

CONSULTORIA, PLANEJAMENTO E ESTUDOS AMBIENTAIS- CPEA

RELATÓRIO DE IMPACTO DE TRÁFEGO – RIT COMPLEMENTAR

AEROPORTO INTERNACIONAL AFONSO PENA /CURITIBA –
IMPLANTAÇÃO DA NOVA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM

CONCESSIONÁRIA BLOCO SUL S.A.

SÃO JOSÉ DOS PINHAIS/PR
JULHO/2024

LIMITAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Este documento foi elaborado pela Consultoria, Planejamento e Estudos Ambientais (CPEA) com observância das normas técnicas recomendáveis e em estrita obediência aos termos do pedido e contrato firmado com o cliente. Em razão disto, a CPEA se isenta de qualquer responsabilidade perante o cliente ou terceiros pela utilização deste trabalho, ainda que parcialmente, fora do escopo para o qual foi preparado. Este relatório é de uso exclusivo do cliente, não se responsabilizando a CPEA pela utilização do mesmo, ainda que em parte, por terceiros que dele venham a ter conhecimento.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO	12
2 DEFINIÇÃO DO MODELO DE 04 ETAPAS.....	18
3 GERAÇÃO DE VIAGENS	19
4 DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS, DIVISÃO MODAL, ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO.....	28
4.1 METODOLOGIA	28
4.2 VOLUMES DE TRÁFEGO E HORA-PICO	29
4.3 DIVISÃO MODAL	31
4.4 MICROSIMULAÇÃO DE TRÁFEGO.....	32
4.4.1 MODELAGEM DA REDE.....	33
4.4.2 NÍVEL DE SERVIÇO	34
4.4.3 ANÁLISE DA CIRCULAÇÃO NA SITUAÇÃO ATUAL.....	36
4.4.4 CALIBRAÇÃO DA REDE	37
4.4.5 RESULTADOS.....	40
4.4.6 INDICADORES	41
5 AVALIAÇÃO DE IMPACTOS E PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS MITIGADORAS	44
5.1 SITUAÇÃO ATUAL.....	44
5.2 SITUAÇÃO FUTURA	48
5.3 SITUAÇÃO FUTURA COM PROPOSTA DE INTERVENÇÕES.....	53
5.4 MEDIDAS MITIGADORAS	56
5.4.1 PROGRAMAÇÃO SEMAFÓRICA.....	56
5.4.2 IMPLANTAÇÃO DE ROTATÓRIA NA INTERSEÇÃO 05	58
5.5 MEDIDAS COMPLEMENTARES	58
5.5.1 SAÍDA DO SUPERMERCADO.....	58
5.5.2 RUA SILVIO PINTO RIBEIRO.....	59
5.6 INDICADORES DE DESEMPENHO	59
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
8 ANEXOS	66

FIGURAS

Figura 1-1. Bairros de referência e ruas analisadas no presente RIT Complementar.....	17
Figura 3-1. Equipamento instalado no cruzamento das Ruas Dr. Murici e João Zarpelon.	19
Figura 3-2. Localização dos pontos de pesquisa de tráfego realizada em 13 de março de 2024.	20
Figura 3-3. Intersecções onde foram realizadas as pesquisas em 13/03/2024.	21
Figura 3-4. Ponto 01. Alameda Arpo x Rua Curitiba.....	22
Figura 3-5. Ponto 02. Alameda Arpo X Rua Antônio Moro	23
Figura 3-6. Ponto 03 - Alameda Arpo X Rua São Salvador	24
Figura 3-7. Ponto 04. Alameda Arpo X Rua João Zarpelon	25
Figura 3-8. Ponto 05. Rua Dr. Murici X Rua Silvio Pinto Ribeiro.....	26
Figura 3-9. Ponto 06. Rua Silvio P. Ribeiro X Rua João A. Figueiredo	27
Figura 4-1. Comportamento do tráfego ao longo do período de pesquisa.	30
Figura 4-2. Percentual de veículos por ponto de pesquisa	31
Figura 4-3. - Divisão Modal dos veículos contados durante o período da pesquisa.....	31
Figura 4-4. Resultado de análise do GEH na área de estudo.	38
Figura 4-5. Interseção 1 – Alameda Arpo x Rua Curitiba	38
Figura 4-6. Interseção 2 – Alameda Arpo x Rua Antônio Moro.	39
Figura 4-7. Interseção 3 - Alameda Arpo X Rua São Salvador	39
Figura 4-8. Interseção 4 - Alameda Arpo X Rua João Zarpelon.....	39
Figura 4-9. Interseção 5 - Rua Dr. Murici X Rua Silvio Pinto Ribeiro	40
Figura 4-10. Interseção 6 - Rua Silvio P. Ribeiro X Rua João A. Figueiredo	40
Figura 4-11. Indicador de Nível de Serviço.....	43
Figura 4-12. Indicador de Fluxo Simulado (V/C).....	43
Figura 5-1. Nível de Serviço na Interseção 01 - Alameda Arpo x Rua Curitiba – Cenário Atual.....	45
Figura 5-2. Nível de Serviço na Interseção 02 - Alameda Arpo x Rua Antônio Moro – Cenário Atual..	45
Figura 5-3. Nível de Serviço na Interseção 03 - Alameda Arpo x Rua São Salvador – Cenário Atual....	45
Figura 5-4. Nível de Serviço na Interseção 04 - Alameda Arpo x Rua João Zarpelon – Cenário Atual..	45
Figura 5-5. Nível de Serviço na Interseção 05 - Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro – Cenário Atual	45
Figura 5-6. Nível de Serviço na Interseção 06 - Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo – Cenário Atual.....	45
Figura 5-7. Fluxo Simulado na Interseção 01 - Alameda Arpo x Rua Curitiba – Cenário Atual.....	47
Figura 5-8. Fluxo Simulado na Interseção 02 - Alameda Arpo x Rua Antônio Moro – Cenário Atual...	47
Figura 5-9. Fluxo Simulado na Interseção 03 - Alameda Arpo x Rua São Salvador – Cenário Atual	47
Figura 5-10. Fluxo Simulado na Interseção 04 - Alameda Arpo x Rua João Zarpelon – Cenário Atual .	47
Figura 5-11. Fluxo Simulado na Interseção 05 - Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro – Cenário Atual	47
Figura 5-12. Fluxo Simulado na Interseção 06 - Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo – Cenário Atual.....	47

Figura 5-13. Vias utilizadas para o novo trajeto.....	49
Figura 5-14. Nível de Serviço na Interseção 01 - Alameda Arpo x Rua Curitiba – Cenário Futuro	50
Figura 5-15. Nível de Serviço na Interseção 02 - Alameda Arpo x Rua Antônio Moro – Cenário Futuro	50
Figura 5-16. Nível de Serviço na Interseção 03 - Alameda Arpo x Rua São Salvador – Cenário Futuro	50
Figura 5-17. Nível de Serviço na Interseção 04 - Alameda Arpo x Rua João Zarpelon – Cenário Futuro	50
Figura 5-18. Nível de Serviço na Interseção 05 - Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro – Cenário Futuro.....	51
Figura 5-19. Nível de Serviço na Interseção 06 - Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo – Cenário Futuro	51
Figura 5-20. Fluxo Simulado na Interseção 01 - Alameda Arpo x Rua Curitiba – Cenário Futuro.....	51
Figura 5-21. Fluxo Simulado na Interseção 02 - Alameda Arpo x Rua Antônio Moro – Cenário Futuro	51
Figura 5-22. Fluxo Simulado na Interseção 03 - Alameda Arpo x Rua São Salvador – Cenário Futuro.	52
Figura 5-23. Fluxo Simulado na Interseção 04 - Alameda Arpo x Rua João Zarpelon – Cenário Futuro	52
Figura 5-24. Fluxo Simulado na Interseção 05 - Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro – Cenário Futuro	52
Figura 5-25. Fluxo Simulado na Interseção 06 - Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo – Cenário Futuro	52
Figura 5-26. Nível de Serviço na Interseção 01 - Alameda Arpo x Rua Curitiba – Cenário Futuro com Proposta	54
Figura 5-27. Nível de Serviço na Interseção 02 - Alameda Arpo x Rua Antônio Moro – Cenário Futuro com Proposta	54
Figura 5-28. Nível de Serviço na Interseção 03 - Alameda Arpo x Rua São Salvador – Cenário Futuro com Proposta	54
Figura 5-29. Nível de Serviço na Interseção 04 - Alameda Arpo x Rua João Zarpelon – Cenário Futuro com Proposta	54
Figura 5-30. Nível de Serviço na Interseção 05 - Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro – Cenário Futuro com Proposta.....	54
Figura 5-31. Nível de Serviço na Interseção 06 - Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo – Cenário Futuro com Proposta	54
Figura 5-32. Fluxo Simulado na Interseção 01 - Alameda Arpo x Rua Curitiba – Cenário Futuro com Proposta	55
Figura 5-33. Fluxo Simulado na Interseção 02 - Alameda Arpo x Rua Antônio Moro – Cenário Futuro com Proposta	55
Figura 5-34. Fluxo Simulado na Interseção 03 - Alameda Arpo x Rua São Salvador – Cenário Futuro com Proposta	55
Figura 5-35. Fluxo Simulado na Interseção 04 - Alameda Arpo x Rua João Zarpelon – Cenário Futuro com Proposta	55
Figura 5-36. Fluxo Simulado na Interseção 05 - Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro – Cenário Futuro com Proposta	56

Figura 5-37. Fluxo Simulado na Interseção 06 - Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo – Cenário Futuro com Proposta	56
Figura 5-38. Programação Semafórica Proposta. As barras verdes correspondem à luz verde do semáforo e as barras amarelas, à luz amarela do semáforo. A luz vermelha não aparece pois o diagrama considera que quando existe um verde, automaticamente existe um vermelho	57
Figura 6-1. Eixo Leste-Oeste	64

TABELAS

Tabela 4-1. Volumes de veículos nos pontos de estudo em UCP por intervalos horários	29
Tabela 5-1. Indicadores de Desempenho dos Cenários Simulados	59
Tabela 5-2. Indicadores de Desempenho para os Ônibus dos Cenários Simulados.....	60

QUADROS

Quadro 1. Atendimento ao Parecer Técnico 019/2024, da Prefeitura Municipal de São José dos Pinhais – Itens solicitados pela Divisão de Engenharia de Tráfego (Parecer 21).	8
--	---

INTRODUÇÃO

O presente documento compreende a terceira revisão do Relatório de Impacto de Tráfego (RIT) elaborado no âmbito do Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) do Aeroporto Afonso Pena – Curitiba (SBCT/CWB), localizado no município de São José dos Pinhais.

A primeira versão do RIT foi protocolada junto ao EIV, no âmbito do Processo 202401034112834940, aberto em 03 de janeiro de 2024. Após análise, foi emitido o Parecer Técnico nº 002/2024, em 02 de fevereiro de 2024, solicitando complementações ao relatório então apresentado.

Com base nas solicitações constantes no Parecer Técnico nº 002/2024, feitas pelo Departamento de Trânsito, o RIT foi objeto de revisões e complementações, gerando-se um documento complementar ao apresentado inicialmente. Essa complementação do RIT foi protocolada em abril de 2024 e, após análise, foi emitido em 28/05/2024, o Parecer Técnico nº 019/2024, que contempla as considerações feitas no Parecer Técnico 21, da Divisão de Engenharia de Tráfego. Desse modo, o RIT passou por esta nova revisão.

Complementarmente foram realizadas duas reuniões com a equipe do Departamento de Engenharia de Tráfego, uma no dia 05/06/2024 (online) e uma no dia 20/06/2024 (presencial), para esclarecimentos e alinhamentos visando o atendimento das solicitações constantes no Parecer.

Assim, a presente revisão do RIT consolida o estudo apresentado anteriormente, atendendo às solicitações do Parecer Técnico nº 019/2024.

Para facilitar a localização, dentro do RIT, dos pontos aos quais foram solicitadas complementações e revisões, segue abaixo o Quadro 1, onde são indicados os itens em que se encontram os atendimentos a cada uma das solicitações feitas no Parecer Técnico 019/2024, feitas pela Divisão de Engenharia de Tráfego no Parecer nº 21.

Quadro 1. Atendimento ao Parecer Técnico 019/2024, da Prefeitura Municipal de São José dos Pinhais – Itens solicitados pela Divisão de Engenharia de Tráfego (Parecer 21).

Ponto	Item	Atendimento	Localização no RIT
1	"Desconsideração da Realidade Dinâmica: O modelo ignora o caráter dinâmico da mobilidade urbana, que se altera ao longo do dia e da semana, em função de diversos fatores como horários de pico, eventos e sazonalidades. A padronização dos ciclos semafóricos em 180 segundos, independentemente da demanda real, demonstra a falta de flexibilidade e adaptabilidade do modelo	- A rede reproduz fielmente o cenário atual; quaisquer alterações são propostas pelo Relatório de Impacto de Trânsito (RIT); A programação semafórica foi ajustada para o horário de pico da tarde, quando o problema de tráfego é mais significativo. O objetivo do estudo é resolver esse momento crítico e propor uma base de programação semafórica que possa ser ajustada pelo técnico responsável pela região para refletir a dinâmica real. O ciclo semafórico proposto é de 120 segundos, não de 180 segundos;	Pág. 55 do RIT e caderno de perguntas e respostas
2	"Exacerbação dos Congestionamentos: A proposta de ciclos semafóricos extensos, em muitos casos chegando a 180 segundos, irá agravar os congestionamentos existentes, especialmente nos horários de pico. Essa medida resultará em longas filas de veículos, aumento do tempo de espera e, conseqüentemente, na redução da fluidez do trânsito."	A programação semafórica base inclui o funcionamento dos semáforos de pedestres de forma atuada. Isso foi considerado na criação da programação semafórica das interseções. Dado que não temos dados de contagem de pedestres na região, não podemos assumir que os semáforos de pedestres serão ativados em todos os ciclos. No entanto, a programação semafórica proposta permite que o tempo semafórico para pedestres seja facilmente implementado após o fechamento dos Semáforos 1 e 4, por quanto tempo o técnico responsável achar necessário.	Caderno de perguntas e respostas (Anexo IV)
3	"3. Impacto Negativo na Mobilidade Urbana: A reprogramação semafórica proposta, ao invés de otimizar a mobilidade urbana, trará impactos negativos como: - Aumento do tempo de deslocamento dos usuários, impactando na produtividade e qualidade de vida das pessoas. - Elevação dos níveis de poluição atmosférica e sonora, em decorrência do aumento do tempo de espera e do tráfego lento.	* Não há previsão de aumento no tempo de deslocamento para pedestres ou veículos. Para pedestres, os semáforos continuarão ativados como atualmente. Para veículos, conforme indicado na Tabela 5-1, o tempo de	Não aplicável às simulações realizadas

Ponto	Item	Atendimento	Localização no RIT
	- Incremento do risco de acidentes, devido ao aumento da impaciência e da agressividade dos motoristas."	<p>viagem na simulação diminuiu em mais de 1 minuto entre os pontos pesquisados.</p> <p>* A simulação demonstra que não ocorrerá congestionamento, conforme indicado pelos Níveis de Serviço.</p> <p>* Com a redução do tempo de deslocamento e das filas, é esperado que o comportamento de tráfego melhore em relação ao cenário atual.</p> <p>- O horário de pico selecionado considera o momento de maior volume de tráfego em todo o sistema, levando em conta variações a cada 15 minutos. Além disso, o <i>AimSun</i> possui um modelo que varia a curva de volume na rede durante o horário de pico, o que ajuda a capturar as variações de volume que podem ocorrer em diferentes dias. Selecionar os maiores volumes em todas as aproximações não refletiria a realidade da região, mas sim um cenário atípico.</p>	
4	Análise Detalhada da Demanda: Realização de estudos aprofundados para mapear o fluxo veicular em diferentes horários do dia e da semana, identificando os pontos de congestionamento e os padrões de mobilidade	Os estudos foram realizados a partir da pesquisa classificatória de veículos, considerando todas as premissas estabelecidas no PARECER TÉCNICO 002/2024 – GRUPO DE ASSESSORAMENTO TÉCNICO, emitido em 02 de fevereiro de 2024. Nele consta: <i>“As contagens de tráfego devem conter definição de hora pico no local, a partir do levantamento do tráfego em incrementos de 15 minutos e demonstrar diagrama de fluxo nos pontos determinados na hora pico, apontando os movimentos mais realizados. As contagens devem ser realizadas em uma quarta-feira, sem chuvas e em período letivo de aulas, em semana sem feriado.”</i>	Item 4, de 4.1 a 4.4

