

Janeiro

2024

RELATÓRIO 09-E3

Modelagem de Microssimulação para as Interseções

(Duas Pontes)

DIAGNÓSTICO DO SISTEMA VIÁRIO DA
CIDADE DE PETRÓPOLIS (1ª PARTE)

Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós- Graduação e Pesquisa
em Engenharia (COPPE/UFRJ)



PROJETO: PET-24.896

UFRJ/COPPETEC



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ

**INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E
PESQUISA EM ENGENHARIA – COPPE**

PROGRAMA DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES – PET

Coordenação

Marcelino Aurélio Vieira da Silva – Prof. Dr. do Departamento de Engenharia de Transportes PET/COPPE/UFRJ

Equipe Técnica

Bady Nunes de Carvalho

Lucas Ribeiro Sampaio

Marcus Hugo Sant' Anna Cardoso

Pedro Henrique Paixão Batista

Tomás Oliveira Cazelli

Sumário

1	APRESENTAÇÃO.....	1
2	INTRODUÇÃO	2
3	FLUXOS DE VEÍCULOS.....	7
4	SIMULAÇÕES DE TRÁFEGO - METODOLOGIA.....	8
5	SIMULAÇÕES DE TRÁFEGO - ANÁLISE.....	12
6	CONCLUSÕES GERAIS	22
	REFERÊNCIAS.....	23
	ANEXOS – RESULTADOS COMPLETOS DAS SIMULAÇÕES	24

1 APRESENTAÇÃO

O Espaço Tecnológico Professor Amaranto Lopes Pereira - LESFER da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) foi contratado pela Companhia Petropolitana de Trânsito e Transportes – CPTRANS, da Prefeitura Municipal de Petrópolis, para fins de elaboração de um DIAGNÓSTICO DO SISTEMA VIÁRIO DA CIDADE DE PETRÓPOLIS.

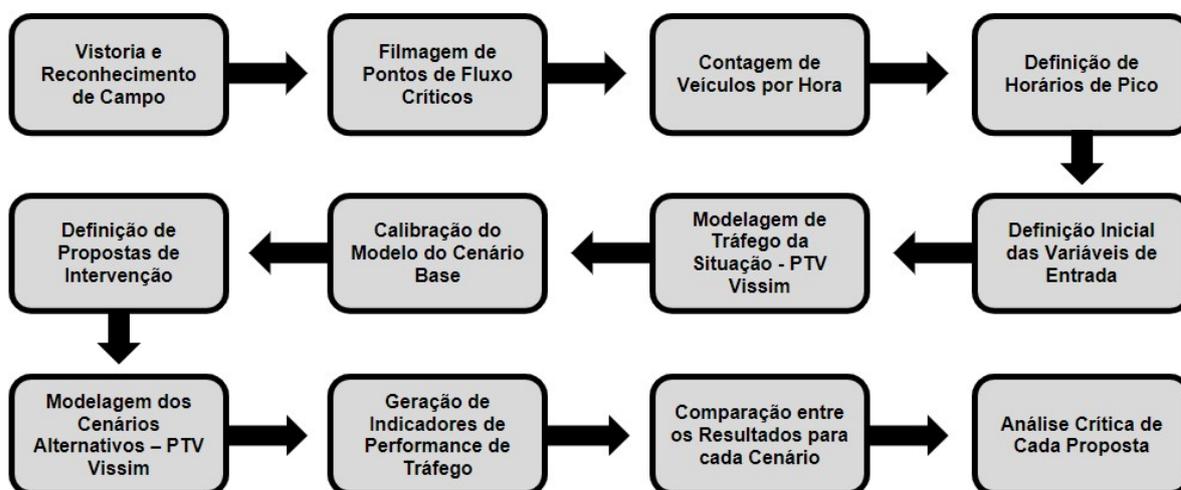
Desta forma, conforme restou pactuado no Contrato de Prestação de Serviços nº 249/2022, celebrado entre a CPTRANS e a Universidade Federal do Rio de Janeiro, com a interveniência da Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – COPPETEC, o presente Relatório tem por objetivo, em atendimento ao Anexo IV (Plano de Trabalho), apresentar a modelagem de microssimulação para a interseção localizada em Duas Pontes.

Por se tratar de um ponto de análise além dos dois previstos inicialmente, este presente relatório é nomeado como uma extensão do Relatório 9, procedimento adotado para todas as modelagens adicionais realizadas, sendo estas nomeadas como 09-E para indicar o conteúdo extra.

2 INTRODUÇÃO

A presente nota técnica apresenta os resultados de contagens de veículos realizadas para o ponto de filmagem que foi instalado em Duas Pontes, assim como também a apresentação de resultados para a simulação localizada para o único ponto específico no software PTV Vissim, com a análise de cinco distintos cenários.

Todo o trabalho realizado pelo procedimento descrito ao longo do presente relatório seguiu o método descrito por meio do Fluxograma 1, sendo necessário a conclusão de cada etapa para iniciar a seguinte:



Fluxograma 1: Descrição Geral das atividades realizadas por etapa

Uma única câmera pertencente ao município de Petrópolis, teve suas imagens disponibilizadas para consulta, tendo sido obtidas as imagens de veículos para 7 dias distintos com o objetivo de determinar o horário e o volume de pico de tráfego, visando-se obter também comportamentos distintos com base no dia e no horário.

Para avaliar as soluções propostas para Duas Pontes, foram realizadas contagens de veículos de acordo com as imagens da câmera com o fim de usar esses dados na simulação. O ponto de contagem se encontra descrito pela Tabela 1, com suas coordenadas especificadas em seguida.

Tabela 1a: Descrição dos pontos analisados.

Ponto	Descrição
Duas Pontes	Foi consultada as imagens de uma câmera já existente no local da interseção de Duas Pontes, com as imagens disponibilizadas para consulta da COPPE/UFRJ

Tabela 1b: Pontos de Filmagem e o período de realização de suas Contagens

Local de Filmagem	Latitude	Longitude	Datas de Contagem
Interseção em Duas Pontes	-22.520673091440198	-43.18850440461196	10/04/2023; 11/04/2023; 11/08/2023; 19/08/2023; 20/08/2023; 23/08/2023; 24/08/2023

Com base nas imagens que foram obtidas, foi realizado um processo de contagem manual por períodos de 15 minutos ao longo de todos os sete dias com o objetivo de determinar o horário pico em uma semana para o fluxo de veículos em cada ponto específico, assim como o seu quantitativo correspondente de forma que seja possível utilizar este volume máximo como referência nas simulações executadas em cada local.

Foram divididos os resultados em três horários de picos nas simulações (Pico Manhã em Dia Útil; Pico Tarde em Dia Útil e Pico de Fim de Semana), que por se tratar da modelagem de apenas uma interseção necessitaram apenas dos dados de uma única câmera como entrada de informações no software de simulações.

A Figura 1 apresenta a imagem da câmera utilizada no processo de contagem, enquanto a Figura 2 mostra o procedimento sendo executado pela equipe da COPPE.



Figura 1: Câmera fixa consultada pela COPPE/UFRJ



Figura 2: Contagem de Veículos e Análise de Tráfego

Adicionalmente para Duas Pontes, também foi utilizado um equipamento RPA (“Remotely Piloted Aircraft System”), popularmente conhecido como drone, para a execução de filmagens mais curtas na Interseção analisada. As filmagens de drone foram mais curtas em comparação com as longas filmagens da câmera fixa – com um máximo de 15 minutos por filmagem - por conta da bateria do drone.

A filmagem com o drone possui o objetivo de otimizar a calibração de informações no software de simulação ao possibilitar uma melhor compreensão visual do comportamento do tráfego.



Figura 3: Imagem de Drone da equipe COPPE/UFRJ – Duas Pontes

Considerando que diferentes classes de veículos influenciam de modos distintos a ocupação da faixa da via, os veículos foram classificados da seguinte forma: automóveis (VP); as motocicletas (M); os caminhões e ônibus (CO); veículos de semirreboque e reboque (SR/RE) e as bicicletas (B). No qual, posteriormente, foram convertidos em uma unidade de veículo padrão (UVP) que considerou os fatores apresentados na Tabela 2.

Classe de Veículo	Automóveis (VP)	Motocicletas (M)	Caminhões ou Ônibus (CO)	Veículos Semirreboque ou Reboque (SR/RE)	Bicicletas (B)
Fator de Conversão (UVP)	1,0	1,0	1,5	2,0	0,5

Tabela 2: Fatores de conversão para UVP (Manual de Estudos de Tráfego – DNIT)

Após a contagem de todas as conversões realizadas nos pontos analisados, foram elaborados relatórios de contagens com os valores encontrados nos quais são descritos as quantidades de veículos em unidade padrão. Sendo assim, foi possível estabelecer os dados de entrada da simulação com os valores totais de veículos e os percentuais de conversão em cada trecho.

