de travessia. Ainda assim, 34% tiveram a sensação de que o tempo teria sido reduzido contra apenas 22% que identificaram aumento no tempo de travessia. Quer parecer com isso que seria necessária uma variação muito mais significativa para obter uma reação mais positiva dos munícipes em ambos os quesitos.

Neste sentido, há também a possibilidade de que a falta de uma boa compreensão sobre a diferença funcional entre o verde e o vermelho intermitente por parte dos pedestres tenha interferido na forma como perceberam ou deixaram de perceber as alterações na situação do cruzamento.

É que, embora estejam em vigor desde 2014, as mudanças promovidas pelo volume V do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (que trata especificamente da sinalização semafórica) geram até hoje polêmica entre os especialistas. Por outro lado, pouco foi feito para que essas mudanças alcançassem os usuários comuns e pudessem ser adequadamente compreendidas e utilizadas¹³.

Sobre a questão do uso de demanda forçada na programação semafórica de diversos locais da cidade, inclusive no local dos testes, ressalta-se que ela inviabiliza o cancelamento de demanda pelo PUFFIN. E considerando-se que a pesquisa indicou que,

¹³ Convém esclarecer que as mudanças do Manual de Sinalização Semafórica se referem à função e à forma de programação dos tempos de verde e do vermelho intermitente. Após o advento do Manual, o tempo de verde deixa de ser o tempo para se fazer a travessia, mas sim, apenas o tempo para iniciá-la, sendo o vermelho intermitente o tempo para completar a travessia.

no período e no local dos testes, foi observado que em todos os ciclos pelo menos um pedestre acionou a botoeira, poder-se-ia considerar a possibilidade de retirar a demanda forçada da programação.

A demanda forçada baseia-se na premissa de que a grande maioria dos pedestres não aciona o botão, como confirmou a pesquisa realizada no local (onde apenas 30% dos pedestres apertaram a botoeira para aguardar a abertura do semáforo). Mas, se a proporção parece baixa, vale lembrar que é necessário que apenas uma pessoa, de qualquer lado da calçada, pressione o botão em cada ciclo para que a solicitação do estágio de pedestres seja registrada. No caso no horário dos testes, constatou-se que houve uso da botoeira em todos os ciclos.

Com relação à configuração e instalação do sistema PUFFIN, houve diversos requisitos técnicos que precisaram ser equacionados e que requereram um longo aprendizado conjunto entre a CET e a empresa parceira que fez a instalação do sistema. E houve necessidade de adequação tanto de hardware como de software do controlador para que o sistema funcionasse conforme previsto.

A implantação também apresentou dificuldades imprevistas, como a necessidade de colocação de gradis (para garantir que os pedestres se mantivessem dentro da área de espera definida) e de um ajuste específico de ligação dos sensores e das botoeiras.

O sistema requer que a área de travessia seja bem delimitada pois os sensores são direcionados apenas para a faixa de pedestre e não registram pedestres que caminhem em seu entorno.

Um fato revelado pelo teste do sistema PUFFIN é que em cerca de 77% dos ciclos em que ocorreu o estágio de pedestres a duração do intervalo de vermelho intermitente foi inferior a 10 segundos e que em 17% dos ciclos a duração do intervalo de vermelho intermitente foi superior a 10 segundos e em 6%, o intervalo foi de exatamente 10 segundos. Este resultado mostrou que o tempo fixo antes do PUFFIN de 10 segundos teria ficado ocioso em 77% dos ciclos. O uso de sensores na travessia reduziu o tempo de travessia quando este não era necessário e deu mais tempo quando foi necessário.

O fato de o tempo para completar a travessia poder ser variável inviabiliza a implantação do sistema PUFFIN em locais com contador regressivo de pedestres. Como o contador regressivo é implantado para contar o tempo de vermelho intermitente restante e o sistema PUFFIN pode prolongar esse tempo conforme a necessidade dos pedestres, a contagem regressiva torna-se inviável.

Vale ressaltar que, atualmente, nenhum controlador nacional disponível no mercado apresenta o recurso do PUFFIN, embora especificações de controladores futuras possam passar a oferecer a possibilidade de inclusão do sistema.

As condições climáticas do período de testes não permitiram a verificação de funcionamento do sistema em situações adversas (como chuva) como seria desejável, mas, dentro das condições testadas, não foram identificados problemas após a correta instalação.

9. LIÇÕES APRENDIDAS E RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TESTES

O teste ficou condicionado à escolha de um local em que houvesse a disponibilidade de controlador que pudesse ser readequado para atender os requisitos do PUFFIN e que tivesse comunicação com a Central.

Embora o local escolhido tenha atendido os dois requisitos anteriores, o teste revelou que houve problema de interferências com a existência de bares no entorno em que a disposição de mesinhas, a passagem de garçons e clientes obrigaram a redefinição das áreas de espera e, ainda assim, podem ter contribuído para o reduzido número de cancelamentos de demanda. Recomenda-se, então, que, em eventuais futuros testes, o local em si não venha a causar tais interferências.