Ponto	Item	Atendimento	Localização no RIT
5	Implementação de Tecnologias Inteligentes: Utilização de tecnologias inteligentes de monitoramento do trânsito, como sensores e câmeras, para ajustar os tempos semafóricos em tempo real, de acordo com a demanda instantânea.	A pesquisa de tráfego fora realizada com a utilização de câmeras de monitoramento e software de processamento de dados. Os arquivos de vídeo gerados ao longo do período pesquisado foram utilizados, além do processamento de dados, para avaliação visual de itens como: comparação da sinalização viária existente com o comportamento real do usuário; ocorrência de congestionamentos e situações atípicas nos trechos próximos às interseções estudadas; avaliação de dados e situações não processados e que poderiam influenciar nas simulações de tráfego.	Item 4, de 4.1 a 4.4
6	Priorização do Transporte Público: Adequação dos ciclos semafóricos para favorecer a fluidez do transporte público, incentivando o uso desse meio de transporte mais sustentável e eficiente.	O estudo foi realizado buscando devolver ao sistema viário condições semelhantes àquelas encontradas atualmente, tanto para os veículos privados quanto para o transporte público.	Análise das taxas de variação na fluidez dos veículos ônibus. Item 5.6, na Tabela 5-2. Indicadores de Desempenho para os Ônibus dos Cenários Simulados
7	Ampliação da capacidade de fluxo da Alameda Arpo: Estudo para ampliar a capacidade de fluxo pela Alameda Arpo e vias coletoras do entorno, incluindo as trincheiras e futuras obras de arte.	O estudo foi realizado buscando devolver ao sistema viário condições semelhantes àquelas encontradas atualmente. A relação oferta demanda atual da Alameda Arpo e seu entorno já demonstram, em alguns pontos, situações de atingimento da capacidade máxima da via em horários de pico. Entretanto, o trecho conclusivo do RIT aborda tal situação e sugere medidas complementares que devem ser tratadas com a concessionária como forma de contrapartida complementar.	Item 6

Ponto	Item	Atendimento	Localização no RIT
8	A reprogramação semafórica da Alameda Arpo e seu entorno exige um modelo mais abrangente e aderente à realidade local, que considere a dinâmica do trânsito, o crescimento populacional e as mudanças no perfil da mobilidade urbana. A implementação de um modelo rígido e inflexível, como o proposto no RIT, resultará em impactos negativos para a fluidez do trânsito, a qualidade de vida da população e o meio ambiente.	De forma também complementar às medidas mínimas sugeridas, foi incluído no RIT trecho explicativo sobre a necessidade de dinamismo na programação semafórica e a possibilidade de implantação de semáforos inteligentes.	Item 6 – Pág. 71

1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

A implantação da nova Pista de Pouso e Decolagem (PPD) do Aeroporto Internacional Afonso Pena (SBCT/CWB) tem por principal objetivo ampliar a capacidade dos sistemas de pistas, garantindo a operação do tráfego doméstico e internacional regular e regional, bem como parte do tráfego da aviação geral, uma parcela do tráfego da aviação militar e cargueiros. Esta ampliação do sistema de pistas do Aeroporto está prevista no contrato de concessão firmado entre a Concessionária Bloco Sul, a Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC e a Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária – INFRAERO, conforme termo nº 002/ANAC/2021 – Bloco Sul, do qual fazem parte 09 Aeroportos, dentre estes o Aeroporto Internacional Afonso Pena.

Neste contexto, a adequação do aeródromo e seus conjuntos de edificações, pátio e pistas às demandas e requisitos mínimos da concessão, bem como da adequação aos níveis de serviço referentes ao volume de operações em atividade, são itens obrigatórios dos termos do contrato.

A implantação da nova PPD tem por objetivo atender a demanda de movimentação de aeronaves projetada, e consta como obrigação junto ao Capítulo 7 – Melhorias da Infraestrutura Aeroportuária do Edital nº 01/2020, denominado Anexo 2 do Contrato de concessão. O texto abaixo demonstra a necessidade do investimento, transcrito do próprio edital:

“7.2. Além do descrito anteriormente, a concessionária deverá realizar os seguintes investimentos em infraestrutura, atendendo às regras previstas no Contrato e seus Anexos, devendo estar plenamente operacionais nos prazos estabelecidos nos itens de que tratam as obrigações:

...

7.2.4. Implantar pista de pouso e decolagem, com comprimento mínimo de 3.000 m (três mil metros), paralela à pista 15/33, incluindo sistema de pistas de táxi, adequada aos requisitos regulamentares de projeto para: código de referência do aeródromo 4E, pista de aproximação de precisão, categoria II, tanto para operações diurnas como noturnas; e aproximações paralelas independentes, em até 60 (sessenta) meses após a data de Eficácia do Contrato.

7.2.4.1. O sistema de pistas de táxi deve permitir trajetória completa para táxi de aeronaves, oferecendo ligação entre a pista de pouso e decolagem e as posições de estacionamento de aeronaves.” Grifo nosso.

De acordo com a Lei de Zoneamento (Lei Complementar nº 107/2016), a ADA (Área de Intervenção) é classificada como ZEA – Zona Especial Aeroportuária que, de acordo com o art. 13, compreende áreas pertencentes à União, onde o Município não tem autonomia para definição de parâmetros urbanísticos.

Conforme será demonstrado ao longo deste relatório, para a implantação da nova PPD será necessária a remoção de dois trechos do sistema viário local que, atualmente, encontram-se em utilização dentro da faixa de área destinada às obras no sítio aeroportuário. Tais trechos referem-se a parte da Rua Constante Moro Sobrinho e da rua Antônio Moro.

A Lei Complementar 100/2015, em seu artigo 17, que trata das estratégias para a implementação da política de mobilidade urbana, trânsito e transporte traz, no inciso IV o seguinte:

IV - Articular junto à Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária - Infraero e à Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT medidas mitigadoras para equacionar os impactos gerados a partir da implantação da terceira pista do Aeroporto Afonso Pena e da possível consolidação do ramal ferroviário na estruturação e integração da cidade.

Desta forma, o presente relatório possui o objetivo de avaliar os possíveis impactos gerados pela necessária intervenção, bem como sugerir as medidas mitigadoras e compensatórias, buscando assim minimizar seus efeitos negativos.

O Aeroporto Internacional Afonso Pena/Curitiba está localizado em São José dos Pinhais, município da Região Metropolitana de Curitiba, capital do Estado do Paraná, próximo aos principais portos da região Sul do país: Paranaguá, Antonina, São Francisco do Sul e Itajaí. Encontra-se a 18 km do centro de Curitiba, um dos mais importantes polos econômicos da região Sul do Brasil.

A denominada Área de Influência Indireta (AII) dos futuros empreendimentos, sob o ponto de vista de tráfego e transporte, pode ser definida como a área onde se desenvolvem as principais vias que permitem deslocamentos de/para a região do empreendimento.

Neste aspecto podemos elencar as seguintes rodovias:

BR-277: Rodovia transversal federal, formando a ligação do Porto de Paranaguá com o município de Curitiba. Após a capital paranaense, a BR-277 prolonga-se até a divisa com o Paraguai e a Argentina;

BR-376: Rodovia diagonal federal que forma a ligação entre o sul do Estado de Mato Grosso do Sul, e o município de Garuva, no extremo nordeste do estado de Santa Catarina, passando pelo estado do Paraná. No município de São José dos Pinhais a BR-376 forma o Contorno Sul da Região Metropolitana de Curitiba.

BR-116: Rodovia longitudinal federal com início em Fortaleza, no estado do Ceará e término em Jaguarão, extremo sul do Rio Grande do Sul. Forma a ligação entre várias das principais capitais brasileiras, tais como Fortaleza, Rio de Janeiro, São Paulo, Curitiba e Porto Alegre. Em São José dos Pinhais coincide com parte do traçado da BR-376, formando também o contorno rodoviário da região.

Para a caracterização das vias diretamente influenciadas pelo empreendimento, é necessário levar em consideração as consequências no fluxo de veículos em função da alteração no sistema viário a partir da implantação da nova PPD, ou seja, as rotas a serem utilizadas pelos veículos que trafegam atualmente pelo trecho da Rua Constante Moro Sobrinho e Antônio Moro, que cruzam os limites patrimoniais do sítio aeroportuário, cuja operação será interrompida. Assim, podemos considerar as seguintes vias como diretamente afetadas:

Rua Constante Moro Sobrinho: O trecho da Rua Constante Moro Sobrinho inscrito na área de influência do empreendimento possui aproximadamente 2,7 quilômetros de extensão e inicia-se no bairro Cruzeiro, a partir do entroncamento com a Rua Roque Negoseke, terminando no acesso à via marginal da BR-116/PR – Contorno Sul de Curitiba. A via desenvolve-se em todo seu trajeto em pista simples, com uma faixa de rolamento por sentido, sem acostamentos. A sinalização vertical da via regulamenta sua velocidade máxima em 40 km/h.

As pesquisas realizadas no estudo de tráfego inicial, em 2022, pela empresa PERPLAN para este empreendimento, apontaram que cerca de 16.878 veículos leves e 843 veículos pesados trafegam diariamente pela Constante Moro Sobrinho. Deve-se considerar que o valor encontrado se refere ao total de veículos que passaram pela Rua Constante Moro Sobrinho ao longo do período pesquisado (dias 22 e 23 de fevereiro de 2022). Para melhores resultados, os estudos serão elaborados com base no volume de tráfego ao longo da hora de pico do sistema.

Rua Antônio Moro: A Rua Antônio Moro encontra-se totalmente inscrita na área de influência do empreendimento. Tem seu início no entroncamento com a Rua Constante Moro Sobrinho, no trecho interno aos limites patrimoniais do sítio aeroportuário, terminando após aproximadamente 930 metros na direção sul no entroncamento com a Alameda Arpo. O trecho inicial da Rua Antônio Moro inscrito nos limites do sítio aeroportuário possui pista simples, com uma faixa de rolamento por sentido, com condições precárias de manutenção. O trecho restante de aproximadamente 730 metros possui, além das duas faixas de rolamento por sentido, uma faixa destinada à parada e estacionamento de veículos, localizada na margem oeste da via. Neste segundo trecho as condições de manutenção viária encontram-se adequadas.

Rua José João Bowoniuk: A Rua José João Bowoniuk desenvolve-se em pista não pavimentada simples e opera nos dois sentidos de tráfego, formando a ligação do bairro Jardim Suíça com a Rua Silvio Pinto Ribeiro. Atualmente encontra-se em execução os serviços de pavimentação em CBUQ da Rua José João Bowoniuk, em contrato realizado pela Prefeitura Municipal de São José dos Pinhais com recursos oriundos do Governo do Estado do Paraná. Com sua conclusão prevista para o mês de julho deste ano, a via formará importante interligação entre a Rua Constante Moro Sobrinho, no Bairro Jardim Suíça e a Rua Silvio Pinto Ribeiro. Os dados detalhados da contratação e o andamento das obras podem ser verificados no portal eletrônico da Prefeitura Municipal de São José dos Pinhais, através do link: https://sisazul.sjp.pr.gov.br/webapp/portalthransparencia/obras_publicas/obra/2/10/461

Rua Silvio Pinto Ribeiro: A rua Silvio Pinto Ribeiro desenvolve-se em pista simples, com uma faixa de rolamento por sentido. A sinalização vertical da via regulamenta sua velocidade máxima em 40 km/h. seu traçado se inicia no cruzamento com a Rua Dr. Murici e termina no cruzamento com a rua Constante Moro Sobrinho, localizado próximo à BR-116/PR (Contorno-Leste). Seu traçado compreende-se quase que totalmente como uma via paralela à BR-116/PR, possuindo em seu entorno, como consequência, diversos empreendimentos de transporte e logística.

Rua Dr. Murici: A rua Dr. Murici, dentro da área de influência do estudo, desenvolve-se em pista simples, com uma faixa de rolamento por sentido. Forma, em conjunto com a Alameda Arpo, o principal corredor viário entre os bairros Costeira, Ouro Fino e Cruzeiro. Possui faixas de estacionamento de veículos e calçadas em ambos os sentidos. Em que pese suas características, a velocidade máxima regulamentada para a via conforme a sinalização existente é de 50 km/h.

Alameda Arpo: A Alameda Arpo tem seu início na passagem inferior da BR-376/PR, terminando no dispositivo de entroncamento com as ruas Dr. Murici e João Zarpelon. Desenvolve-se em pista simples, com uma faixa de rolamento por sentido. Possui seção transversal de faixa de domínio com largura significativa, entretanto, não conta com faixa de estacionamento, tampouco com terceira faixa de rolamento. Possui velocidade máxima regulamentada em 50 km/h, conforme a sinalização viária.

A Figura 1-1 a seguir ilustra a área de influência do empreendimento incluindo seu sistema viário:



Figura 1-1. Bairros de referência e ruas analisadas no presente RIT Complementar.

2 DEFINIÇÃO DO MODELO DE 04 ETAPAS

Carlos Eduardo de Paiva Cardoso – Engenheiro Eletrônico e Mestre em Transporte pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP-SP) e Doutor em Serviço Social pela Universidade Pontifícia Católica de São Paulo (PUC-SP), em seu artigo “Modelos Tradicionais – Transporte e Tráfego”, traz o modelo de 4 etapas como o mais tradicional da engenharia de transportes, mencionando também a existência de outros modelos, porém menos utilizados no Brasil. A definição encontra-se embasada na publicação de Juan de Dios Ortúzar e Luis G. Willumsen, “*Modelling Transport – 4th Edition*”, publicada em 2011 pela Wiley.

O modelo de 04 etapas é dividido da seguinte forma:

Geração de viagens: Nesta etapa são definidos e apresentados os modelos de geração de viagens que permitem realizar estimativas de viagens produzidas ou atraídas por um futuro empreendimento ou, no caso em tela, pela alteração no sistema viário de uma região. Os dados do ano-base são utilizados para estimar o número total de produção e atração de viagens.

Distribuição de viagens: Nesta etapa realiza-se a distribuição das viagens geradas entre as regiões afetadas

Divisão Modal: A escolha do modo de transporte para cada viagem pessoal é apresentada nesta etapa.

Alocação de tráfego: Por último é realizada a alocação das viagens na rede viária, obtendo-se os volumes de veículos nas vias e número de passageiros no transporte público.

A partir da incorporação do modelo de 04 etapas serão incluídos todos os demais apontamentos, buscando atender integralmente a demanda do Departamento de Trânsito. Assim, na etapa de geração de viagens será apresentada a pesquisa volumétrica classificatória complementar, bem como as considerações relativas ao assunto. Já as etapas de distribuição de viagens, divisão modal e alocação de tráfego estarão demonstradas a partir do conteúdo resultante da microssimulação de tráfego, que foi elaborada de forma a avaliar todos os cruzamentos indicados, avaliando de forma integrada o sistema viário compreendido entre a Rua Silvio Pinto Ribeiro e o cruzamento da Alameda Arpo com a Rua Curitiba.

Por último, será incluído um capítulo dedicado à avaliação dos impactos e medidas mitigadoras sugeridas para tanto. Com isso, pretende-se realizar o atendimento também das considerações determinadas pela Divisão de Infraestrutura.

3 GERAÇÃO DE VIAGENS

Buscando determinar o comportamento do tráfego atual nas principais vias da área de influência do empreendimento, fora realizada pesquisa volumétrica classificatória de veículos por um período de 08 horas, durante o dia 13 de março de 2024.