Em todos os dias úteis se realizou uma análise da contagem de pelo menos três horários de pico na manhã e outros três durante a tarde/noite. O período considerado como de pico da manhã geralmente se concentra no período das 07h até as 10h, enquanto para a tarde esse horário foi entre as 17h e 20h. Já para os dias de Sábado e Domingo, considerou-se uma análise de pelo menos três horas por dia durante o período de pico determinado como sendo entre 11h e 14h, próximo do horário de almoço.

As indicações dos fluxos, assim como o seu quantitativo no horário de pico de cada dia, podem ser encontradas nos diagramas inclusos nos relatórios de contagens, apresentados no Relatório 02. Estes se baseiam em variados fluxos cuja lógica e nomenclatura exata em cada ponto analisado podem ser mais bem compreendidos no capítulo seguinte. Enquanto os horários de pico exatos para cada ponto podem ser verificados nos Relatórios de Contagens.

Desta forma, para a contagens de Duas Pontes, foram considerados 3 horários ao todo para cada um dos cenários avaliados: o horário de pico da manhã em dias úteis;

o pico da tarde em dias úteis e um pico geral para o fim de semana. Assim pode-se observar as diferenças no fluxo do trânsito em variadas circunstâncias.

Os valores de volume adotados nas simulações de Duas Pontes, assim como o percentual de conversões executadas para distintos trajetos foram determinados considerando os dados de contagem levantados. Para cada pico, foram utilizados dados de um único dia em cada simulação, de forma que foram estipuladas as seguintes datas para cada pico analisado:

- Pico da Manhã em Dia Útil – 24/08/2023 (às 8h)
- Pico da Tarde em Dia Útil – 10/04/2023 (às 17h)
- Pico do Fim de Semana – 19/08/2023 (às 12h)

3 FLUXOS DE VEÍCULOS

A Figura 4 apresenta a lógica de todas as entradas e saídas possíveis na Interseção de Duas Pontes, existindo 4 possíveis pontos de entrada e 4 pontos de saída distintos.

No entanto, deve-se observar que cada fluxo apresentado pode se subdividir de diferentes formas de acordo com a conversão executada. Por exemplo, o Fluxo A representado na imagem pode ter três destinos diferentes, se dividindo em A1; A2 e A3. Para verificar a nomenclatura das subdivisões dos fluxos apresentados neste tópico, deve-se consultar os relatórios de contagens no Relatório 02, que contém esta informação de forma mais detalhada.

De qualquer forma, pode notar que há um total de 12 possíveis conversões distintas que são realizadas na Interseção de Duas Pontes.

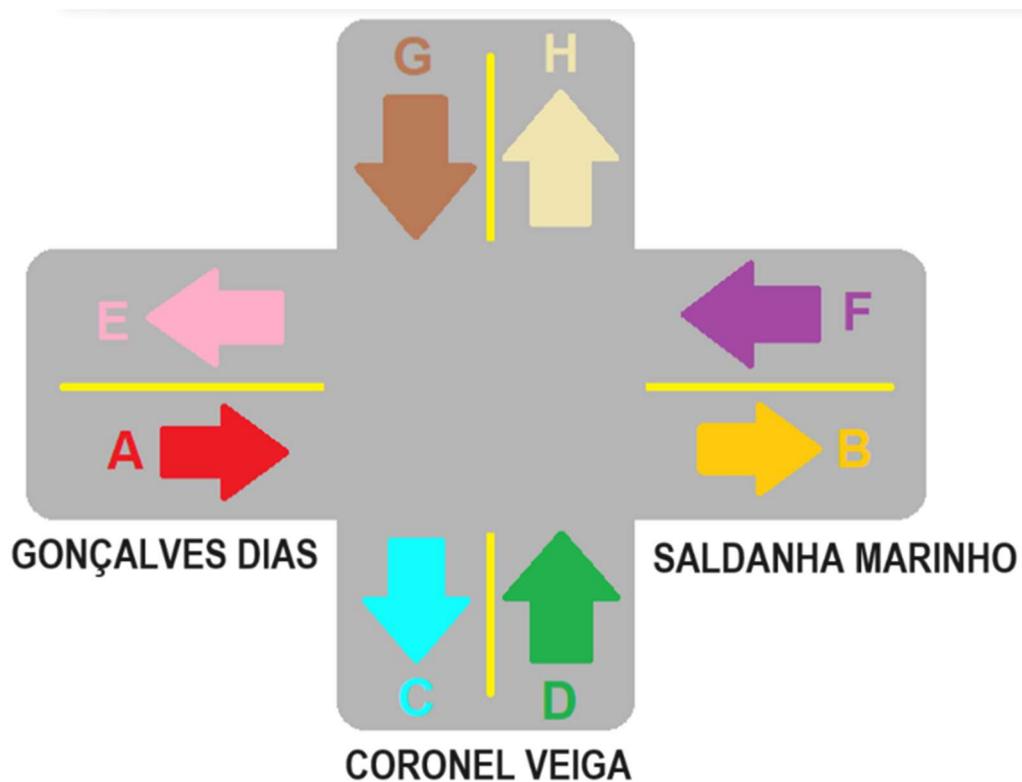


Figura 4: Esquema de Fluxos – Duas Pontes

4 SIMULAÇÕES DE TRÁFEGO - METODOLOGIA

A simulação integrada em Duas Pontes foi executada por meio do software PTV Vissim visando obter critérios de avaliação do fluxo para o cenário atual e diferentes propostas de intervenção. Dentre os principais critérios de avaliação considerados em uma hora de simulação estão o nível de serviço; a fila média de veículos que é formada e o tempo de atraso médio dos veículos, este último o qual se considera o indicador mais adequado para avaliação.

Como parâmetro para o quantitativo de fluxo, foi inicialmente considerado para cada fluxo o valor máximo de pico encontrado para cada um dos três períodos de pico avaliados, com os volumes de contagens mais críticos ocorrendo durante os dias úteis, embora em Duas Pontes os valores observados para o Sábado tenham se mantido bem próximos a estes. De qualquer forma, os indicadores para a manhã e à tarde se mostraram próximos entre si ao final do processo e apontam para as mesmas conclusões.

Além do volume de fluxo, diversas outras variáveis foram consideradas pelo software para a realização da simulação, como por exemplo a presença de pontos de ônibus no local; prioridades em zonas de conflito; a velocidade máxima estabelecida para os veículos; a geometria da via; o trajeto percorrido pelos veículos; dentre outras.

Foram realizados cinco cenários de simulações em particular que consideraram diferentes propostas de intervenções existentes para pontos localizados ao longo do trecho avaliado. Cada cenário foi estipulado em relação ao cenário base, sem a acumulação de propostas de intervenção neste trecho. Segue a descrição de cada uma das cinco simulações:

1. Cenário Base, sem propostas de intervenções.
2. Cenário com implementação de semaforização da interseção de Duas Pontes em seus 4 possíveis pontos de entrada, visando reduzir a ocorrência de conflitos ao se estimular a passagem de veículos em dois turnos. Enquanto os semáforos localizados na Rua Washington Luiz e na Rua Coronel Veiga ficam abertos, os localizados na Rua Gonçalves Dias e na Rua Saldanha Marinho ficam fechados e vice-versa. Tempos de Semaforização Fixos e iguais em cada turno.
3. Cenário com implementação de semaforização da interseção de Duas Pontes em seus 4 possíveis pontos de entrada considerando tempos de semaforização variáveis, com base no acúmulo de demanda de veículos antes dos semáforos. Para estimular a comparação de resultados, a divisão é novamente feita em dois turnos, enquanto os semáforos localizados na Rua Washington Luiz e na Rua

Coronel Veiga ficam abertos, os localizados na Rua Gonçalves Dias e na Rua Saldanha Marinho ficam fechados e vice-versa.

4. Implementação do Projeto de alteração de geometria da Interseção em Duas Pontes, contendo a eliminação do cruzamento entre as vias e acréscimo de dois retornos na proximidade. Projeto incluído no PlanMob 2019 do Município de Petrópolis. Semaforização não incluída.

5. Implementação do Projeto de alteração de geometria da Interseção em Duas Pontes, contendo a eliminação do cruzamento entre as vias e acréscimo de dois retornos na proximidade. Projeto incluído no PlanMob 2019 do Município de Petrópolis. Semaforização incluída.