Outra recomendação para eventuais novos testes seria a filmagem do local de forma a viabilizar a contagem volumétrica de pedestres em períodos maiores, visando obter uma amostragem que garanta significância estatística aos resultados. Além disso, o vídeo poderia dirimir eventuais dúvidas que venham a aparecer (como no caso de estudos de precisão da detecção, detecção errônea de elementos indevidos, ou, ainda, definição de critérios para tempo máximo e mínimo do intervalo de vermelho intermitente).

Uma lição aprendida com o teste foi a de que há necessidade de que a conexão elétrica das botoeiras seja corretamente feita em entradas distintas (e não em paralelo como usualmente é feita) e de que sejam vinculadas aos seus respectivos sensores de área de espera na calçada.

O teste foi realizado em um local adjacente à região da Av. Paulista. Portanto, os resultados obtidos são decorrentes das características dessa região. Para se verificar o desempenho do sistema PUFFIN em regiões com características diferentes, seria necessária a realização de testes em outras regiões da cidade.

10. CONCLUSÃO

Embora o sistema apresente grande potencial de contribuição para a segurança e fluidez do trânsito, em particular dos pedestres, aparentemente a maioria destes indivíduos não demonstrou notar os benefícios resultantes da implantação do sistema PUFFIN.

Não só não houve indicação clara de que os pedestres tivessem percebido o aumento do tempo de vermelho intermitente como há indícios de que eles ainda não compreendam bem a diferença entre as funções do verde e do vermelho intermitente.

A despeito da percepção dos pedestres, o teste mostrou que o sistema produz resultados positivos, reduzindo o tempo de vermelho intermitente quando não há mais pedestres na travessia e aumentando esse tempo quando ainda há pedestres que não a concluíram.

Outro benefício para os pedestres é identificado pelos estágios que receberam o incremento máximo, especialmente próximo do horário do almoço, permitindo que maior número de pedestres realize a travessia com conforto e segurança.

Além disso, os estágios mais curtos verificados nos períodos da noite e madrugada resultam em menor atraso para os veículos, embora não se tenha estimado numericamente o ganho.

Em termos de cancelamento de demanda, houve um número extremamente baixo de ocorrências e estas foram identificadas poucos minutos antes do início da imposição de demanda forçada. Verificou-se também por meio da pesquisa de observação que pelo menos um pedestre acionou a botoeira a cada ciclo.

Alguns requisitos do sistema podem ser limitadores para a sua implantação, como a existência de um único fabricante de controlador que permita tal recurso no momento, a eventual necessidade de adequação da área de espera (já que os pedestres devem aguardar dentro dela) e a adequação do local para evitar que os pedestres atravessem fora da faixa (deixando então de ser detectados).

Verificou-se que, conforme Tabela 19:

- Em cerca de 77% dos ciclos em que ocorreu estágio de pedestres, a duração do vermelho intermitente foi inferior a 10 segundos (indicando que em 77% das ocorrências a velocidade real do pedestre na travessia foi maior do que a considerada pela programação semafórica antes do PUFFIN);

- Em cerca de 17% dos ciclos em que ocorreu estágio de pedestres, a duração do vermelho intermitente foi superior a 10 segundos, indicando que nessas ocorrências, o pedestre mais lento foi beneficiado com maior conforto e segurança. Ressalta-se, porém, que a porcentagem desses ciclos poderia ter sido ainda menor, se não tivesse havido pedestres que iniciaram a travessia no vermelho intermitente; e
- Em cerca de 6% dos ciclos em que ocorreu o estágio de pedestres, a duração do vermelho intermitente foi de exatamente 10 segundos.

Conclui-se que o sistema PUFFIN otimizou o tempo de vermelho intermitente, oferecendo mais tempo de travessia quando necessário e suprimindo o prolongamento desnecessário quando não havia mais pedestres na travessia, reduzindo atrasos para os veículos.

Neste sentido, o sistema PUFFIN poderá vir a ser uma importante ferramenta para a Engenharia de Trânsito, facilitando a adequação semafórica ao Decreto Municipal nº 59.670/2020 que regulamentou a Lei nº 16.673/2017, a qual institui o Estatuto do Pedestre.

O decreto estabelece que se deve considerar diferentes velocidades em função do tipo de pedestre. Como pode haver ciclos em que não haja a ocorrência de pedestres mais lentos como crianças, idosos ou deficientes, imagina-se que a inclusão do sistema PUFFIN possa otimizar os tempos de pedestres em função da real necessidade apresentada em cada ciclo. Ressalta-se, contudo, que seria necessário que os controladores atualmente disponíveis tivessem a tecnologia adequada para incorporar as funções do PUFFIN e a instalação dos respectivos sensores.

Ressalta-se, por fim, que pelo fato de o teste ter sido realizado em um único local, os resultados positivos não podem ser generalizados. Para verificar a consistência desses resultados seria necessária a realização de testes em outras regiões da cidade, de forma a aferir o desempenho do sistema em locais com diferentes características.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a colaboração do corpo técnico das seguintes áreas da CET: DSI3 e DEG (SSI); DCS-OE, DCS-SO e DET-OE1 (SET); DRU (SDE) e do DPT (SPP) que viabilizaram a realização do teste e das pesquisas.