A contagem dos veículos foi realizada através de processamento de vídeos analíticos capturados por câmeras de alta resolução e posterior processamento de dados, realizando a classificação dos veículos dentro dos padrões do DNIT (IPR 723/2006). Para a realização do serviço não foi necessário bloquear vias ou fazer qualquer tipo de intervenção nas faixas de rodagem.

O ANEXO I detalha a metodologia e os equipamentos utilizados para a realização da pesquisa Volumétrica Classificatória



Figura 3-1. Equipamento instalado no cruzamento das Ruas Dr. Murici e João Zarpelon.

Conforme indicado pelo Departamento de Trânsito – SEMUTRAN as pesquisas foram realizadas em uma quarta-feira, sem chuvas, em período letivo de aulas, em semana sem feriado. As pesquisas iniciaram-se pela manhã às 07h e foram encerradas às 10h. No período da tarde as pesquisas iniciaram-se às 17h e foram encerradas às 20h. Foram realizadas contagens também no período denominado entre picos, mais especificamente entre as 12h e 14h (meio do dia).

A hora de pico é o conjunto de 4 intervalos consecutivos de 15 minutos que apresenta maior volume de tráfego. Desta forma foi possível determinar para cada período a hora de pico de cada movimento e seu respectivo volume, bem como a hora de pico do sistema viário em análise. A Figura 3-2 a seguir indica os locais onde foram realizadas as pesquisas, bem como os movimentos considerados na contagem de veículos.

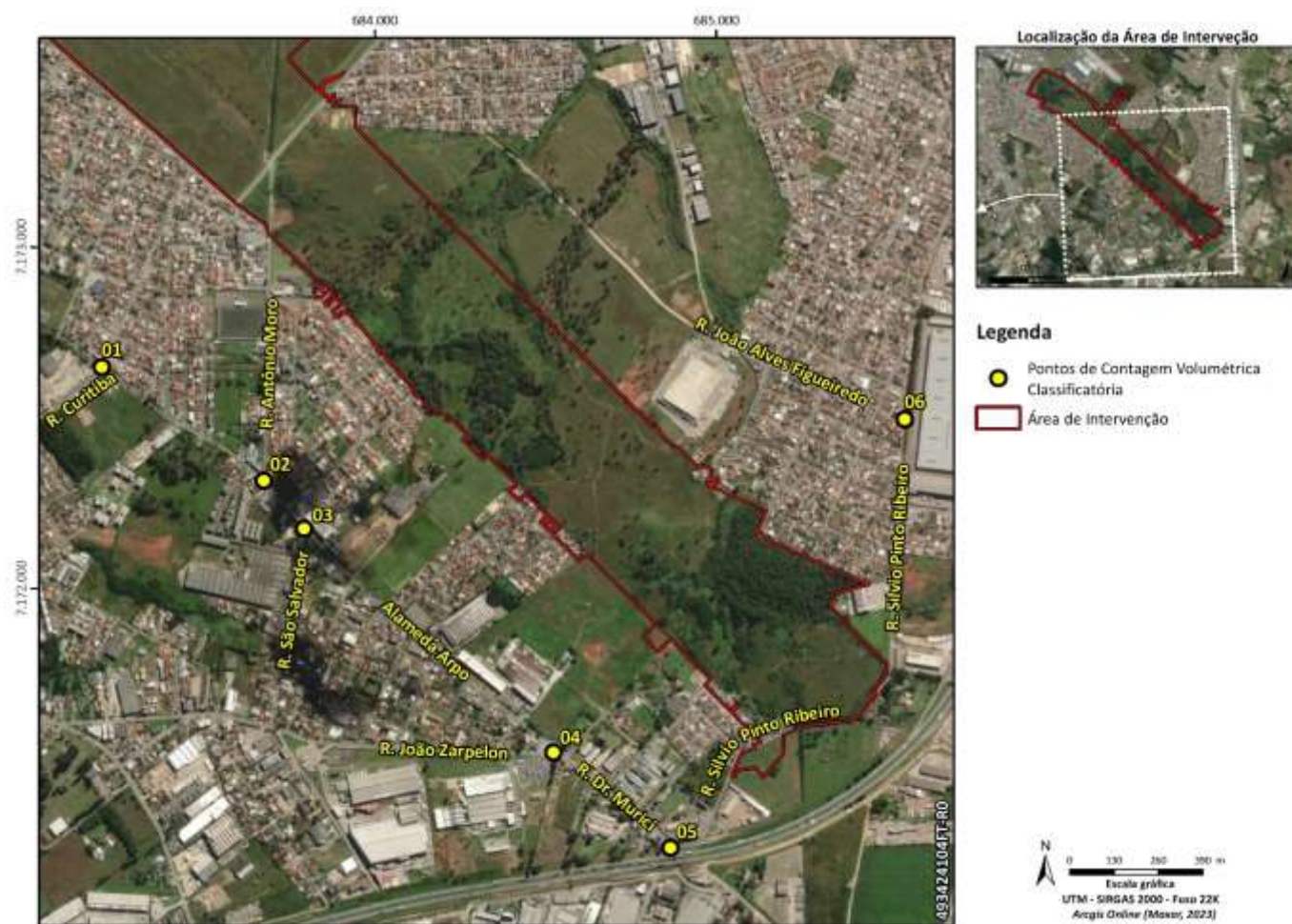


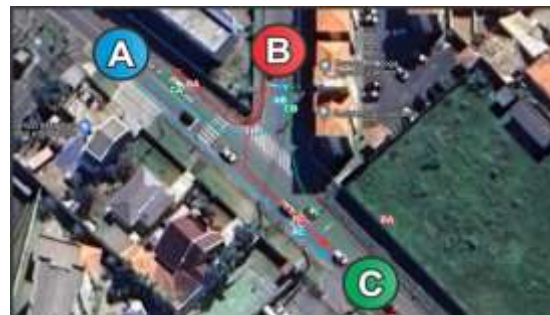
Figura 3-2. Localização dos pontos de pesquisa de tráfego realizada em 13 de março de 2024.

Os pontos numerados de 01 a 06 na Figura 3-2 acima especificam a localização das interseções onde foram realizadas as pesquisas volumétricas classificatórias. A Figura 3-3 abaixo detalha cada uma das interseções.

01: Alameda Arpo x Rua Curitiba



02: Alameda Arpo X Rua Antônio Moro



03: Alameda Arpo X Rua São Salvador



04: Alameda Arpo X Rua João Zarpelon



05: Rua Dr. Murici X Rua Silvio Pinto Ribeiro



06: Rua Silvio P. Ribeiro X Rua João A. Figueiredo



Figura 3-3. Interseções onde foram realizadas as pesquisas em 13/03/2024.

Os movimentos pesquisados estão detalhados nas setas coloridas das figuras acima, e são denominados conforme a letra correspondente de origem/destino de cada movimento.

Os fluxogramas a seguir identificam os movimentos de tráfego pesquisados e apresentam os fluxos totais de tráfego obtidos no dia 13/03/2024 para cada movimento pesquisado.