Figura 5: Projeto de Alteração da Geometria na Interseção Atual – PlanMob 2019

Deve-se observar que neste caso cada cenário não considera um acúmulo das propostas realizadas nos cenários anteriores, sendo independentes entre si.

Pode ser observado que os cenários como todo avaliam de diferentes formas duas propostas de intervenções: A alteração da Geometria conforme o projeto previsto pelo PlanMob 2019 como forma de eliminar os conflitos que ocorrem no cruzamento e a instalação de semaforização como maneira de estabelecer uma rotatividade entre os fluxos de veículos de forma que os conflitos ocorram com menor frequência.

Naturalmente, a semaforização traz um atraso para os veículos ao pararem no semáforo, de forma que se busca avaliar se o benefício trazido com a redução destes conflitos compensaria este atraso sob o ponto de vista de tráfego. Busca também se avaliar se a inclusão de Semáforos Inteligentes operando em uma lógica de dois turnos iguais aos Semáforos de Tempo Fixo trariam alterações significativas para o tráfego.

É importante mencionar que todos os cenários possuem vários parâmetros e processos de construção semelhantes entre si, com as simulações mantendo os comportamentos de fluxo de trânsito iguais para todos, de forma a possibilitar a

comparação dos indicadores gerados e analisados. Para este comportamento de veículos, se utilizou o padrão urbano com a modelagem do tipo **Wiedemann 74**, sendo feitas alterações somente no que diz respeito a posição dos veículos na faixa de forma que ocupassem qualquer posição na faixa e não necessariamente uma única centralizada, o que permitiu que fosse configurada a possibilidade de ultrapassagem das bicicletas pelos carros em vez de que todos os veículos se comportassem como uma única fila.

Os dados de entrada de volume de veículos e a rota que estes realizam, com diferentes proporções entre os fluxos tendem a ser distintos dependendo do cenário avaliado, com diferentes contagens por hora tendo sido levantadas. De qualquer forma, outros parâmetros importantes para a simulação foram mantidos para todos os cenários de maneira a possibilitar uma melhor comparação entre os resultados.

Valores de velocidade desejada dos veículos nos casos anteriores, que se concentraram em trechos da Estrada União Indústria foram definidos com base em parâmetros de velocidades máximas permitidas em vias arteriais segundo as normativas do Código de Trânsito Brasileiro, adotando-se uma velocidade máxima de 60km/h para carros de passeio.

Já em Duas Pontes é possível observar que se trata de uma via de velocidade mais baixa com uma presença maior de áreas de comércio. Por essa razão, por meio de estimativa realizada com auxílio do Google Maps (Figura 6), determinou-se que um carro de passeio em condições ideais é capaz de percorrer 3 km de trecho da Rua Washington Luiz e da Rua Coronel Veiga em pelo menos 4 minutos, o que corresponderia a uma velocidade de 45 km/h, acima do estabelecido de 40 km/h para Vias Coletoras.

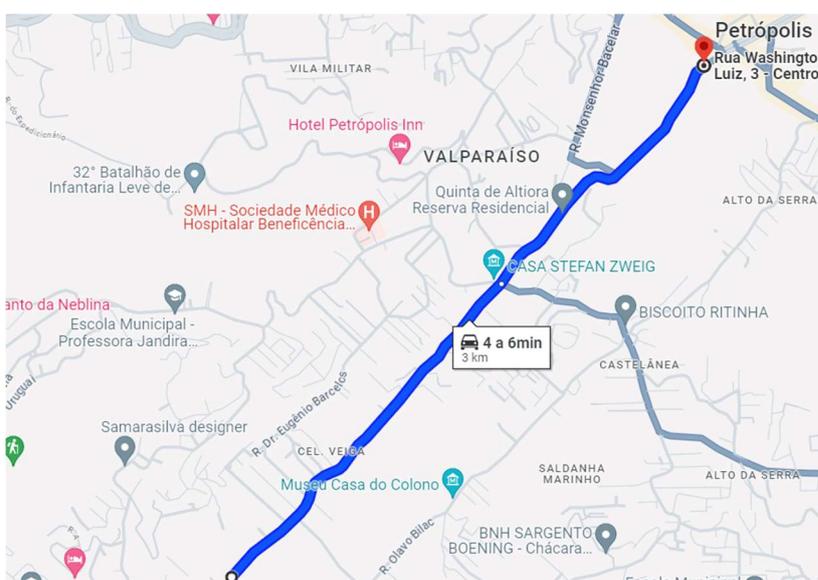


Figura 6: Rota de 3 km em Duas Pontes – Google Maps

Assim, optou-se por adotar o valor de 50 km/h para carros e motocicletas no trecho, adotando-se um valor médio entre o permitido entre vias arteriais e coletoras, mas também adotando-se uma leve margem de segurança caso em outros dias ou em trechos distintos velocidades levemente mais altas possam ser atingidas.

Para Caminhões e Ônibus foram adotados valores levemente mais baixos (30 km/h) por se tratar de veículos mais pesados enquanto para Bicicletas foram adotadas velocidades de 15 km/h.

5 SIMULAÇÕES DE TRÁFEGO - ANÁLISE

A Figura 7 representa o ponto de coleta de dados nomeado como “Interseção em Duas Pontes” apresentado nas simulações em anexo, estando localizado na interseção entre as ruas Washington Luiz; Saldanha Marinho; Coronel Veiga e Gonçalves Dias. As simulações anexadas a este relatório apresentam tanto os detalhes da performance para cada conversão compreendida dentro da área indicada como também apresentam um valor médio geral para essas conversões na interseção.



Figura 7: Área de Análise do Tráfego pela Modelagem no PTV Vissim

Para a análise de cada um dos cinco cenários, foi levado em consideração os valores destes indicadores médios assim como foram também observados os fluxos mais específicos dentro destas áreas como forma de verificar se algum destes se encontrava particularmente mais sobrecarregado em relação ao indicador médio que representa o conjunto de todas as conversões existentes em cada área.

5.1. Cenário Base

Os indicadores médios calculados pelo Software PTV Vissim se mantiveram relativamente estáveis independentemente do horário do fluxo de veículos. O delay médio por exemplo, se manteve consistentemente na faixa de entre 49 e 57 segundos. No entanto, o Horário de Pico da Manhã no dia útil apresentou indicadores médios relativamente mais altos, sendo o único a atingir uma média de Nível de Serviço F, considerando-se todas as conversões.

Os Fluxos Críticos do sistema podem ser considerados aqueles responsáveis por

e elevar os indicadores médios apresentados pela Tabela 3. Pelo procedimento das contagens, onde se verificou um volume de tráfego mais alto nas Ruas Washington Luiz e Coronel Veiga, se esperava que estes fluxos críticos se concentrassem respectivamente no Fluxo G ou no Fluxo D.

Indicador	Duas Pontes (Pico Manhã)	Duas Pontes (Pico Tarde)	Duas Pontes (Pico Sábado)
Fila Média (metros)	35,2	25,8	25,4
Delay (segundos)	56,9	49,6	49,8
Nível de Serviço	LOS F	LOS E	LOS E

Tabela 3: Resumo dos resultados médios no Cenário Base em Duas Pontes

Pelos resultados demonstrados pela Tabela 3, apesar dos indicadores gerais serem bem semelhantes entre si, os fluxos críticos por outro lado apresentaram variações significativas a depender do horário.

A conversão G3 por exemplo - checar anexos do Relatório 2 para subdivisões de fluxos - referente a parte de veículos vindos da Rua Washington Luiz, apresentou o pior atraso médio (109,0 segundos) entre todas as conversões durante o Pico da Tarde em dias úteis. No mesmo horário, o fluxo G2 mostrou ter a maior fila média de veículos (65,2 metros de veículos).

Já para o Pico da Manhã foi o fluxo D2, referente a parte dos veículos vindos da Rua Coronel Veiga, que apresentou o atraso médio mais elevado (97,8 segundos), enquanto o fluxo D3 teve a maior fila média de veículos (67,2 metros de veículos).

Por fim, na simulação referente ao Pico do Sábado, o delay mais alto ocorreu para uma das conversões do Fluxo F, referente aos veículos vindos da Rua Saldanha Marinho, mesmo com os volumes dos fluxos G e D sendo mais elevados, o que exemplifica que em interseções o volume de tráfego por si só não define os resultados, com as zonas de conflito possuindo importante influência. A conversão F3 teve o pior delay médio (91,5 segundos) enquanto o fluxo G2 apresentou a maior fila média (49,1 metros de veículos).