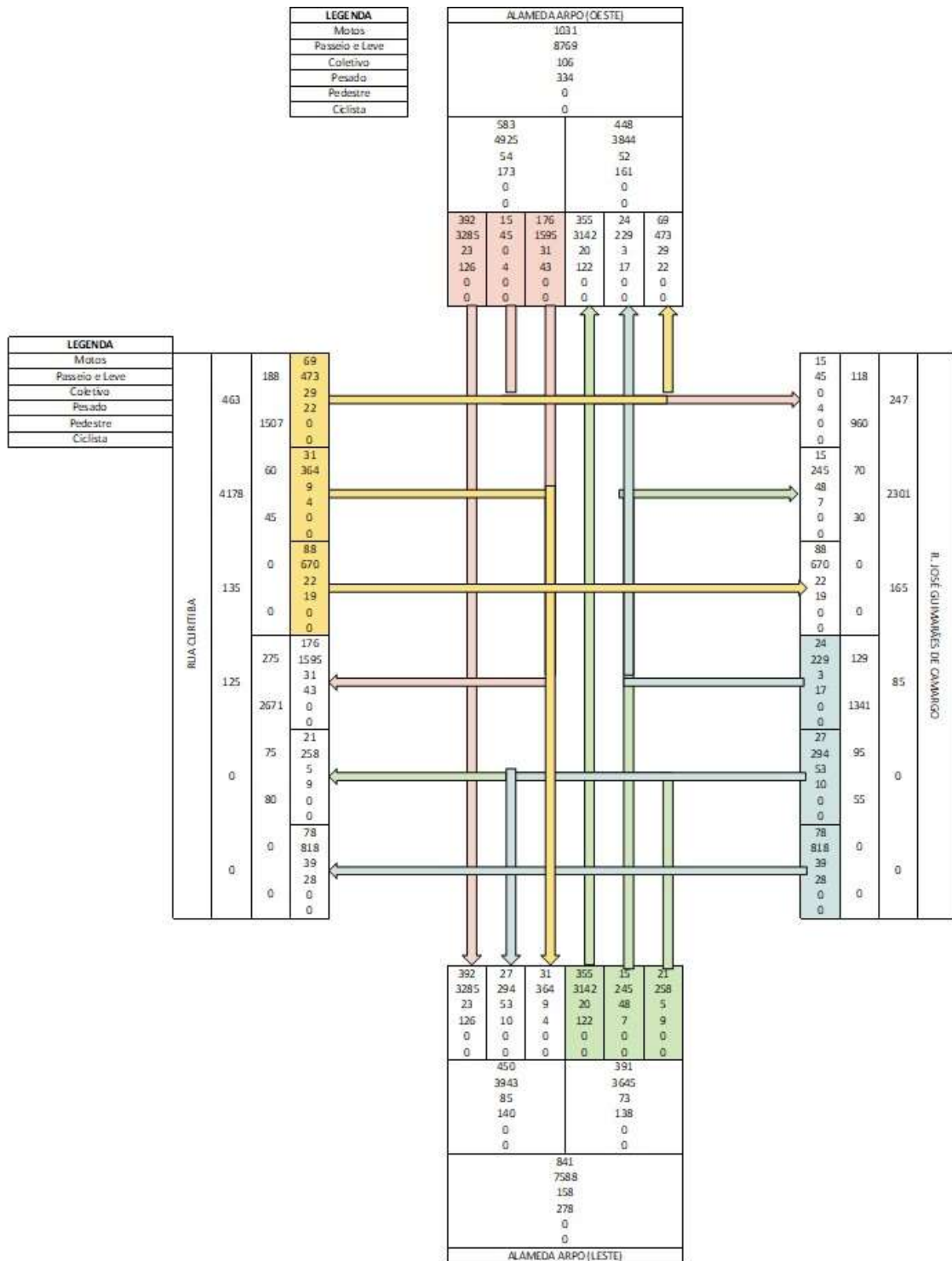


Figura 3-4. Ponto 01. Alameda Arpo x Rua Curitiba

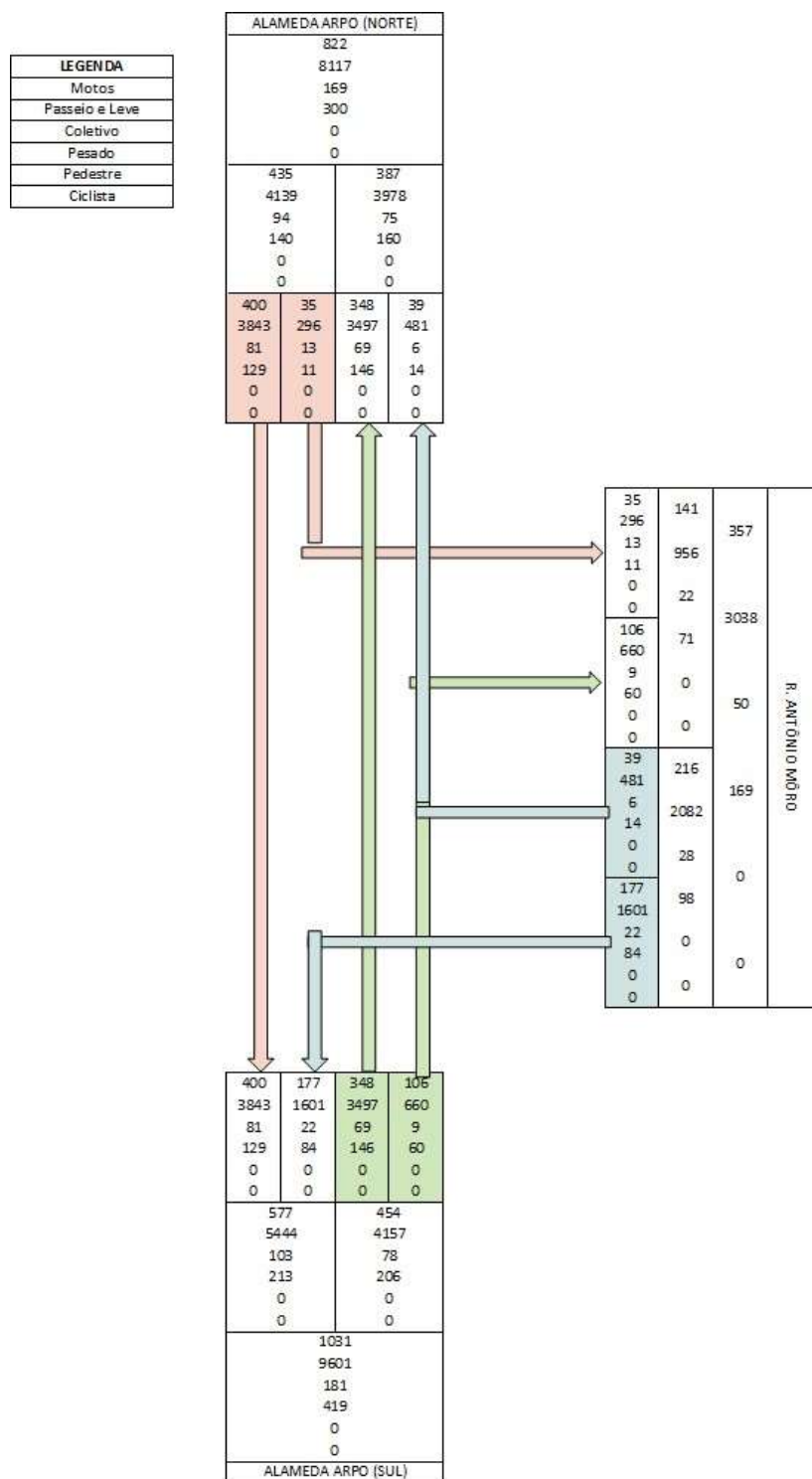


Figura 3-5. Ponto 02. Alameda Arpo X Rua Antônio Moro

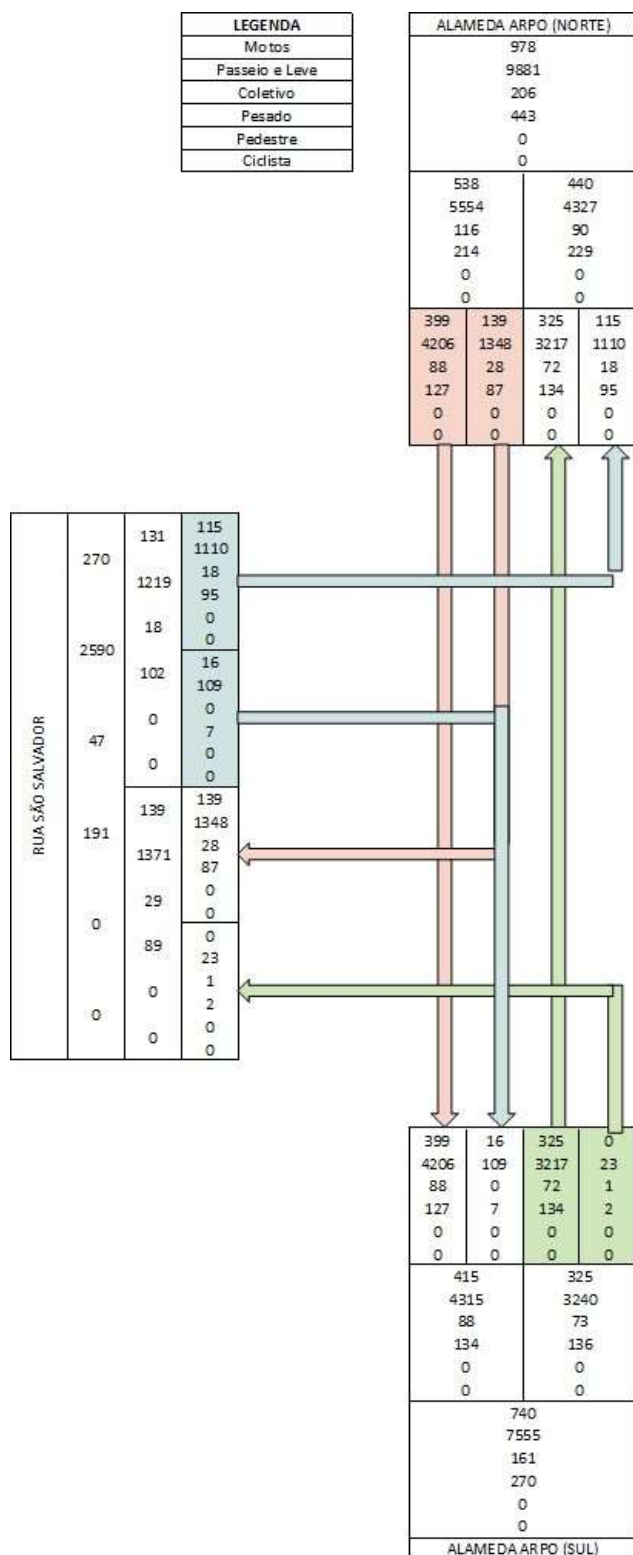


Figura 3-6. Ponto 03 - Alameda Arpo X Rua São Salvador

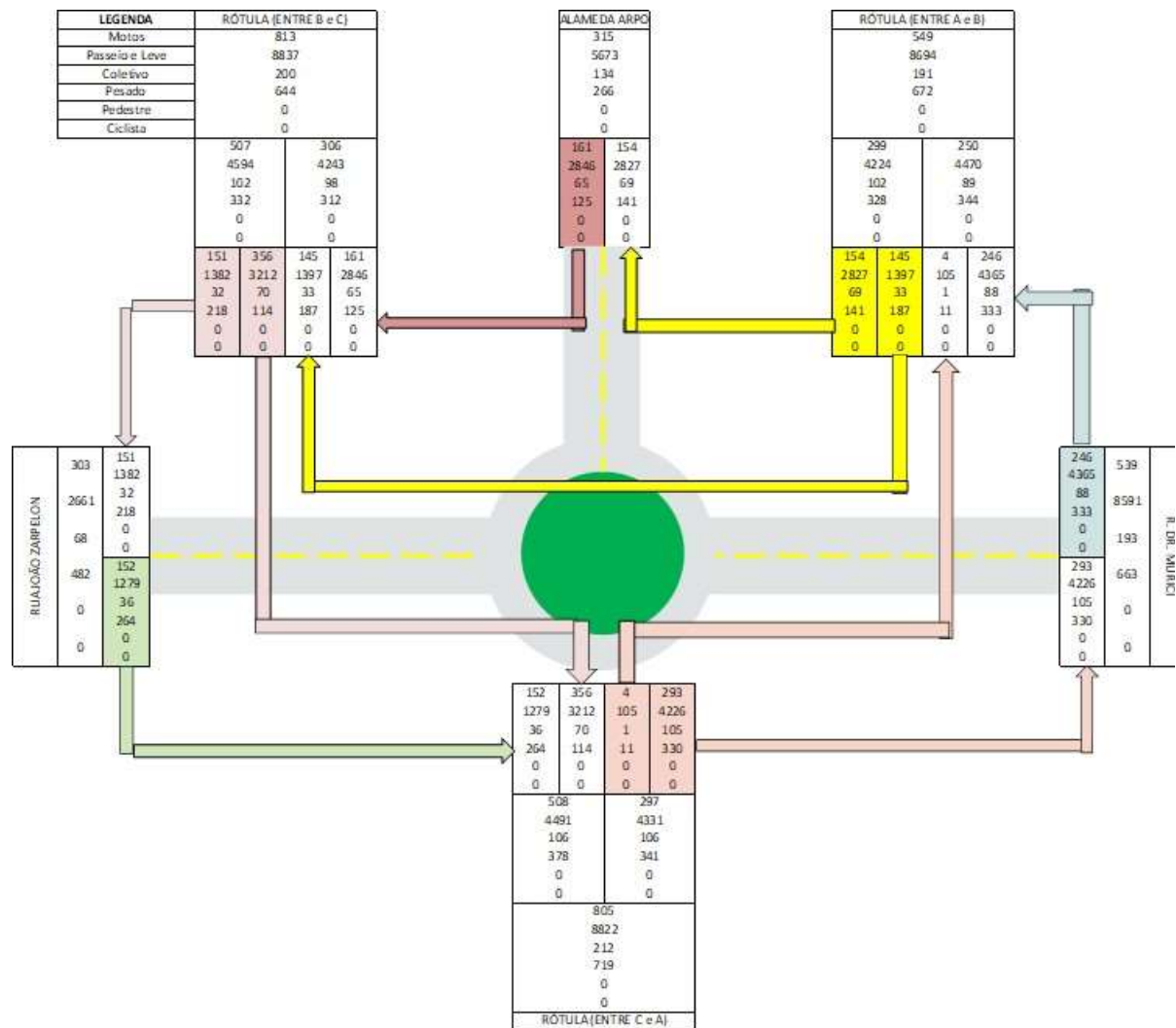


Figura 3-7. Ponto 04. Alameda Arpo X Rua João Zarpelon

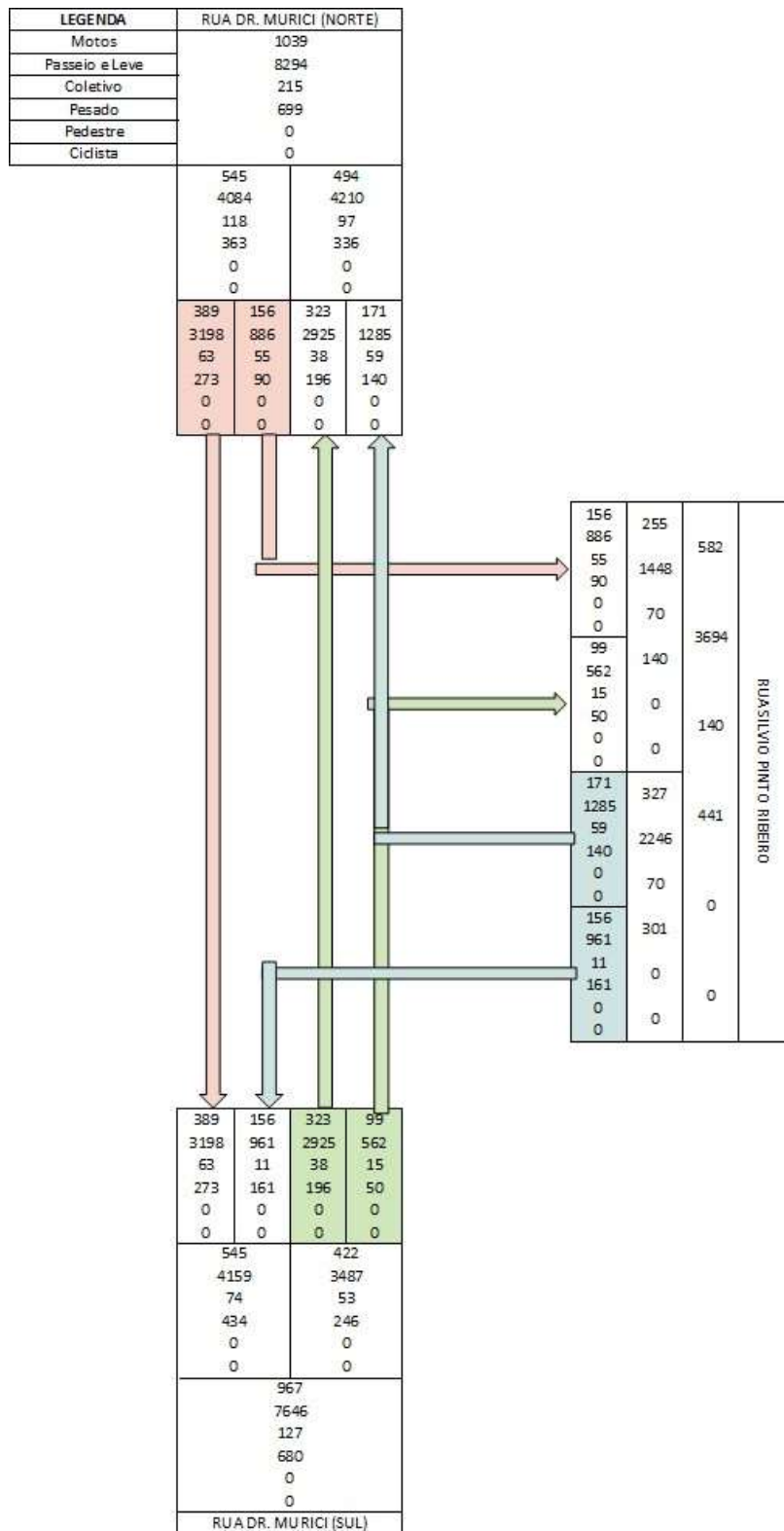


Figura 3-8. Ponto 05. Rua Dr. Murici X Rua Silvio Pinto Ribeiro

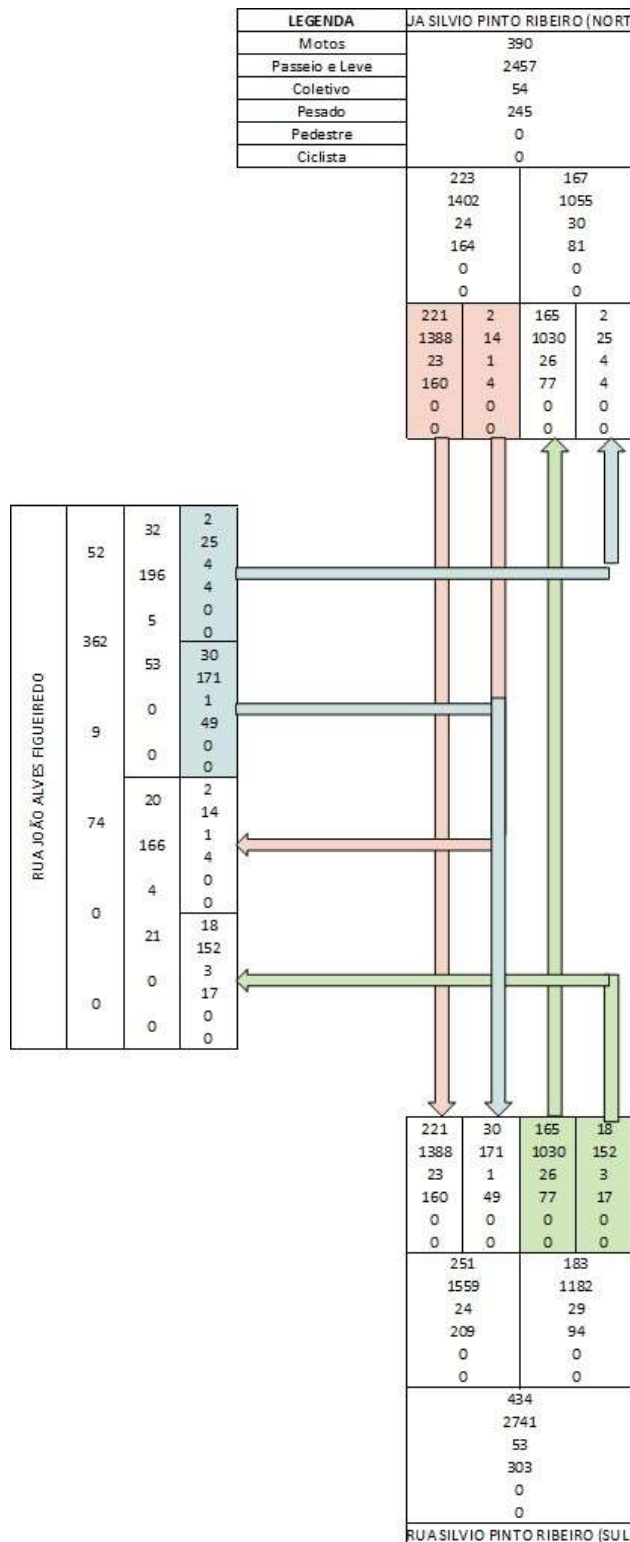


Figura 3-9. Ponto 06. Rua Silvio P. Ribeiro X Rua João A. Figueiredo

4 DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS, DIVISÃO MODAL, ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO

4.1 METODOLOGIA

As pesquisas de contagens volumétricas veiculares são a base para a realização de estudos e análises detalhadas com a finalidade de se estimar qualitativamente e quantitativamente a magnitude do tráfego durante uma hora, um dia ou ao longo de vários anos. A contagem volumétrica e classificatória foi realizada no dia 13/03/2024, compreendendo os intervalos das 07h às 10h, das 12h às 14h e das 17h às 20h, permitindo verificar os horários de pico da manhã, almoço e tarde da região.

A partir da Contagem Classificada de Veículos será possível identificar os horários de pico nos pontos analisados, fornecendo subsídios para as avaliações dos cenários que serão apresentados em etapas subsequentes. A contabilização do fluxo foi dividida em intervalos de 15 minutos. Essa abordagem possibilita a determinação do "Fator Horário de Pico" (FHP), descrito na Equação 1, o qual avalia a uniformidade do fluxo, sendo aplicado nos estudos de capacidade das vias.

$$FHP = VHP 4 \times V15máx$$

Equação 1: Fórmula FHP

- FHP = Fator Hora Pico
- VHP = Volume na Hora Pico
- V15máx = Volume dos 15 minutos consecutivos de maior volume dentro da Hora Pico

Dado que a rede de tráfego comporta uma variedade de veículos em seu fluxo, adotou-se a Unidade Equivalente de Caro de Passeio (UCP), em conformidade com o Manual de Semáforos do Denatran, para uniformizar o tráfego em um único modelo de veículo. Os coeficientes de conversão adotados foram os seguintes:

- Motocicleta = 0,33 UCP
- Automóvel = 1,0 UCP

- Ônibus = 2,0 UCP
- Caminhão = 2,0 UCP

4.2 VOLUMES DE TRÁFEGO E HORA-PICO

Verifica-se que os picos horários ocorrem no período da tarde entre 17h30min e 18h29min, no período da manhã entre 07h15min e 08h15min e no pico do almoço entre 12h30min e 13h29min. No contexto da análise das seis interseções, foi identificado o pico de tráfego no período tarde como o período mais crítico para o sistema viário. A identificação desse pico foi realizada com base na avaliação do volume UCP das interseções da Alameda Arpo, considerando intervalos de 15 minutos ao longo do período analisado. Verificou-se que o pico horário ocorre no período das 17h30min às 18h30min, conforme apresentado na Tabela 4-1.

Tabela 4-1. Volumes de veículos nos pontos de estudo em UCP por intervalos horários

H. Inicial	H. Final	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
07:00:00	07:59:59	1.902	1.928	1.735	3.740	1.859	604	11.768
07:15:00	08:14:59	1.994	1.992	1.731	3.908	1.965	640	12.230
07:30:00	08:29:59	1.953	1.884	1.617	3.800	1.895	617	11.766
07:45:00	08:44:59	1.794	1.664	1.476	3.510	1.736	533	10.713
08:00:00	08:59:59	1.592	1.452	1.369	3.229	1.541	456	9.639
08:15:00	09:14:59	1.512	1.340	1.312	2.970	1.366	377	8.877
08:30:00	09:29:59	1.459	1.310	1.277	2.863	1.293	337	8.539
08:45:00	09:44:59	1.468	1.272	1.262	2.795	1.233	329	8.358
09:00:00	09:59:59	1.478	1.251	1.256	2.781	1.215	319	8.300
09:15:00	10:14:59	1.115	936	935	2.080	903	239	6.208
09:30:00	10:29:59	763	615	612	1.366	605	161	4.122
09:45:00	10:44:59	377	320	313	692	316	81	2.099
12:00:00	12:59:59	1.603	1.447	1.359	3.253	1.563	445	9.669
12:15:00	13:14:59	1.673	1.594	1.470	3.439	1.600	469	10.244
12:30:00	13:29:59	1.723	1.688	1.553	3.515	1.607	431	10.517

H. Inicial	H. Final	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
12:45:00	13:44:59	1.711	1.688	1.587	3.469	1.580	416	10.451
13:00:00	13:59:59	1.687	1.659	1.605	3.335	1.530	404	10.220
13:15:00	14:14:59	1.252	1.195	1.184	2.396	1.100	279	7.406
13:30:00	14:29:59	851	756	784	1.620	721	200	4.931
13:45:00	14:44:59	450	385	391	814	357	106	2.503
17:00:00	17:59:59	1.938	1.637	1.693	3.756	1.801	557	11.381
17:15:00	18:14:59	2.115	1.794	1.792	4.150	2.049	663	12.563
17:30:00	18:29:59	2.174	1.845	1.768	4.428	2.297	683	13.195
17:45:00	18:44:59	2.133	1.874	1.782	4.393	2.270	661	13.112
18:00:00	18:59:59	2.011	1.816	1.727	4.165	2.165	631	12.515
18:15:00	19:14:59	1.891	1.675	1.617	3.813	1.966	551	11.513
18:30:00	19:29:59	1.761	1.491	1.490	3.284	1.629	501	10.156
18:45:00	19:44:59	1.625	1.355	1.344	2.897	1.424	442	9.086
19:00:00	19:59:59	1.549	1.274	1.267	2.557	1.251	377	8.275

Desta forma, todos os cenários serão estudados considerando o tráfego verificado no período compreendido entre 17h30min e 18h30min.

A Figura 4-1 apresenta o comportamento do tráfego ao longo do período de pesquisa.

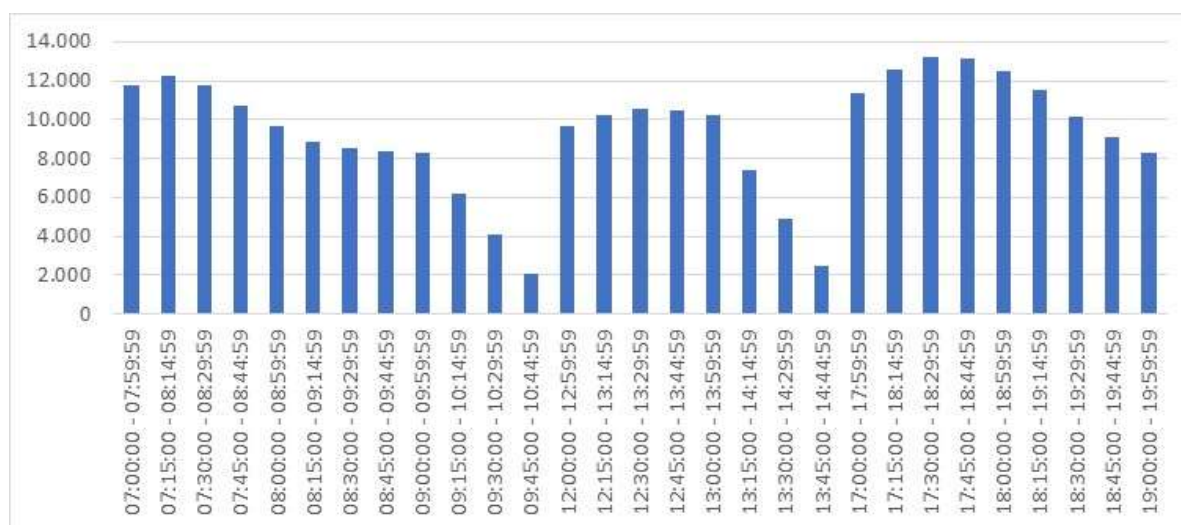


Figura 4-1. Comportamento do tráfego ao longo do período de pesquisa.

A Figura 4-2 apresenta o percentual de veículos por ponto ao longo de toda a pesquisa.

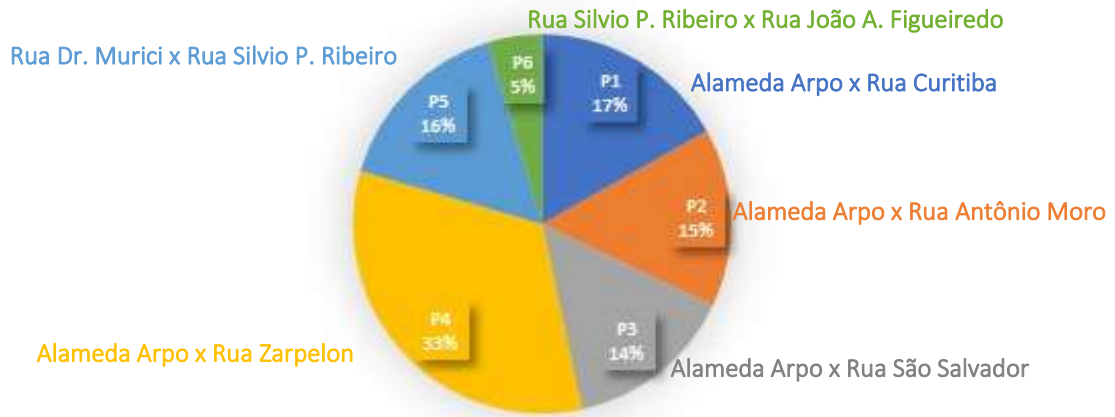


Figura 4-2. Percentual de veículos por ponto de pesquisa

4.3 DIVISÃO MODAL

A divisão modal refere-se à distribuição percentual do volume de viagens entre os diferentes modos de transporte disponíveis, como carro, moto, ônibus e caminhão. Esta análise é fundamental para compreender os padrões de mobilidade da população local e para identificar oportunidades de melhoria na infraestrutura de transporte.

A Figura 4-3. - Divisão Modal a seguir, apresenta a divisão modal dos veículos contados ao longo de todo o período de pesquisa.

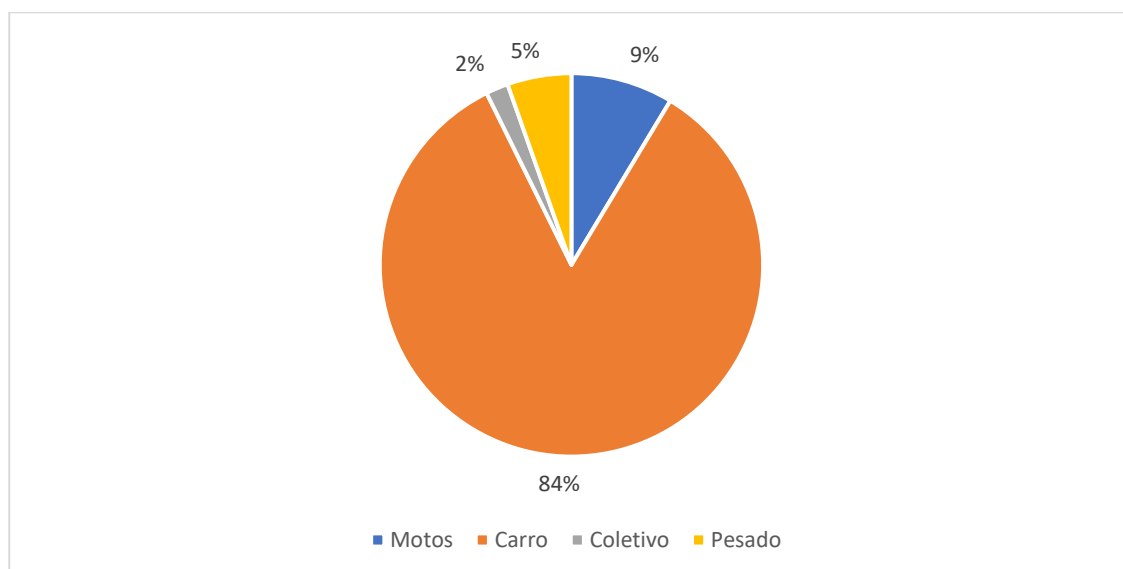


Figura 4-3. - Divisão Modal dos veículos contados durante o período da pesquisa.

É possível verificar que os carros apresentam o maior percentual de veículos, correspondendo à 84% dos veículos contabilizados, seguido de motos, que equivalem a 9% do total de veículos e de pesados e coletivos, que correspondem respectivamente a 5% e 2%, do volume total de veículos.

4.4 MICROSIMULAÇÃO DE TRÁFEGO

A microsimulação de tráfego é uma técnica de modelagem altamente especializada que se destina a criar modelos detalhados para analisar o comportamento individual dos motoristas em ambientes rodoviários específicos. Essa abordagem transcende as análises convencionais de tráfego, aprofundando-se nas complexidades das interações entre veículos e condutores. Ela leva em consideração uma ampla gama de fatores, como velocidade, aceleração, desaceleração, escolhas de rotas e respostas a eventos inesperados, como congestionamentos e variações nas condições de tráfego.

Uma característica distintiva da microsimulação de tráfego é sua capacidade de funcionar eficazmente em cenários de tráfego congestionado, onde o comportamento dos motoristas é particularmente imprevisível. Isso é possível graças à incorporação detalhada de elementos específicos, como geometria da via, inclinação da estrada e curvaturas, todos os quais exercem um impacto significativo nas decisões dos motoristas. Além disso, a microsimulação modela minuciosamente as escolhas de rota dos motoristas, frequentemente baseadas na minimização de custos ou tempo de viagem, refletindo a intrincada interação de fatores que influenciam essas decisões.

No contexto do planejamento urbano, a microsimulação de tráfego emerge como uma ferramenta inestimável. Ela permite que os planejadores simulem o tráfego em diversas condições, desde o fluxo suave até o congestionamento, fornecendo análises confiáveis que podem ser utilizadas para avaliar soluções propostas. Assim, as autoridades podem obter uma visão detalhada de como o tráfego se comportaria em uma área específica após a implementação de mudanças no sistema viário, como novas rotas, semáforos, rampas de acesso ou redirecionamento de tráfego. Essas simulações ajudam a identificar gargalos e problemas potenciais, possibilitando a otimização das soluções propostas.

Outra vantagem notável da microsimulação reside na capacidade de comparar diferentes cenários. Isso significa que os tomadores de decisões no processo de planejamento urbano podem explorar várias alternativas antes de tomar decisões estratégicas. Essa abordagem

proporciona uma visão abrangente das implicações de cada cenário, permitindo a tomada de decisões informadas sobre investimentos em infraestrutura e desenvolvimento urbano.

Em resumo, a microsimulação de tráfego oferece uma abordagem dinâmica e estatística para aprimorar projetos e propostas relacionados ao tráfego. Ela mergulha profundamente no comportamento individual dos motoristas, considerando uma ampla variedade de variáveis e fornecendo uma ferramenta poderosa para planejadores urbanos e engenheiros de tráfego, permitindo uma análise detalhada e precisa do sistema viário e do comportamento do tráfego em áreas urbanas complexas. O Relatório completo consta no ANEXO II deste relatório.

4.4.1 MODELAGEM DA REDE

A modelagem da rede viária tem por objetivo a elaboração de uma representação altamente precisa das características físicas e operacionais do sistema viário urbano. Para alcançar esse propósito, um procedimento sistemático é seguido. Inicialmente, são empregadas ferramentas de geolocalização, como o Google Earth e o Google Street View, com o intuito de obter informações iniciais do ambiente urbano. Dentre os aspectos observados, destacam-se o layout do tráfego, a geometria das vias, a identificação de elementos de infraestrutura viária e detalhes relacionados às redes de transporte público. Os dados obtidos nas fases anteriores são então utilizados para criar uma rede de simulação. Essa rede incorpora todos os elementos considerados relevantes para a realização de microsimulações da área estudada. Adicionalmente, informações sobre o sistema de transporte público, tais como horários, itinerários e outras características. Essa abordagem meticulosa permite a obtenção de uma representação altamente precisa e detalhada do sistema viário urbano, sendo fundamental para análises, planejamento e simulações que visam a melhoria da mobilidade urbana na cidade.

Para a simulação em questão a capacidade adotada para cada faixa de tráfego das vias é de 800 UCP/h, o que significa que cada pista da via possui capacidade de receber um tráfego de 800 Unidades Equivalentes de Carro de Passeio ao longo de uma hora. Buscando resultados de forma mais conservadora, adotou-se uma velocidade de tráfego de 30 km/h, independente de alguns trechos possuírem regulamentação para velocidades maiores. A definição do número de faixas para cada via foi determinada pela observação direta do comportamento dos veículos no local, baseada na análise dos vídeos extraídos da pesquisa de campo. Utilizou-se prioritariamente a fidelidade ao cenário real com base na sinalização horizontal, com ajustes na geometria em função das características observadas. Considerando a mesma lógica aplicada para determinar o número de faixas, também são definidos os movimentos permitidos nas

interseções. Para modelar o comportamento dos condutores e as características dos veículos, foi adotado o padrão do software de simulação *AimSun*.

Os modelos de microssimulação empregados neste contexto consideram uma ampla gama de parâmetros, englobando o comportamento dos condutores e as características dos veículos, possibilitando uma abordagem dinâmica para a avaliação de congestionamentos e seu impacto nas regiões interconectadas. Adicionalmente, a modelagem do tráfego leva em consideração as preferências dos veículos no que diz respeito à escolha das rotas mais adequadas, promovendo, assim, uma análise responsiva e dinâmica do fluxo de tráfego.

É necessário esclarecer que *software AimSun* utiliza como referência principal para paradas obrigatórias os padrões de comportamento de europeus e americanos, nos quais as paradas obrigatórias são respeitadas mesmo na ausência de tráfego, com base na visão da via perpendicular. No entanto, no contexto brasileiro, esse comportamento não é observado, sendo comum que os condutores ajam como se tivessem encontrado uma placa de "Dê a Preferência" ao se depararem com uma parada obrigatória. Portanto, para simular de forma mais fiel possível o comportamento dos condutores brasileiros, levando em conta a abordagem do *AimSun* em sua simulação, é preferível manter a rotatória funcionando com a lógica de "Dê a Preferência", refletindo assim o que ocorreria caso a rotatória fosse implementada.

Quanto à modelagem do comportamento do tráfego, o software utilizado foi o *Aimsun Next*, na versão 8.4.3, desenvolvido pela empresa *Aimsun*, que faz parte do grupo *Siemens*. A análise de impacto consiste em avaliar o tráfego no horário de pico do sistema, com o objetivo de compreender a demanda máxima imposta ao sistema viário. O volume de tráfego é realocado considerando o impacto do fechamento da rua, possibilitando uma análise prospectiva do seu impacto potencial. A capacidade de tráfego de uma interseção ou segmento viário é definida como o número máximo de veículos que podem atravessá-la durante um período específico, permitindo, dessa forma, a avaliação da eficiência e fluidez do tráfego na área em estudo.

4.4.2 NÍVEL DE SERVIÇO

No sentido de melhor traduzir a utilização da via pelo usuário, qualificando-a além de quantificá-la foi criado o conceito de Nível de Serviço. Esse conceito, introduzido através do *Highway Capacity Manual* - HCM, em sua edição de 1965, possibilita a avaliação do grau de eficiência do serviço oferecido pela via desde um volume de tráfego quase nulo até o volume máximo ou capacidade da via.