Considerando que o horário de pico da manhã foi o mais elevado, pode-se definir todos os fluxos G; D e F como os fluxos críticos do sistema, pois todos tenderam a se manter em um nível de serviço F durante o horário. O quarto fluxo de entrada – Fluxo A, referente aos veículos vindos da Rua Gonçalves Dias – foi o único a apresentar indicadores mais baixos, não representando o problema para a interseção.

De uma forma geral, os fluxos de maiores volumes tendem a se concentrar no eixo Washington Luiz – Coronel Veiga, muitos dos quais seguem diretamente dentro deste eixo. No entanto, há um quantitativo significativo vindo também da Rua Saldanha Marinho, com volume notavelmente maior em comparação com os veículos que entram na interseção pela Rua Gonçalves Dias.

Por conta dessa lógica de maior concentração de tráfego em um dos eixos do cruzamento, os veículos no eixo Saldanha Marinho – Gonçalves Dias tendem a ter maior dificuldade de execução de conversões na região de conflito da interseção, o que gera indicadores mais elevados em especial para o tráfego vindo da Rua Saldanha Marinho por esta apresentar um volume de veículos mais significativo.



Figura 8: Fluxos Críticos no Cenário Base em Duas Pontes

5.2. Cenário com Semaforização da Interseção (Semáforos de Tempo Fixo)

Uma possível solução intermediária considerada seria a semaforização da interseção como forma de reduzir a ocorrência de conflitos entre veículos vindos de diferentes ruas, ainda que um semáforo naturalmente possa representar um atraso no tempo de viagem e gerar filas. O objetivo é justamente analisar se em pelo menos algum horário os benefícios poderiam compensar este efeito negativo.

A Tabela 4 apresenta resultados mistos. Nos dias úteis houve uma relativa estabilização ou até mesmo leve aumento dos indicadores de Fila Média de Veículos e de Tempo de Delay, havendo, no entanto, a melhoria de uma categoria do Nível de Serviço em ambos.

Indicador	Duas Pontes (Pico Manhã)	Duas Pontes (Pico Tarde)	Duas Pontes (Pico Sábado)
Fila Média (metros)	39,8	28,9	39,8
Delay (segundos)	62,1	49,6	72,2
Nível de Serviço	LOS E	LOS D	LOS E

Tabela 4: Resumo dos resultados médios no Cenário 2 em Duas Pontes

Já no Fim de Semana, os indicadores apresentaram um aumento maior e o nível de serviço se manteve na categoria E. De forma que não se pode afirmar que a semaforização da interseção traria benefícios tão significativos e constantes que justificariam a sua implementação.

Observando-se os fluxos críticos, é possível notar que a semaforização possui o efeito de beneficiar os fluxos F, referentes aqueles vindos da Rua Saldanha Marinho. Isso ocorre pois os 4 semáforos foram divididos em 2 turnos distintos, com os semáforos das ruas Washington Luiz e Coronel Veiga apresentando o mesmo comportamento, enquanto os semáforos das ruas Saldanha Marinho e Gonçalves Dias apresentando o comportamento oposto, ficando verdes quando os outros dois estão no vermelho e vice-versa.

Dessa forma, o conflito com que os veículos da Rua Saldanha Marinho tendem a interagir passa a ser menor por conta do fluxo vindo da Rua Gonçalves Dias possuir menor volume, de forma que a lógica da semaforização tende a beneficiar em especial o Fluxo F de uma forma bem clara.

No entanto, para os veículos dos fluxos G e D, que entram na interseção pelas Ruas Washington Luiz e Coronel Veiga, quando o sinal se encontra aberto eles continuam a interagir com um outro fluxo de volume grande ainda que a maior parte dos veículos apenas siga o trajeto em frente sem a necessidade de conflitos. E isso faz com que os resultados sejam relativamente mantidos em relação ao cenário base ou até aumentarem por conta do acúmulo gerado quando o semáforo se encontra fechado.

O pior tempo médio de atraso no Pico da Manhã por exemplo é verificado para o fluxo D2 (108,4 segundos), enquanto a pior fila média de veículos ocorre para os veículos do fluxo D como um todo, acumulados na Rua Coronel Veiga (80,7 metros de veículos).

No Pico da Tarde esses fluxos críticos passam a ser referentes ao fluxo G2 em relação

ao Delay (107,9 segundos) e ao fluxo G como um todo em relação à Fila Média de Veículos (56,7 metros de veículos), referentes aos veículos vindos da Rua Washington Luiz.

Para o Fim de Semana, o atraso médio crítico ocorre no fluxo G3 (115,6 segundos) enquanto a maior fila média para o Fluxo D no geral (87,4 metros de veículos).



Figura 9: Fluxos Críticos no Cenário 2 em Duas Pontes

5.3. Cenário com Semaforização da Interseção (Semáforos de Tempo Variável)

Este cenário é semelhante ao cenário anterior apresentado, com a distinção que os dois turnos dos semáforos não possuem tempos fixados, se alternando entre os dois turnos de acordo com a detecção inteligente do acúmulo de veículos nas vias.

Essa solução busca avaliar se essa alternância mais flexível beneficiaria ao menos os fluxos G e D, que não apresentaram melhorias significativas pelo cenário anterior. Se por um lado talvez menos veículos ficassem acumulados neste eixo da interseção, por outro lado alterações mais frequentes entre os turnos sempre que há uma alternância de maior acúmulo de veículos gera maiores tempos de reação humana que naturalmente implicam em atrasos.

Pela Tabela 5 pode-se observar que no geral para os indicadores gerais médios da interseção foram verificados conflitantes em comparação com o Cenário 2, de melhoria em horários específicos como no pico do Fim de Semana, de piora no pico da Tarde de Dias Úteis e relativa estabilização no pico da Manhã de Dias Úteis.

Indicador	Duas Pontes (Pico Manhã)	Duas Pontes (Pico Tarde)	Duas Pontes (Pico Sábado)
Fila Média (metros)	40,9	41,3	34,8
Delay (segundos)	64,9	62,7	64,1
Nível de Serviço	LOS E	LOS E	LOS E

Tabela 5: Resumo dos resultados médios no Cenário 3 em Duas Pontes

O principal efeito trazido com a inclusão de Semáforos Inteligentes na realidade aparenta ser uma maior equalização dos indicadores independentemente do horário, o que faz sentido tendo em vista que o volume total de veículos contados para a interseção como um todo foram relativamente próximos entre si, fazendo com que a aproximação dos indicadores independentemente do horário reflita os valores semelhantes de contagens de veículos para o todo da interseção de Duas Pontes.

De forma que a utilização de Semáforos Inteligentes é mais recomendada se houver um interesse em uma maior previsibilidade do comportamento do tráfego de acordo com o volume do fluxo, geralmente associado com horários de maior e menor intensidade. De qualquer forma, ainda não houve melhorias notáveis para o fluxo como um todo em comparação com o cenário base, a exceção sendo uma redução do Nível de Serviço de F para E durante o pico da manhã. Assim, a semaforização como um todo na interseção não deve ser considerada como uma boa alternativa mesmo que intermediária pois os resultados são demasiado mistos e variáveis entre si dependendo do fluxo, não representando uma melhoria geral.

Os semáforos inteligentes apresentam os mesmos fluxos críticos do cenário 2 embora estes tenham mostrado uma leve melhoria como esperado devido a uma maior flexibilização do tempo beneficiar justamente os fluxos com maior quantidade de veículos.

No Pico da Manhã, o delay médio mais alto é verificado para o fluxo G2 (84,3 segundos) enquanto as conversões do fluxo D tendem a concentrar a maior fila média de veículos (65,5 metros de veículos).

Já para o Pico da Tarde, o atraso mais elevado é também observado no fluxo G2 (103,9 segundos), com as conversões do fluxo G apresentando as maiores filas de veículos (entre 58,4 e 60,4 metros de veículos).

No Fim de Semana, o fluxo G3 concentrou o pior tempo de delay médio (89,9 segundos) enquanto o fluxo D no geral apresentou a pior fila de veículos (72,4 metros de veículos).



Figura 10: Fluxos Críticos no Cenário 3 em Duas Pontes

5.4. Cenário com Alteração da Geometria em Duas Pontes, sem Semaforização

Tendo em vista que uma semaforização da interseção não apresentou resultados muito conclusivos, é necessária a implementação de soluções de maior investimento em Duas Pontes para talvez ser observada uma melhoria.

A alteração da geometria do local de forma a eliminar as zonas de conflitos existentes por meio do cruzamento de duas vias teria essa função, com o estabelecimento de pequenos retornos nas proximidades da atual conversão.

Foi testada a proposta para Duas Pontes feita no Plano de Mobilidade de Petrópolis de 2019 como forma de verificar o impacto trazido pela proposta e foram observados resultados bem mais significativos. No entanto, neste cenário foram excluídos os semáforos previstos pelo projeto como forma de analisar o impacto trazido pela semaforização sob a nova geometria do local, pois o quinto cenário avaliará a mesma geometria com a semaforização inclusa.

A Tabela 6 indica os resultados médios por horário de pico obtidos para este novo cenário e pode-se concluir claramente que a alteração da geometria em Duas Pontes é a solução definitiva para o local, com alta melhoria nos Níveis de Serviço para as categorias A ou B enquanto no Cenário Base se encontravam em nível E ou F.

Indicador	Duas Pontes (Pico Manhã)	Duas Pontes (Pico Tarde)	Duas Pontes (Pico Sábado)
Fila Média (metros)	5,5	5,4	1,4
Delay (segundos)	10,5	11,0	5,8
Nível de Serviço	LOS B	LOS B	LOS A

Tabela 6: Resumo dos resultados médios no Cenário 4 em Duas Pontes

Com a eliminação dos Conflitos, o principal efeito é que os veículos no eixo que concentra maior volume de veículos (Ruas Washington Luiz e Coronel Veiga) podem seguir diretamente seu percurso dentro deste eixo sem serem bloqueados ou atrasados por conversões distintas, o que traz grande impacto para a média geral pois estes são os fluxos de maior intensidade.

Para os veículos no eixo secundário (Ruas Saldanha Marinho e Gonçalves Dias), caso desejem seguir viagem diretamente no mesmo eixo, existiriam retornos nas proximidades da atual interseção permitindo a conversão sem a necessidade de bloquear os veículos no eixo principal pois seguiriam viagem no mesmo fluxo até alcançarem o retorno, sendo apenas necessária a mudança de faixas dentro da mesma via. De forma que os conflitos sejam realmente eliminados por completo.

O pior tempo médio de atraso no Pico da Manhã por exemplo é verificado para os fluxos A1 e A3 (39,5 segundos), enquanto a pior fila média de veículos ocorre para os veículos do fluxo A no geral, vindos da Rua Gonçalves Dias (21,8 metros de veículos).

No Pico da Tarde esses fluxos críticos se mantêm nos fluxos A1 e A3 no que diz respeito ao Delay (36,2 segundos) e ao fluxo A como um todo em relação à Fila Média de Veículos (21,8 metros de veículos), referentes aos veículos vindos da Rua Gonçalves Dias.

Para o Fim de Semana, o atraso médio crítico ocorre no fluxo F como um todo (13,6 segundos) assim como para a fila média de veículos também (5,6 metros de veículos), sendo estes os fluxos referentes à Rua Saldanha Marinho mas ainda assim indicadores muito reduzidos para serem efetivamente considerados como críticos.

De forma que o Fluxo Crítico passa a ser justamente aquele de menor volume de veículos, tendo em vista que o eixo principal de tráfego tende a ser o principal beneficiado pelo novo projeto.



Figura 11: Fluxos Críticos no Cenário 4 em Duas Pontes

5.5. Cenário com Alteração da Geometria em Duas Pontes, com Semaforização

Baseado nos resultados encontrados para os três primeiros cenários, a semaforização tendeu a apresentar resultados mistos, podendo trazer benefícios para certos fluxos ou horários de pico específicos, mas no geral trazendo novos atrasos que fizeram os indicadores se manterem ou até aumentarem.

De forma que se optou por realizar uma análise se uma sinalização do tráfego sob a nova geometria seria algo que poderia trazer aumento significativo de indicadores em alguma situação de forma a se considerar não recomendável do ponto de vista de tráfego.

A Tabela 7 indica os resultados médios por horário de pico obtidos para o último cenário e os resultados em relação ao Cenário 4 foram praticamente estabilizados.

Indicador	Duas Pontes (Pico Manhã)	Duas Pontes (Pico Tarde)	Duas Pontes (Pico Sábado)
Fila Média (metros)	3,0	3,4	1,5
Delay (segundos)	13,8	14,7	9,4
Nível de Serviço	LOS B	LOS B	LOS A

Tabela 7: Resumo dos resultados médios no Cenário 5 em Duas Pontes

Pode-se observar um aumento de cerca de 3 a 4 segundos de atraso em comparação ao cenário 4 para o delay médio em todos os horários, mas este é um valor bem residual e até insignificante se levar em consideração o benefício para os pedestres que é trazido com a inclusão da semaforização, de forma que ela deve ser considerada como viável para este novo cenário de alteração da geometria em Duas Pontes.

Observando-se os fluxos críticos, a semaforização é ainda mais justificada por estes terem apresentado uma leve redução em todos os horários em comparação com o cenário 4, indicando que o leve aumento da média da interseção para o delay foi causado por fluxos que não eram críticos, havendo melhor equalização.

No Pico da Manhã, o delay médio mais alto é verificado para os fluxos A1 e A3 (36,7 segundos) enquanto as conversões do fluxo A tendem a concentrar a maior fila média de veículos (7,0 metros de veículos).

Já para o Pico da Tarde, o atraso mais elevado é também observado nos fluxos A1 e A3 (32,8 segundos), com as conversões do fluxo F apresentando as maiores filas de veículos (6,9 metros de veículos).

No Fim de Semana, o fluxo F concentrou o pior tempo de delay médio (20,0 segundos) e apresentou também a pior fila de veículos (4,0 metros de veículos).



Figura 12: Fluxos Críticos no Cenário 5 em Duas Pontes

6 CONCLUSÕES GERAIS

Para se obter resultados decisivos e perceptíveis em Duas Pontes, a Alteração da Geometria de forma a eliminar os conflitos é fundamental, sendo a proposta inclusa no PlanMob 2019 de Petrópolis uma alternativa positiva e de impacto significativo.

A semaforização é algo que tende a apresentar resultados mistos ou até inconclusivos no geral, mas se recomenda a inclusão desta dentro do cenário de alteração da geometria, trazendo benefícios para os pedestres e impactos no máximo residuais para o tráfego como um todo, mantendo-se uma boa performance e até reduzindo o valor dos indicadores de tráfego para o fluxo crítico.

A semaforização da interseção da forma como se encontra hoje como solução intermediária, entretanto não é recomendada justamente pelos resultados variarem bastante de acordo com o horário e com o fluxo analisado, trazendo problemas na mesma proporção que podem trazer benefícios, mantendo-se o nível de serviço em níveis elevados.

É necessário primeiramente reduzir significativamente a qualidade do tráfego antes de se considerar a instalação de sinalização ou outras restrições para veículos e a forma de alcançar essa melhoria é por meio da alteração da geometria no local. Uma vez alcançada esta redução dos indicadores, a semaforização pode contribuir de uma forma complementar para o local.

REFERÊNCIAS

CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO – CTB – Lei N° 9.503, de 23 de Setembro de 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de estudos de tráfego. Rio de Janeiro, 2006.384 p. (IPR. Publ., 723).

PLANMOB - Plano de Mobilidade Urbana de Petrópolis 2019–2029. 1. ed. Petrópolis - RJ: 2019, 633p.

ANEXOS – RESULTADOS COMPLETOS DAS SIMULAÇÕES

Nas páginas a seguir se encontram os resultados detalhados das 15 modelagens realizadas no software PTV Vissim para os 5 diferentes cenários em 3 horários de pico distintos: Pico da Manhã em Dia Útil; Pico da Tarde em Dia Útil e Pico em Final de Semana.

O resultado da Média Geral da interseção como um todo se encontra destacado em Amarelo e Negrito, enquanto os indicadores individuais por fluxo específico estão descritos acima do resultado da Média Geral.