O HCM é um manual norte-americano, mundialmente utilizado, que contém metodologias para a avaliação e estimativa do Nível de Serviço (NS) de diversos componentes do sistema de

transporte, dentre elas uma metodologia para a análise de vias urbanas, que engloba as vias arteriais e coletoras.

O conceito de nível de serviço na engenharia de tráfego se fundamenta nos parâmetros essenciais de fluxo, velocidade e densidade. Estes elementos se encontram interligados por meio da Equação 1, denominada de "equação da continuidade":

$$F = V \cdot D \quad (1)$$

Nesta equação, "F" representa o fluxo de tráfego, que é a taxa de veículos que atravessam um ponto específico de uma via em um intervalo de tempo particular. "V" denota a velocidade média dos veículos em uma área delimitada, enquanto "D" se refere à densidade, ou seja, o número de veículos por unidade de comprimento da via em um momento dado.

A medição do tráfego geralmente ocorre em intervalos de tempo fixos, resultando na prática da definição de volume em vez de fluxo. A velocidade média é calculada como a média das velocidades dos veículos em um ponto específico, enquanto a densidade representa a quantidade de veículos por unidade de comprimento da via em um determinado momento.

A avaliação do nível de serviço varia entre áreas urbanas e rodovias. Nas áreas urbanas, consideram-se fatores como o fluxo em relação à velocidade ideal e o tempo de espera em cruzamentos. Já nas rodovias, as densidades aceitáveis tendem a ser menores. O nível de serviço em rodovias depende do tipo de via e da situação de articulação viária, considerando densidades e velocidades de fluxo livre.

Em relação às rampas de acesso, a avaliação do nível de serviço leva em conta a densidade na rampa e nas faixas adjacentes. No caso de entrelaçamentos, a análise considera a seção do entrelaçamento e os 500 metros anteriores e posteriores aos pontos de convergência e divergência.

O HCM apresenta orientações para a avaliação do desempenho das instalações rodoviárias, incluindo comparações entre ferramentas de análise de tráfego. Destaca-se a análise da trajetória dos veículos como uma abordagem capaz de gerar métricas alinhadas com o manual, dados de campo e outras ferramentas de simulação.

O software Aimsun Next implementou algoritmos em tempo real para produzir resultados em conformidade com o HCM, eliminando a necessidade de processamento adicional. Ele leva em consideração as características físicas e operacionais de diferentes tipos de veículos e

permite a definição de parâmetros de comportamento dos motoristas, resultando em variações individuais no tráfego.

Em resumo, o nível de serviço na engenharia de tráfego envolve a avaliação de fluxo, velocidade e densidade, com abordagens distintas para áreas urbanas e rodovias, além do uso de software especializado para simulações em tempo real.

4.4.3 ANÁLISE DA CIRCULAÇÃO NA SITUAÇÃO ATUAL

Nesse estágio, uma rede foi desenvolvida para representar fielmente as características físicas e operacionais do sistema de estradas atual, considerando elementos como faixas, direção do fluxo, restrições nas interseções, limites de velocidade, comportamento dos veículos, entre outros. Essa representação teve como objetivo criar uma simulação precisa do sistema viário existente.

A distribuição dos volumes de tráfego foi fundamentada em uma matriz de origem e destino (O/D) derivada de dados coletados em pesquisas de tráfego realizadas. A validação do sistema ocorreu quando os resultados da simulação foram comparados com os dados reais das pesquisas, garantindo que não houvesse diferenças significativas.

A validação da microssimulação não se limitou apenas a volumes de tráfego similares aos dados de pesquisa, mas também considerou a compatibilidade das condições de tráfego, incluindo situações de congestionamento, abrangendo fluxo, densidade e velocidade média de operação do tráfego. A validação incluiu uma análise estatística com uso de regressão linear entre todos os fluxos coletados durante o horário de pico das pesquisas e o número de veículos que realizaram esses movimentos ao longo de uma hora de simulação.

Finalmente, uma análise detalhada ponto a ponto foi realizada usando o método GEH Statistic, um índice amplamente utilizado para comparar volumes de tráfego. Esse índice, nomeado em homenagem a Geoffrey E. Havers, difere dos testes estatísticos convencionais, mas é eficaz na análise de tráfego, sendo flexível em volumes reduzidos e rígido em volumes substanciais. O GEH é comumente utilizado como critério de validação, seguindo diretrizes estabelecidas por autoridades de tráfego em vários países, como os Estados Unidos, Austrália e Reino Unido. Para uma modelagem de tráfego bem-sucedida, é necessário que o índice GEH seja inferior a 5,0 em pontos de medição individuais, e em 85% dos pontos de medição. (VILLA, A.R. ET AL, 2013).

4.4.4 CALIBRAÇÃO DA REDE

A calibração da rede tem como objetivo ajustar os parâmetros do modelo de microssimulação para que este reproduza com precisão o comportamento do tráfego na realidade. Isso é fundamental para garantir que as previsões geradas pelo modelo sejam confiáveis e representem fielmente as condições de tráfego observadas no campo.

O processo de calibração da rede no software Aimsun geralmente envolve várias etapas. Inicialmente, são coletados dados de tráfego observados no campo, como volumes de tráfego, velocidades médias, tempos de viagem e padrões de fluxo. Em seguida, o modelo de microssimulação é configurado com base nessas informações iniciais.

Após a configuração inicial, o modelo é executado e os resultados da simulação são comparados com os dados observados. É então realizada uma análise detalhada para identificar as discrepâncias entre a simulação e a realidade. Com base nessa análise, os parâmetros do modelo são ajustados de forma iterativa até que os resultados da simulação se aproximem o máximo possível dos dados observados, minimizando assim o GEH.

O GEH (Erro Geométrico Horizontal) é uma métrica amplamente utilizada na avaliação da qualidade dos resultados da microssimulação de tráfego. Ele mede a discrepância entre as trajetórias dos veículos simuladas pelo modelo e as trajetórias reais observadas no campo.

No trabalho de modelagem de tráfego no cenário "baseline", um GEH inferior a 5.0 é considerado uma boa correspondência entre os volumes modelados e observados por hora. De acordo com o DMRB, 85% dos volumes em um modelo de tráfego devem ter um GEH inferior a 5.0. GEHs na faixa de 5.0 a 10.0 podem merecer investigação. Se o GEH for superior a 10.0, há uma alta probabilidade de que haja um problema com o modelo de demanda de viagem ou os dados.

A Figura a seguir, apresenta o resultado na análise de GEH na área de estudo. Observou-se que 92% dos contadores de tráfego inseridos na rede foram classificados com "Bom ajuste", isso indica que a rede simulada está bem calibrada e representa satisfatoriamente o cenário real do tráfego na área de estudo.

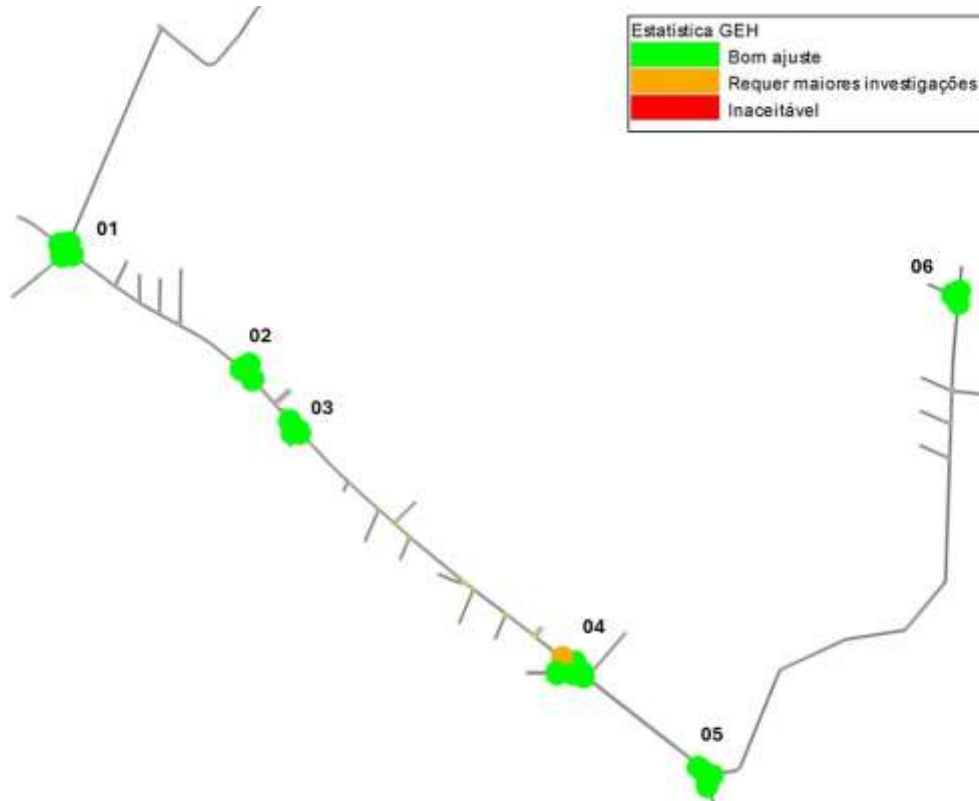


Figura 4-4. Resultado de análise do GEH na área de estudo.

Os volumes em cada interseção para a situação atual e para a situação futura, que será a interrupção das ruas Constante Moro Sobrinho e Antônio Moro, são apresentados conforme as imagens a seguir:



Figura 4-5. Interseção 1 – Alameda Arpo x Rua Curitiba

ATUAL

	Destino			
Origem	1	2	3	4
1		114	158	69
2	287		6	491
3	247	39		68
4	55	501	46	

COM FECHAMENTO DA RUA

	Destino			
Origem	1	2	3	4
1		114	11	289
2	287		1	496
3	9	2		0
4	210	546	9	



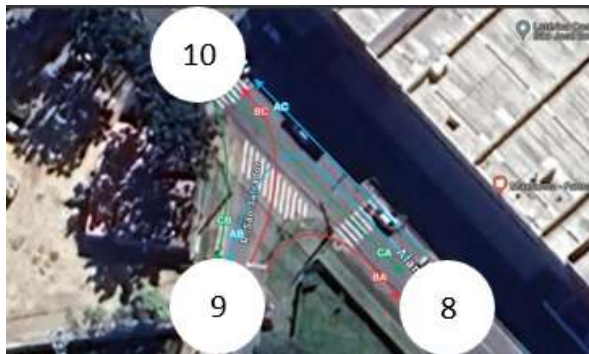
ATUAL

	Destino		
Origem	5	6	7
5		58	657
6	96		364
7	554	97	

COM FECHAMENTO DA RUA

	Destino		
Origem	5	6	7
5		0	841
6	58		410
7	753	147	

Figura 4-6. Interseção 2 – Alameda Arpo x Rua Antônio Moro.



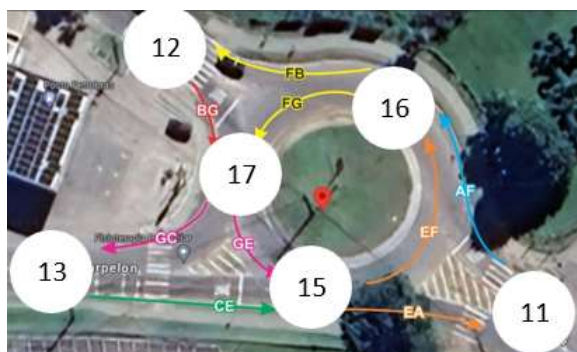
ATUAL

	Destino		
Origem	8	9	10
8		1	532
9	21		189
10	729	248	

COM FECHAMENTO DA RUA

	Destino		
Origem	8	9	10
8		0	873
9	27		171
10	221	973	

Figura 4-7. Interseção 3 - Alameda Arpo X Rua São Salvador



ATUAL

	Destino					
Origem	11	12	13	15	16	17
11					899	
12						531
13				273		
15	786				12	
16		511				403
17			407	563		

COM FECHAMENTO DA RUA

	Destino					
Origem	11	12	13	15	16	17
11					1.114	
12						940
13				241		
15	927				127	
16		905				314
17			354	826		

Figura 4-8. Interseção 4 - Alameda Arpo X Rua João Zarpelon.

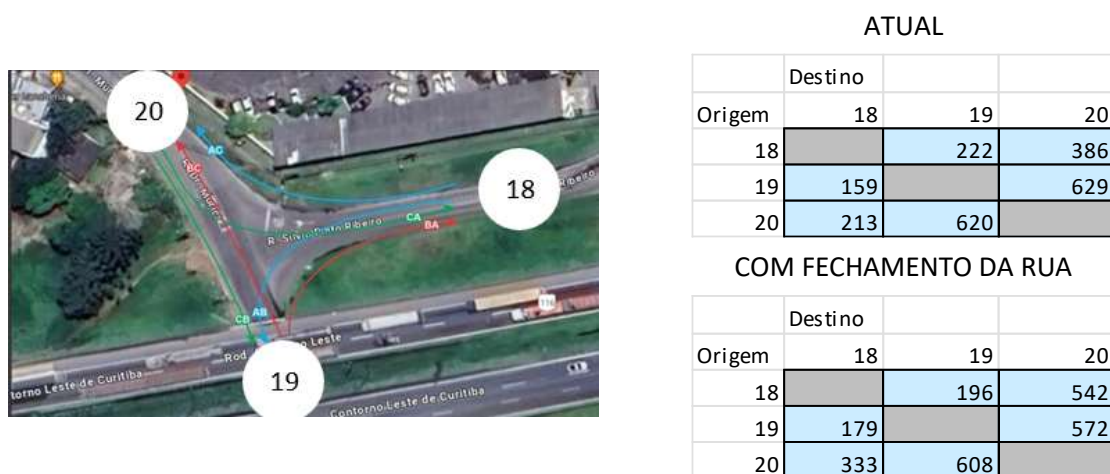


Figura 4-9. Interseção 5 - Rua Dr. Murici X Rua Silvio Pinto Ribeiro



Figura 4-10. Interseção 6 - Rua Silvio P. Ribeiro X Rua João A. Figueiredo

4.4.5 RESULTADOS

Os resultados obtidos a partir da microssimulação de tráfego realizada utilizando o software Aimsun serão apresentados no Capítulo 5 – Avaliação dos Impactos e Proposição de Medidas Mitigadoras. Para subsidiar as decisões foram analisados três cenários distintos, considerando o nível de serviço e fluxo de veículos:

- I. situação atual do sistema viário impactado;
- II. situação posterior ao fechamento dos trechos das ruas Constante Moro Sobrinho e Antônio Moro;
- III. situação posterior ao fechamento dos trechos das ruas Constante Moro Sobrinho a Antônio Moro, incluindo as soluções propostas para melhora do nível de serviço e fluidez do tráfego.

4.4.6 INDICADORES

Os indicadores utilizados na microsimulação são o Nível de Serviço e a relação Volume/Capacidade simulada (V/C simulado)

O Nível de Serviço (LoS, do inglês Level of Service) é uma medida utilizada para avaliar a eficiência e a qualidade do serviço em sistemas de transporte, como estradas e interseções. No contexto do texto fornecido, o Nível de Serviço é calculado com base em diversos parâmetros e métricas que descrevem o desempenho de uma via ou interseção.

O Nível de Serviço é determinado considerando diferentes tipos de análises, como análise longitudinal e análise espacial, e envolve o cálculo de várias medidas de desempenho durante simulações de tráfego. Algumas das principais métricas utilizadas para calcular o Nível de Serviço incluem:

- **Análise Longitudinal**

- Atraso de segmento (*segmento/veículo*): O atraso médio experimentado por cada veículo em um segmento da via.
- Atraso na fila (*segmento/veículo*): O atraso devido a filas de veículos.
- Atraso parado (*segmento/veículo*): O atraso quando um veículo está parado.
- Número de Paradas: O número de vezes que um veículo para durante seu percurso.