Resultado Simulação - PTV Vissim (19/08/2023 às 12h) - Horário de Pico no Final de Semana

1. Cenário Base

Ponto de Observação e Conversão Analisada	Fila Média de Veículos	Total de Veículos	Nível de Serviço	Atraso Médio de Viagem (s)	Emissões CO (g)	Emissões Nox (g)
Duas Pontes - Fluxo F2	38,939704	171	LOS_F	69,7109	703,793839	136,932707
Duas Pontes - Fluxo F3	37,461682	97	LOS_F	91,491168	427,932986	83,260209
Duas Pontes - Fluxo F1	20,085393	157	LOS_F	67,117601	623,952967	121,398574
Duas Pontes - Fluxo G3	47,615484	131	LOS_F	85,223818	761,960225	148,249772
Duas Pontes - Fluxo G1	22,923238	357	LOS_F	71,669769	1150,333205	223,813041
Duas Pontes - Fluxo G2	49,054876	20	LOS_F	58,268093	43,791868	8,520306
Duas Pontes - Fluxo D3	36,815411	63	LOS_D	30,641917	115,774865	22,525582
Duas Pontes - Fluxo D1	13,550249	662	LOS_D	32,445552	1223,069534	237,964888
Duas Pontes - Fluxo D2	35,682175	67	LOS_E	43,998548	206,31201	40,14082
Duas Pontes - Fluxo A1	0	132	LOS_A	8,166138	352,156486	68,516856
Duas Pontes - Fluxo A3	1,32365	55	LOS_C	21,486974	225,676678	43,908481
Duas Pontes - Fluxo A2	1,502386	64	LOS_A	9,825518	54,407847	10,58579
Média da Interseção em Duas Pontes	25,412854	1976	LOS_E	49,845297	5888,604322	1145,708423

Resultado Simulação - PTV Vissim (24/08/2023 às 8h) - Dia útil - Pico da Manhã

1. Cenário Base

Ponto de Observação e Conversão Analisada	Fila Média de Veículos	Total de Veículos	Nível de Serviço	Atraso Médio de Viagem (s)	Emissões CO (g)	Emissões Nox (g)
Duas Pontes - Fluxo F2	30,516918	188	LOS_F	54,332824	513,523711	99,913054
Duas Pontes - Fluxo F3	29,151563	47	LOS_F	77,037425	220,531358	42,907389
Duas Pontes - Fluxo F1	14,368432	138	LOS_E	49,174394	491,957171	95,716989
Duas Pontes - Fluxo G3	57,85248	108	LOS_F	82,766731	559,122988	108,785016
Duas Pontes - Fluxo G1	29,757069	443	LOS_F	62,27862	1359,849352	264,57727
Duas Pontes - Fluxo G2	59,45943	24	LOS_F	51,289758	91,158696	17,73617
Duas Pontes - Fluxo D3	67,179292	41	LOS_F	57,755693	112,863151	21,959068
Duas Pontes - Fluxo D1	31,263982	519	LOS_F	67,794719	1847,290176	359,415542
Duas Pontes - Fluxo D2	65,559263	62	LOS_F	97,7661	401,402968	78,098432
Duas Pontes - Fluxo A1	4,968002	336	LOS_D	25,537852	733,12491	142,639468
Duas Pontes - Fluxo A3	15,683766	56	LOS_F	50,893149	253,954792	49,410374
Duas Pontes - Fluxo A2	16,362942	60	LOS_D	25,811129	127,033493	24,716102
Média da Interseção em Duas Pontes	35,176928	2022	LOS_F	56,861983	6707,958765	1305,125024

Resultado Simulação - PTV Vissim (10/04/2023 às 17h) - Dia útil - Pico da Tarde

1. Cenário Base

Ponto de Observação e Conversão Analisada	Fila Média de Veículos	Total de Veículos	Nível de Serviço	Atraso Médio de Viagem (s)	Emissões CO (g)	Emissões Nox (g)
Duas Pontes - Fluxo F2	36,802195	182	LOS_F	57,056667	892,142727	173,578556
Duas Pontes - Fluxo F3	35,350706	54	LOS_F	91,111115	507,648056	98,769865
Duas Pontes - Fluxo F1	18,268274	184	LOS_F	58,897498	788,967044	153,504318
Duas Pontes - Fluxo G3	63,451314	118	LOS_F	109,018985	991,284997	192,868039
Duas Pontes - Fluxo G1	33,272853	257	LOS_F	105,429701	1582,20145	307,838909
Duas Pontes - Fluxo G2	65,172471	43	LOS_F	100,923247	234,833985	45,69016
Duas Pontes - Fluxo D3	17,128745	75	LOS_C	23,318696	223,398414	43,465214
Duas Pontes - Fluxo D1	1,763146	484	LOS_C	24,003308	1397,344431	271,87245
Duas Pontes - Fluxo D2	16,126969	29	LOS_E	41,058326	152,270406	29,626288
Duas Pontes - Fluxo A1	1,609185	326	LOS_C	19,664776	1100,45212	214,107995
Duas Pontes - Fluxo A3	10,032613	77	LOS_D	29,72958	361,439858	70,323062
Duas Pontes - Fluxo A2	10,462344	77	LOS_B	12,132118	80,582348	15,678397
Média da Interseção em Duas Pontes	25,786735	1906	LOS_E	49,649574	8327,164507	1620,163624

Resultado Simulação - PTV Vissim (19/08/2023 às 12h) - Horário de Pico no Final de Semana

2. Semaforização da Interseção - Tempos Fixos

Ponto de Observação e Conversão Analisada	Fila Média de Veículos	Total de Veículos	Nível de Serviço	Atraso Médio de Viagem (s)	Emissões CO (g)	Emissões Nox (g)
Duas Pontes - Fluxo F2	11,228475	165	LOS_C	27,300765	192,182815	37,391792
Duas Pontes - Fluxo F3	11,228475	96	LOS_C	31,853269	184,683311	35,932661
Duas Pontes - Fluxo F1	11,228475	153	LOS_C	26,123374	160,189251	31,167007
Duas Pontes - Fluxo G3	55,311765	123	LOS_F	115,574559	388,635954	75,614434
Duas Pontes - Fluxo G1	55,311765	332	LOS_F	97,483573	862,998036	167,908059
Duas Pontes - Fluxo G2	55,311765	19	LOS_E	76,627537	36,640589	7,128927
Duas Pontes - Fluxo D3	87,379535	58	LOS_F	85,729157	140,088414	27,256115
Duas Pontes - Fluxo D1	87,379535	586	LOS_F	95,740216	1496,792932	291,221515
Duas Pontes - Fluxo D2	87,379535	63	LOS_F	104,693723	192,245751	37,404037
Duas Pontes - Fluxo A1	5,439773	131	LOS_C	22,690403	116,406482	22,648471
Duas Pontes - Fluxo A3	5,439773	52	LOS_C	24,334058	57,863734	11,25818
Duas Pontes - Fluxo A2	5,439773	63	LOS_C	22,393903	109,608327	21,325798
Média da Interseção em Duas Pontes	39,839887	1841	LOS_E	72,197691	3939,302096	766,445043

Resultado Simulação - PTV Vissim (24/08/2023 às 8h) - Dia útil - Pico da Manhã

2. Semaforização da Interseção - Tempos Fixos

Ponto de Observação e Conversão Analisada	Fila Média de Veículos	Total de Veículos	Nível de Serviço	Atraso Médio de Viagem (s)	Emissões CO (g)	Emissões Nox (g)
Duas Pontes - Fluxo F2	12,493331	188	LOS_C	30,893775	247,986595	48,24918
Duas Pontes - Fluxo F3	12,493331	47	LOS_C	31,643913	68,313748	13,291373
Duas Pontes - Fluxo F1	12,493331	137	LOS_C	27,745425	150,612514	29,303722
Duas Pontes - Fluxo G3	52,054249	108	LOS_F	81,294459	257,603218	50,120226
Duas Pontes - Fluxo G1	52,054249	449	LOS_E	66,659071	1113,827037	216,710268
Duas Pontes - Fluxo G2	52,054249	24	LOS_E	60,490917	42,369586	8,243582
Duas Pontes - Fluxo D3	80,675494	39	LOS_F	94,689006	109,5411	21,312718
Duas Pontes - Fluxo D1	80,675494	473	LOS_F	103,927766	1566,891015	304,860054
Duas Pontes - Fluxo D2	80,675494	58	LOS_F	108,423397	183,639361	35,729547
Duas Pontes - Fluxo A1	13,893076	342	LOS_C	26,155453	497,898399	96,872936
Duas Pontes - Fluxo A3	13,893076	58	LOS_D	37,490459	94,800859	18,444802
Duas Pontes - Fluxo A2	13,893076	62	LOS_C	27,603243	75,606168	14,710213
Média da Interseção em Duas Pontes	39,779037	1985	LOS_E	62,079696	4409,732037	857,973615

Resultado Simulação - PTV Vissim (10/04/2023 às 17h) - Dia útil - Pico da Tarde

2. Semaforização da Interseção - Tempos Fixos

Ponto de Observação e Conversão Analisada	Fila Média de Veículos	Total de Veículos	Nível de Serviço	Atraso Médio de Viagem (s)	Emissões CO (g)	Emissões Nox (g)
Duas Pontes - Fluxo F2	21,226155	185	LOS_D	42,005665	335,238751	65,225279
Duas Pontes - Fluxo F3	21,226155	56	LOS_D	52,680751	281,732754	54,814956
Duas Pontes - Fluxo F1	21,226155	184	LOS_D	42,209738	339,796482	66,112048
Duas Pontes - Fluxo G3	56,668184	117	LOS_F	106,359844	584,058158	113,636494
Duas Pontes - Fluxo G1	56,668184	274	LOS_F	98,127362	818,759516	159,30085
Duas Pontes - Fluxo G2	56,668184	45	LOS_F	107,873558	152,4016	29,651813
Duas Pontes - Fluxo D3	22,920973	75	LOS_C	30,556302	127,518566	24,810479
Duas Pontes - Fluxo D1	22,920973	483	LOS_C	32,499682	705,625667	137,289114
Duas Pontes - Fluxo D2	22,920973	29	LOS_D	35,406674	50,431589	9,812155
Duas Pontes - Fluxo A1	14,963366	324	LOS_C	26,891434	525,712832	102,284614
Duas Pontes - Fluxo A3	14,963366	76	LOS_D	35,674726	180,417922	35,102772
Duas Pontes - Fluxo A2	14,963366	76	LOS_C	30,142671	111,378443	21,670198
Média da Interseção em Duas Pontes	28,94467	1924	LOS_D	49,586216	4215,236995	820,131947

Resultado Simulação - PTV Vissim (19/08/2023 às 12h) - Horário de Pico no Final de Semana

3. Semaforização da Interseção - Tempos Variáveis

Ponto de Observação e Conversão Analisada	Fila Média de Veículos	Total de Veículos	Nível de Serviço	Atraso Médio de Viagem (s)	Emissões CO (g)	Emissões Nox (g)
Duas Pontes - Fluxo F2	17,994487	163	LOS_D	40,313229	225,744882	43,921751
Duas Pontes - Fluxo F3	17,994487	94	LOS_D	40,982857	163,648252	31,840003
Duas Pontes - Fluxo F1	17,994487	149	LOS_D	42,131795	212,456989	41,33641
Duas Pontes - Fluxo G3	52,619064	131	LOS_F	89,851401	383,131536	74,543475
Duas Pontes - Fluxo G1	50,78633	362	LOS_F	84,965273	936,039817	182,119335
Duas Pontes - Fluxo G2	50,78633	22	LOS_E	68,723259	47,333191	9,209319
Duas Pontes - Fluxo D3	72,386804	64	LOS_E	73,323506	155,545773	30,263555
Duas Pontes - Fluxo D1	72,386804	663	LOS_E	71,964981	1448,518034	281,828974
Duas Pontes - Fluxo D2	72,386804	68	LOS_F	80,404771	171,566244	33,380557
Duas Pontes - Fluxo A1	6,768917	131	LOS_C	28,635309	132,848299	25,847452
Duas Pontes - Fluxo A3	8,171454	53	LOS_C	27,501216	64,191821	12,489396
Duas Pontes - Fluxo A2	6,768917	61	LOS_C	31,491787	89,956291	17,502225
Média da Interseção em Duas Pontes	34,787843	1961	LOS_E	64,122263	4030,985143	784,283232

Resultado Simulação - PTV Vissim (24/08/2023 às 8h) - Dia útil - Pico da Manhã

3. Semaforização da Interseção - Tempos Variáveis

Ponto de Observação e Conversão Analisada	Fila Média de Veículos	Total de Veículos	Nível de Serviço	Atraso Médio de Viagem (s)	Emissões CO (g)	Emissões Nox (g)
Duas Pontes - Fluxo F2	27,386567	190	LOS_E	55,681512	369,375332	71,867017
Duas Pontes - Fluxo F3	27,386567	48	LOS_E	57,381772	104,119718	20,257914
Duas Pontes - Fluxo F1	27,386567	139	LOS_E	57,021912	257,109718	50,024208
Duas Pontes - Fluxo G3	56,871295	99	LOS_E	79,611958	254,433187	49,503453
Duas Pontes - Fluxo G1	55,030263	411	LOS_F	82,143857	957,095825	186,216069
Duas Pontes - Fluxo G2	55,030263	25	LOS_F	84,325118	63,282707	12,312515
Duas Pontes - Fluxo D3	65,525688	41	LOS_E	64,433931	76,691754	14,921429
Duas Pontes - Fluxo D1	65,525688	511	LOS_E	78,241699	1167,23087	227,100713
Duas Pontes - Fluxo D2	65,525688	60	LOS_E	77,964679	142,92305	27,807632
Duas Pontes - Fluxo A1	19,522331	339	LOS_D	35,269994	406,456089	79,081585
Duas Pontes - Fluxo A3	21,216044	58	LOS_D	42,160907	96,230552	18,722969
Duas Pontes - Fluxo A2	19,522331	65	LOS_C	34,329056	83,804291	16,30527
Média da Interseção em Duas Pontes	40,925365	1986	LOS_E	64,927052	3982,720477	774,892682

Resultado Simulação - PTV Vissim (10/04/2023 às 17h) - Dia útil - Pico da Tarde

3. Semaforização da Interseção - Tempos Variáveis

Ponto de Observação e Conversão Analisada	Fila Média de Veículos	Total de Veículos	Nível de Serviço	Atraso Médio de Viagem (s)	Emissões CO (g)	Emissões Nox (g)
Duas Pontes - Fluxo F2	36,118439	184	LOS_E	61,52389	413,394902	80,431626
Duas Pontes - Fluxo F3	36,118439	53	LOS_E	76,732679	138,325493	26,913115
Duas Pontes - Fluxo F1	36,118439	191	LOS_E	67,279663	396,802948	77,203435
Duas Pontes - Fluxo G3	60,360387	128	LOS_F	94,378256	401,633771	78,143337
Duas Pontes - Fluxo G1	58,389683	286	LOS_F	92,573624	816,878929	158,934956
Duas Pontes - Fluxo G2	58,389683	48	LOS_F	103,902176	157,458756	30,635752
Duas Pontes - Fluxo D3	37,269984	72	LOS_D	48,189098	117,448902	22,851289
Duas Pontes - Fluxo D1	37,269984	455	LOS_D	46,370206	684,110817	133,103106
Duas Pontes - Fluxo D2	37,269984	29	LOS_D	42,613527	47,954989	9,330298
Duas Pontes - Fluxo A1	27,046251	323	LOS_D	46,538451	480,869005	93,559635
Duas Pontes - Fluxo A3	28,899099	77	LOS_E	56,86466	182,404254	35,48924
Duas Pontes - Fluxo A2	27,046251	80	LOS_D	46,696585	137,951509	26,840351
Média da Interseção em Duas Pontes	41,347307	1926	LOS_E	62,685097	3979,521376	774,270253

Resultado Simulação - PTV Vissim (19/08/2023 às 12h) - Horário de Pico no Final de Semana

4. Alteração da Geometria em Duas Pontes, sem Semaforização

Ponto de Observação e Conversão Analisada	Fila Média de Veículos	Total de Veículos	Nível de Serviço	Atraso Médio de Viagem (s)	Emissões CO (g)	Emissões Nox (g)
Duas Pontes - Fluxo A2	1,283447	63	LOS_A	6,155554	25,666076	4,993686
Duas Pontes - Fluxo A1 + A3	1,283447	183	LOS_B	10,282322	92,765516	18,048799
Duas Pontes - Fluxo G2	0,00157	244	LOS_A	1,407318	75,156955	14,622812
Duas Pontes - Fluxo G1	0,00157	445	LOS_A	3,052806	163,410692	31,793783
Duas Pontes - Fluxo G3	0,00157	125	LOS_A	3,058763	45,573794	8,867004
Duas Pontes - Fluxo F (Todos)	5,607701	418	LOS_B	13,635541	347,380264	67,587576
Duas Pontes - Fluxo D1 + D2	0	733	LOS_A	4,581689	287,028901	55,845394
Duas Pontes - Fluxo D3	0	63	LOS_A	5,367391	24,400038	4,747361
Duas Pontes - Fluxo A3 (Retorno)	0	53	LOS_A	3,751583	18,241239	3,549082
Duas Pontes - Fluxo A1 + G3 (Retorno)	0	256	LOS_A	3,789015	90,878746	17,681702
Média da Interseção em Duas Pontes	1,378544	2583	LOS_A	5,775724	1171,171869	227,867488