- **Análise Espacial:**

- Densidade (*UCP/km de faixa*): A densidade de veículos em uma faixa da via.
- Comprimento Médio da Fila (*veículos*): O comprimento médio das filas de veículos.
- Média da Parte Traseira da Fila (*m*): A média da distância da parte traseira da fila até a entrada da via.
- Máxima Parte Traseira da Fila (*m*): A distância máxima da parte traseira da fila até a entrada da via.
- Percentual de Veículos em Fila (%): A porcentagem de veículos em fila.
- Percentual de Veículos em Excesso (%): A porcentagem de veículos que excedem a capacidade da via.
- Percentual de Veículos Lentos (%): A porcentagem de veículos que estão se movendo lentamente.

De acordo com o *High Capacity Manual* – HCM 2010, foram selecionados 6 (seis) níveis designados pelas seis primeiras letras do alfabeto. O nível A corresponde à melhor condição de operação e no outro extremo o nível F corresponde à condição de congestionamento completo. Entre estes dois extremos, situam-se os demais níveis. Neste procedimento, o nível de serviço limitante é o nível D, por ser, de acordo com o HCM, o limiar entre o serviço adequado e a capacidade da via. E o resultado para isso é determinado pelo próprio AimSun utilizando a metodologia encontrada no HCM.

O parâmetro denominado V/C simulado, representando o Volume sobre a Capacidade da via, constitui um elemento crucial na avaliação do desempenho viário. Sua função é traduzir quão efetivamente a capacidade da via está sendo utilizada, sendo que valores mais próximos de 1 indicam uma maior utilização dessa capacidade. No entanto, é fundamental destacar que esse indicador, por si só, não proporciona uma avaliação direta da qualidade do tráfego na interseção.

Para uma compreensão mais abrangente e precisa desse aspecto, torna-se mais pertinente recorrer ao Nível de Serviço. Este parâmetro oferece uma análise aprofundada, considerando diversos fatores que podem influenciar a qualidade do tráfego, indo além da simples relação entre volume e capacidade. Dessa forma, o Nível de Serviço complementa e enriquece a avaliação do desempenho viário, proporcionando *insights* mais refinados.

Além disso, o indicador de Fluxo Simulado desempenha um papel específico ao se concentrar na compreensão do volume que atravessa ou que vai futuramente passar na rede. Essa métrica contribui para uma visão mais detalhada do fluxo de veículos, permitindo uma análise mais específica e direcionada, que pode ser valiosa na identificação de padrões e na tomada de decisões estratégicas para otimização do tráfego.

Assim, ao considerar a interação entre o V/C simulado e o Nível de Serviço, é possível obter uma visão mais abrangente e holística do funcionamento do sistema viário, facilitando a implementação de medidas eficazes para a melhoria contínua da mobilidade urbana. Para melhor compreensão da avaliação dos impactos apresentada no capítulo 5, serão utilizados os parâmetros indicados em cores conforme as figuras abaixo:



Figura 4-11. Indicador de Nível de Serviço

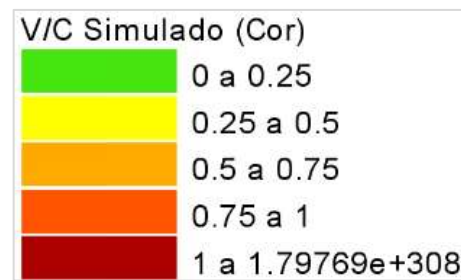


Figura 4-12. Indicador de Fluxo Simulado (V/C)

5 AVALIAÇÃO DE IMPACTOS E PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS MITIGADORAS

Nos primeiros itens deste capítulo serão apresentados os cenários simulados para a hora de pico do sistema viário, compreendida entre 17h30min e 18h30min, considerando:

1. A situação atual do sistema viário;
2. A situação após o fechamento dos trechos das ruas Constante Moro Sobrinho e Antônio Moro, sem quaisquer proposições de melhorias.

Desta forma, será possível avaliar os problemas já existentes nas vias do entorno do empreendimento, assim como verificar a influência e os impactos decorrentes da interrupção das ruas Constante Moro Sobrinho e Antônio Moro, ainda sem a proposição de medidas mitigadoras.

Nos itens seguintes será apresentada a simulação do cenário futuro, durante a mesma hora de pico, desta vez considerando as propostas de melhorias no sistema viário. Na sequência, será apresentada a comparação relativa dos indicadores de desempenho dentro de cada cenário.

Cumprir destacar que o presente estudo foi realizado tendo como base a alternativa viável de desvio do tráfego apresentada no Estudo de Desvio Viário elaborado pela CCR Aeroportos (ANEXO III). Tal estudo visa avaliar a viabilidade de alternativas sugeridas para o sistema viário após a implantação da nova PPD.

5.1 SITUAÇÃO ATUAL

Este item apresenta os resultados obtidos a partir da simulação do cenário atual, que representa as condições de tráfego existentes na área de estudo antes do empreendimento. Foram analisados visualmente o Nível de Serviço e o Fluxo Simulado na área de estudo. A seguir estão apresentados os níveis de serviço em cada interseção da rede.

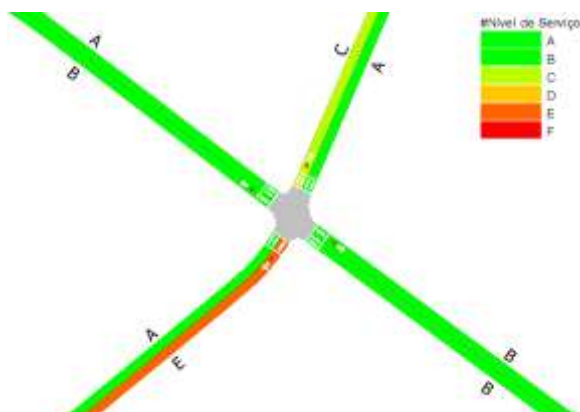


Figura 5-1. Nível de Serviço na Interseção 01 - Alameda Arpo x Rua Curitiba – Cenário Atual



Figura 5-2. Nível de Serviço na Interseção 02 - Alameda Arpo x Rua Antônio Moro – Cenário Atual



Figura 5-3. Nível de Serviço na Interseção 03 - Alameda Arpo x Rua São Salvador – Cenário Atual

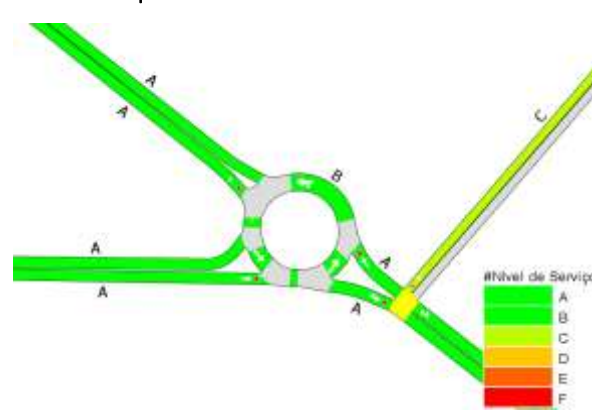


Figura 5-4. Nível de Serviço na Interseção 04 - Alameda Arpo x Rua João Zarpelon – Cenário Atual



Figura 5-5. Nível de Serviço na Interseção 05 - Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro – Cenário Atual

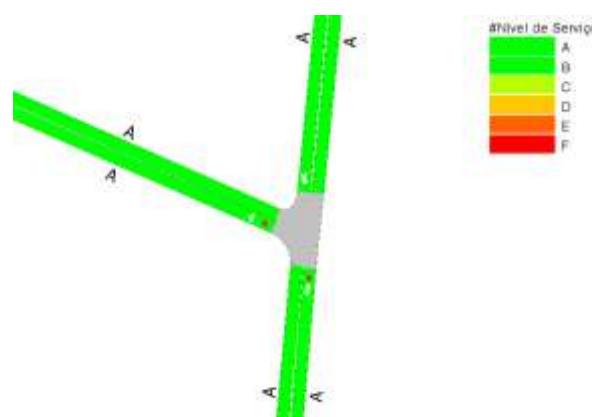


Figura 5-6. Nível de Serviço na Interseção 06 - Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo – Cenário Atual

Avaliando o volume de tráfego atual na rede viária como um todo, verifica-se que o nível de serviço predominante é “A”, o que pressupõe um estado ideal do tráfego, onde as condições de circulação são ótimas e não há congestionamentos significativos.

No entanto, vale destacar que no trecho norte da Alameda Arpo, no sentido Norte>Sul, na interseção 02(Alameda Arpo x Rua Antônio Moro), e no trecho da Rua Silvio Pinto Ribeiro sentido Leste>Oeste, da interseção 05 (Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro), o nível de serviço é “F”, que indica condições de congestionamento intenso e operação da via no limite máximo da capacidade.

O motivo observado na simulação para o resultado negativo na interseção 02 se dá principalmente em função do conflito existente na Alameda Arpo com a saída do Supermercado Jacomar e a rua Heitor Moro. Os veículos que saem tanto do supermercado, quanto da rua Heitor Moro, tendem a utilizar uma parte da programação semafórica atual que permite aos veículos ficarem parados em cima de uma das faixas da Alameda Arpo.

Como a programação semafórica atual permite que os veículos se acumulem na aproximação Oeste>Leste da interseção 03 (Alameda Arpo x Rua São Salvador), os veículos que saem tanto do supermercado, como da rua Heitor Moro, ficam esperando em cima da faixa do fluxo contrário o andamento da fila, para que possam ingressar na Alameda.

Já na interseção 05 (rua Silvio Pinto Ribeiro x rua Dr. Murici) observa-se que o acúmulo excessivo se dá em função do tempo de espera dos veículos na pista oeste da Rua Silvio Pinto Ribeiro para acesso e cruzamento da rua Dr. Murici.

A seguir estão apresentados os Fluxos Simulados na área de estudo.

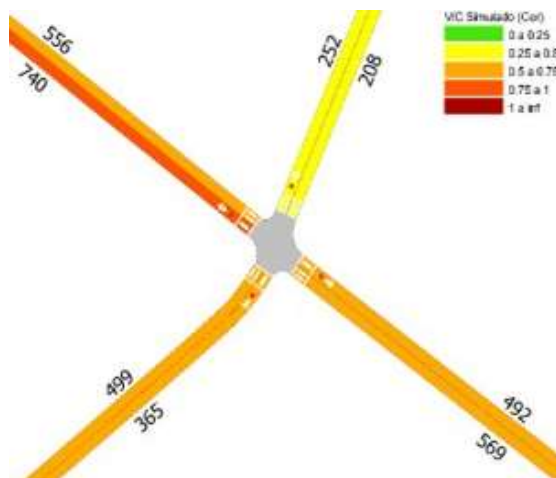


Figura 5-7. Fluxo Simulado na Interseção 01 - Alameda Arpo x Rua Curitiba – Cenário Atual



Figura 5-8. Fluxo Simulado na Interseção 02 - Alameda Arpo x Rua Antônio Moro – Cenário Atual



Figura 5-9. Fluxo Simulado na Interseção 03 - Alameda Arpo x Rua São Salvador – Cenário Atual

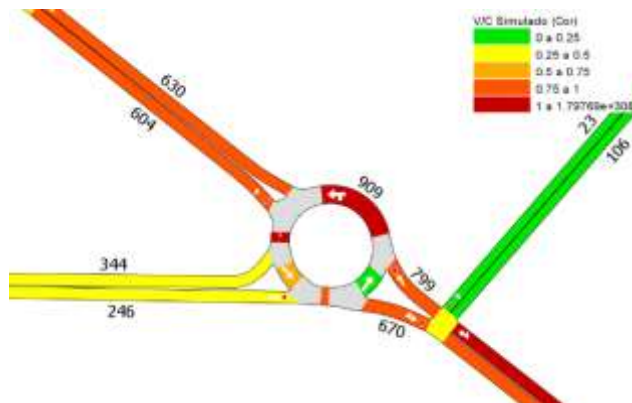


Figura 5-10. Fluxo Simulado na Interseção 04 - Alameda Arpo x Rua João Zarpelon – Cenário Atual

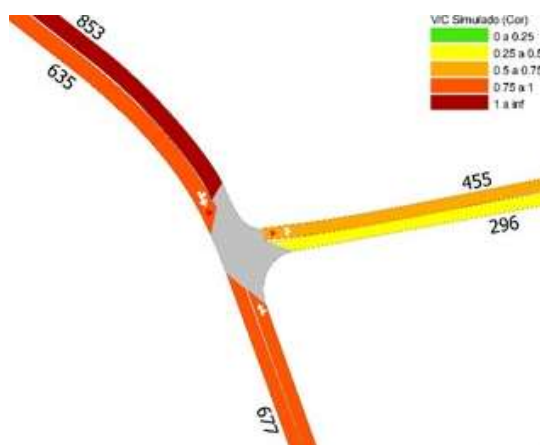


Figura 5-11. Fluxo Simulado na Interseção 05 - Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro – Cenário Atual

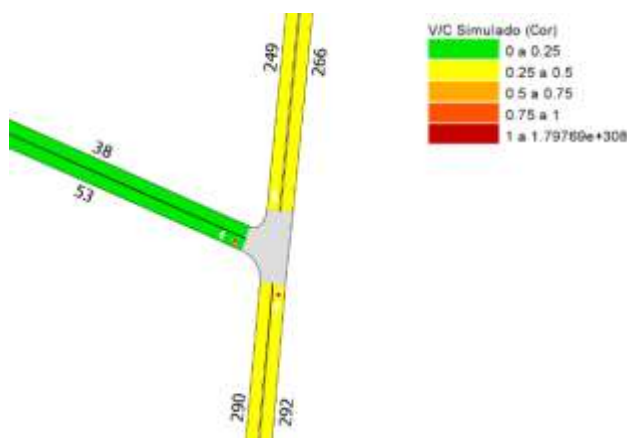


Figura 5-12. Fluxo Simulado na Interseção 06 - Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo – Cenário Atual

Verifica-se que no pico da tarde o fluxo é mais intenso na Alameda Arpo, em ambos os sentidos da via. Isso significa que há uma alta densidade de veículos na via, resultando em uma alta taxa de veículos passando pelo trecho na hora de pico. No entanto, o congestionamento ocorre, principalmente, em função do problema das saídas do supermercado e da Rua Heitor Moro abordado anteriormente.

5.2 SITUAÇÃO FUTURA

Este item apresenta os resultados obtidos a partir da simulação do cenário futuro após a implantação do empreendimento e, conseqüentemente, com o fechamento da Rua Constante Moro Sobrinho e de parte da Rua Antônio Moro, sem a adoção de qualquer medida mitigadora.

Neste cenário, os veículos que utilizavam os trechos suprimidos passam a trafegar pela Rua Silvio Pinto Ribeiro e acessam a Alameda Arpo através da interseção 6 (Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo).