Resultado Simulação - PTV Vissim (24/08/2023 às 8h) - Dia útil - Pico da Manhã

4. Alteração da Geometria em Duas Pontes, sem Semaforização

Ponto de Observação e Conversão Analisada	Fila Média de Veículos	Total de Veículos	Nível de Serviço	Atraso Médio de Viagem (s)	Emissões CO (g)	Emissões Nox (g)
Duas Pontes - Fluxo A2	24,060708	60	LOS_D	33,197748	104,300606	20,293108
Duas Pontes - Fluxo A1 + A3	24,060708	385	LOS_E	39,549468	773,549303	150,504585
Duas Pontes - Fluxo G2	0	228	LOS_A	1,443326	70,308374	13,679455
Duas Pontes - Fluxo G1	0	555	LOS_A	5,717012	227,553804	44,273702
Duas Pontes - Fluxo G3	0	131	LOS_A	5,666858	53,544248	10,417765
Duas Pontes - Fluxo F (Todos)	3,658806	375	LOS_A	8,824696	227,529944	44,269059
Duas Pontes - Fluxo D1 + D2	0	583	LOS_A	2,747024	213,809183	41,599498
Duas Pontes - Fluxo D3	0	42	LOS_A	3,050796	15,074216	2,932895
Duas Pontes - Fluxo A3 (Retorno)	0	57	LOS_A	4,819149	21,035392	4,092723
Duas Pontes - Fluxo A1 + G3 (Retorno)	0	457	LOS_A	7,170264	184,270554	35,852354
Média da Interseção em Duas Pontes	5,543903	2873	LOS_B	10,460564	1880,736678	365,923016

Resultado Simulação - PTV Vissim (10/04/2023 às 17h) - Dia útil - Pico da Tarde

4. Alteração da Geometria em Duas Pontes, sem Semaforização

Ponto de Observação e Conversão Analisada	Fila Média de Veículos	Total de Veículos	Nível de Serviço	Atraso Médio de Viagem (s)	Emissões CO (g)	Emissões Nox (g)
Duas Pontes - Fluxo A2	21,807561	75	LOS_D	27,597091	114,25397	22,229671
Duas Pontes - Fluxo A1 + A3	21,807561	387	LOS_E	36,155731	700,385828	136,269632
Duas Pontes - Fluxo G2	0,037961	277	LOS_A	2,216815	91,164703	17,737339
Duas Pontes - Fluxo G1	0,037961	469	LOS_A	6,787081	199,418338	38,799562
Duas Pontes - Fluxo G3	0,037961	180	LOS_A	6,873437	77,327342	15,045091
Duas Pontes - Fluxo F (Todos)	4,978366	427	LOS_B	10,493732	309,072202	60,13422
Duas Pontes - Fluxo D1 + D2	0	513	LOS_A	4,417451	199,670981	38,848717
Duas Pontes - Fluxo D3	0	75	LOS_A	6,028435	29,948608	5,826911
Duas Pontes - Fluxo A3 (Retorno)	0	74	LOS_A	6,148855	28,195999	5,485917
Duas Pontes - Fluxo A1 + G3 (Retorno)	0	489	LOS_A	7,976053	200,884669	39,084857
Média da Interseção em Duas Pontes	5,364778	2966	LOS_B	11,008389	1942,661205	377,971279

Resultado Simulação - PTV Vissim (19/08/2023 às 12h) - Horário de Pico no Final de Semana

5. Alteração da Geometria em Duas Pontes, com Semaforização

Ponto de Observação e Conversão Analisada	Fila Média de Veículos	Total de Veículos	Nível de Serviço	Atraso Médio de Viagem (s)	Emissões CO (g)	Emissões Nox (g)
Duas Pontes - Fluxo A2	0,576261	63	LOS_B	10,578839	40,677288	7,914322
Duas Pontes - Fluxo A1 + A3	0,576261	183	LOS_B	13,656875	120,247385	23,395772
Duas Pontes - Fluxo G2	0,672809	243	LOS_A	7,599178	128,467409	24,99509
Duas Pontes - Fluxo G1	3,85191	445	LOS_A	6,65621	217,516607	42,320828
Duas Pontes - Fluxo G3	3,85191	125	LOS_A	4,7893	54,684894	10,639693
Duas Pontes - Fluxo F (Todos)	4,038541	416	LOS_B	19,986714	409,912546	79,754086
Duas Pontes - Fluxo D1 + D2	0	733	LOS_A	6,529288	354,074138	68,889961
Duas Pontes - Fluxo D3	1,161767	63	LOS_A	8,691477	34,662161	6,743997
Duas Pontes - Fluxo A3 (Retorno)	0	53	LOS_A	3,981811	19,451072	3,784472
Duas Pontes - Fluxo A1 + G3 (Retorno)	1,161767	255	LOS_A	6,853502	123,42715	24,014438
Média da Interseção em Duas Pontes	1,471612	2579	LOS_A	9,375586	1503,741546	292,573462

Resultado Simulação - PTV Vissim (24/08/2023 às 8h) - Dia útil - Pico da Manhã

5. Alteração da Geometria em Duas Pontes, com Semaforização

Ponto de Observação e Conversão Analisada	Fila Média de Veículos	Total de Veículos	Nível de Serviço	Atraso Médio de Viagem (s)	Emissões CO (g)	Emissões Nox (g)
Duas Pontes - Fluxo A2	6,952971	61	LOS_C	30,508395	91,004943	17,706255
Duas Pontes - Fluxo A1 + A3	6,952971	392	LOS_D	36,702081	695,457298	135,310719
Duas Pontes - Fluxo G2	0,430838	228	LOS_A	7,688752	121,316804	23,603842
Duas Pontes - Fluxo G1	6,61045	555	LOS_A	9,775422	303,863177	59,120732
Duas Pontes - Fluxo G3	6,61045	131	LOS_A	8,858541	68,609056	13,348829
Duas Pontes - Fluxo F (Todos)	3,786724	378	LOS_B	16,155947	366,667237	71,34012
Duas Pontes - Fluxo D1 + D2	0,02993	583	LOS_A	5,803663	288,579988	56,147179
Duas Pontes - Fluxo D3	2,949148	42	LOS_A	7,546977	22,912786	4,457996
Duas Pontes - Fluxo A3 (Retorno)	0	57	LOS_A	7,731963	25,747243	5,009478
Duas Pontes - Fluxo A1 + G3 (Retorno)	2,949148	461	LOS_B	10,676536	251,24193	48,88255
Média da Interseção em Duas Pontes	2,965723	2888	LOS_B	13,766327	2228,46124	433,57758

Resultado Simulação - PTV Vissim (10/04/2023 às 17h) - Dia útil - Pico da Tarde

5. Alteração da Geometria em Duas Pontes, com Semaforização

Ponto de Observação e Conversão Analisada	Fila Média de Veículos	Total de Veículos	Nível de Serviço	Atraso Médio de Viagem (s)	Emissões CO (g)	Emissões Nox (g)
Duas Pontes - Fluxo A2	6,160896	75	LOS_C	23,494862	90,944423	17,69448
Duas Pontes - Fluxo A1 + A3	6,160896	390	LOS_C	32,842968	632,371783	123,03657
Duas Pontes - Fluxo G2	1,08381	281	LOS_A	8,320243	156,522628	30,453616
Duas Pontes - Fluxo G1	6,034957	470	LOS_B	10,243316	262,228125	51,020064
Duas Pontes - Fluxo G3	6,034957	181	LOS_A	9,709472	95,626866	18,605513
Duas Pontes - Fluxo F (Todos)	6,948053	429	LOS_C	22,684341	520,96565	101,360985
Duas Pontes - Fluxo D1 + D2	0,037187	513	LOS_A	6,921629	251,60475	48,953142
Duas Pontes - Fluxo D3	3,605527	75	LOS_A	9,622033	41,275434	8,0307
Duas Pontes - Fluxo A3 (Retorno)	0	76	LOS_A	9,895353	39,692552	7,722728
Duas Pontes - Fluxo A1 + G3 (Retorno)	3,605527	490	LOS_B	11,626439	270,708539	52,670045
Média da Interseção em Duas Pontes	3,410061	2980	LOS_B	14,742841	2357,069349	458,600045

Diagnóstico do sistema viário da cidade de Petrópolis (1 Parte)

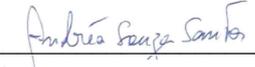
Rio de Janeiro, 26 de janeiro de 2024

DocuSigned by:

A84C46DC55944C1...

Prof. Marcelino Aurélio Vieira da Silva

Coordenador do Projeto


Assinatura do Coordenador do Programa
Prof. Andrea Souza Santos

 Prof. Andréa S. Santos
PET/COPPE/UFRJ
Slape 1692706

Coordenadora do Programa de Engenharia de Transporte



Antonio MacDowell de Figueiredo

Diretora Superintendente da Fundação COPPETEC