O novo trajeto está demonstrado na Figura 5-13 a seguir:

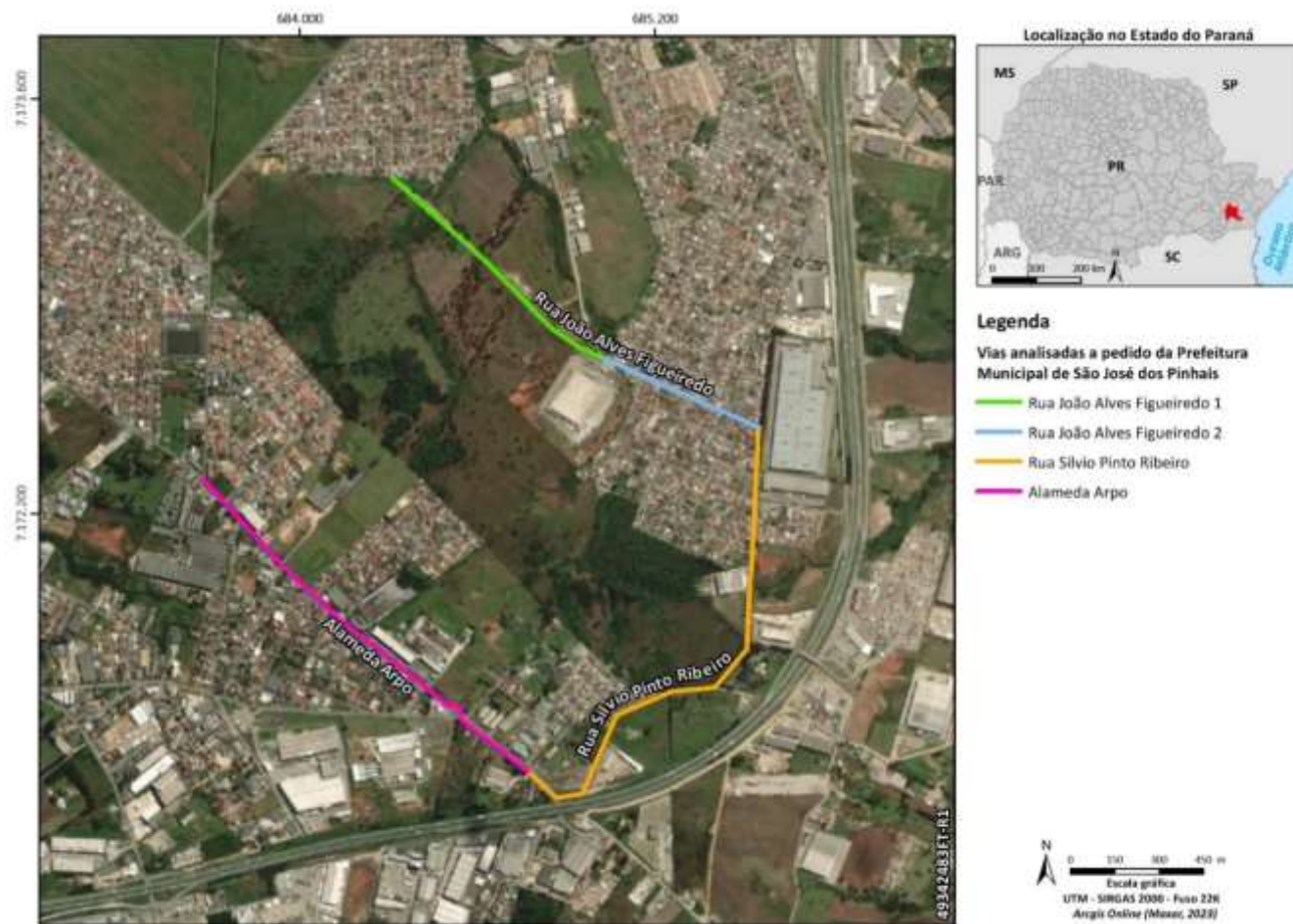


Figura 5-13. Vias utilizadas para o novo trajeto

A figura acima apresenta a configuração de trajeto considerando o impacto relacionado às viagens com origem/destino compreendidas entre o Jardim Suíça e o Bairro Cruzeiro, cujo impacto em extensão e tempo de viagem será mais significativo em relação ao trajeto original. É necessário ponderar, entretanto, que a pesquisa de origem/destino apresentada no RIT já protocolado, demonstra que estas viagens representam uma parcela máxima de 25% em relação ao total de viagens que passam pelos trechos a serem suprimidos. Assim, tem-se que a grande maioria das viagens possuem origem/destino mais distantes do trecho suprimido, ou seja cerca de 75% das viagens que passam pelas ruas Constante Moro Sobrinho e Antônio Moro, sofrerão aumento de extensão e tempo de viagem menos significativos proporcionalmente.

Foram analisados o Nível de Serviço e o Fluxo Simulado na área de estudo, buscando avaliar a situação do sistema viário após o fechamento das vias.

A seguir estão apresentados os níveis de serviço em cada interseção da rede.

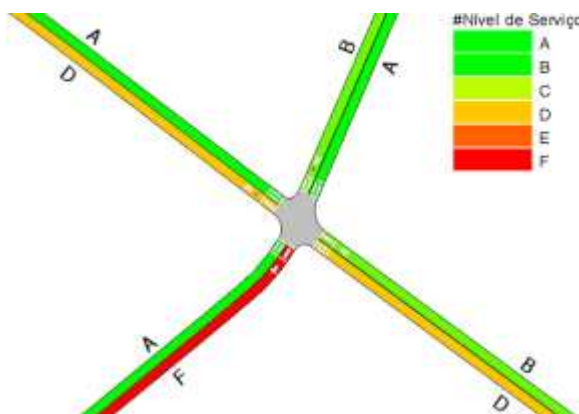


Figura 5-14. Nível de Serviço na Interseção 01 - Alameda Arpo x Rua Curitiba – Cenário Futuro

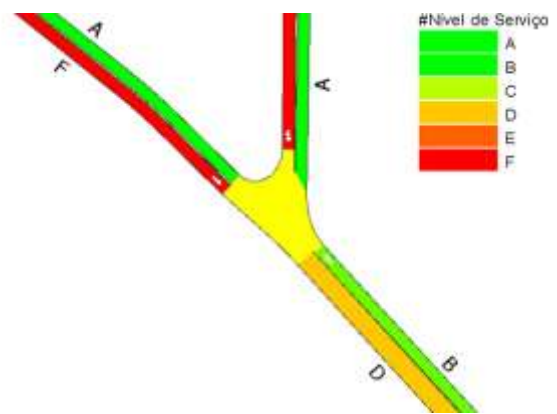


Figura 5-15. Nível de Serviço na Interseção 02 - Alameda Arpo x Rua Antônio Moro – Cenário Futuro

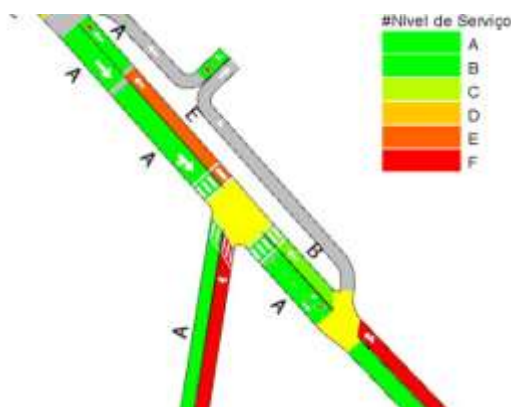


Figura 5-16. Nível de Serviço na Interseção 03 - Alameda Arpo x Rua São Salvador – Cenário Futuro

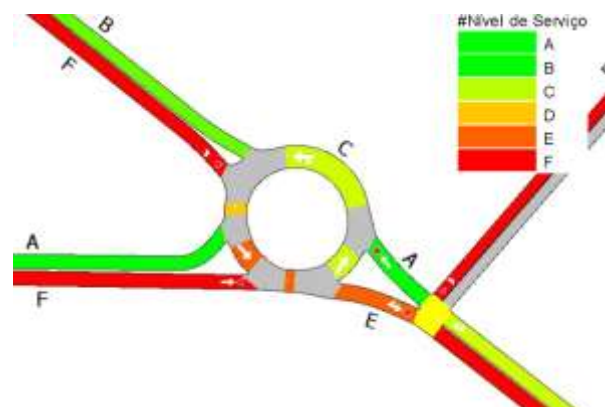


Figura 5-17. Nível de Serviço na Interseção 04 - Alameda Arpo x Rua João Zarpelon – Cenário Futuro

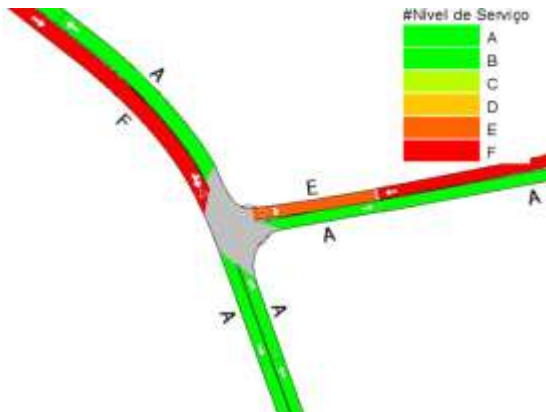


Figura 5-18. Nível de Serviço na Interseção 05 - Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro – Cenário Futuro

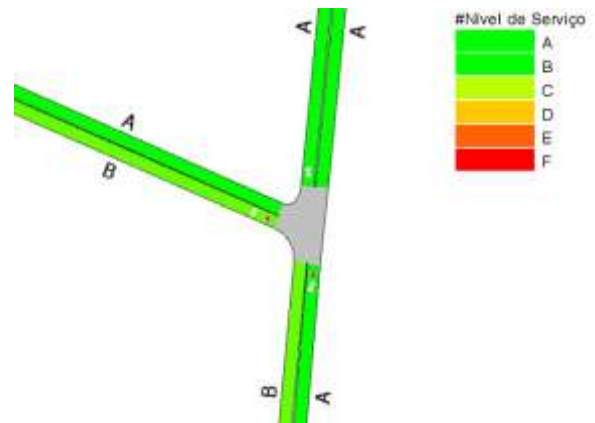


Figura 5-19. Nível de Serviço na Interseção 06 - Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo – Cenário Futuro

Apesar do nível de serviço ainda ser predominantemente “A”, verifica-se que com o fechamento de parte da Rua Constante Moro Sobrinho e Antônio Moro, alguns níveis de serviço pioraram, com destaque para a Rua Dr. Murici, Rua João Zarpelon e a Alameda Arpo entre a Rua João Zarpelon e a Rua Silvio Pinto Ribeiro.

A seguir estão apresentados os Fluxos Simulados na área de estudo.

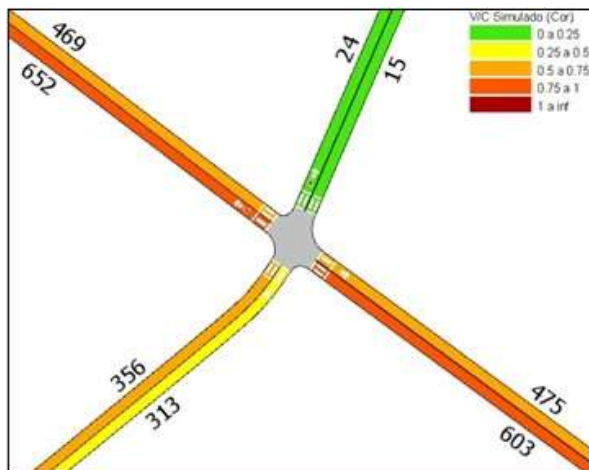


Figura 5-20. Fluxo Simulado na Interseção 01 - Alameda Arpo x Rua Curitiba – Cenário Futuro

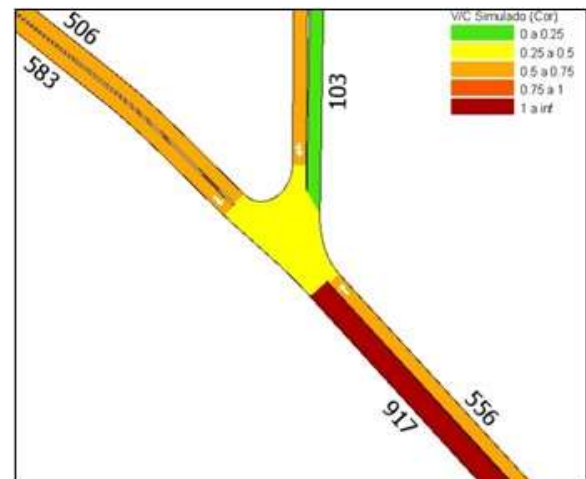


Figura 5-21. Fluxo Simulado na Interseção 02 - Alameda Arpo x Rua Antônio Moro – Cenário Futuro

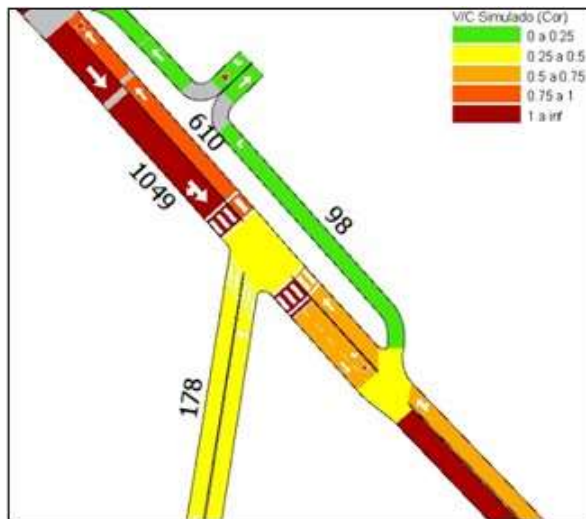


Figura 5-22. Fluxo Simulado na Interseção 03 - Alameda Arpo x Rua São Salvador – Cenário Futuro

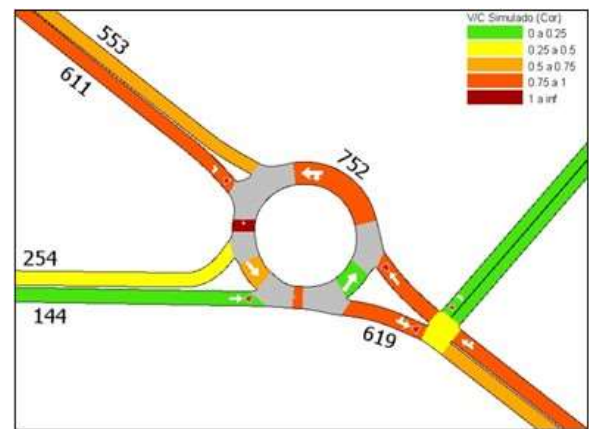


Figura 5-23. Fluxo Simulado na Interseção 04 - Alameda Arpo x Rua João Zarpelon – Cenário Futuro

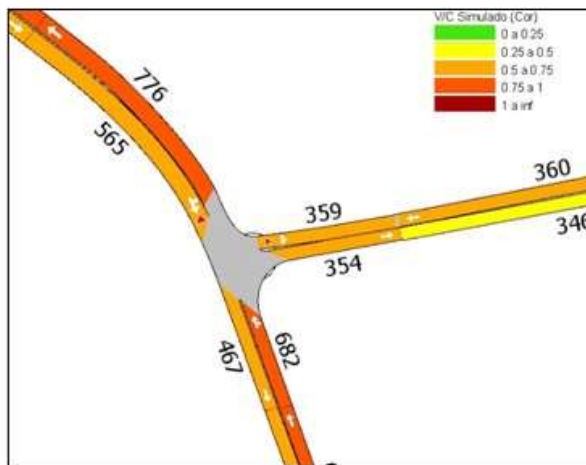


Figura 5-24. Fluxo Simulado na Interseção 05 - Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro – Cenário Futuro

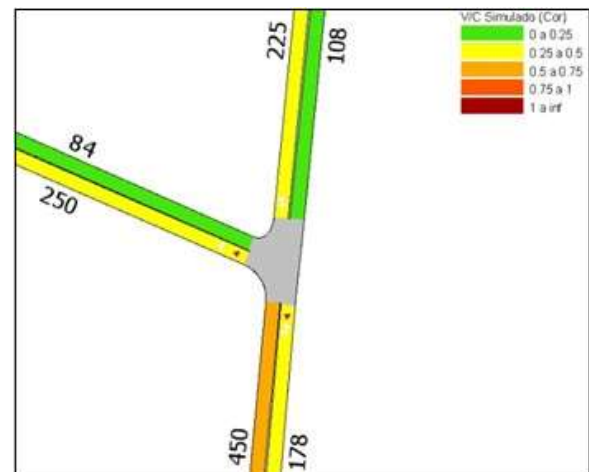


Figura 5-25. Fluxo Simulado na Interseção 06 - Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo – Cenário Futuro

Com o fechamento de parte da Rua Constante Moro Sobrinho e da Rua Antônio Moro, observou-se que os veículos que antes acessavam a Alameda Arpo através da interseção 01, agora a acessam através da interseção 6. Se, por um lado, a alteração do trajeto melhora o nível de serviço no prolongamento da rua Curitiba (rua Jorge Guimarães de Camargo) e, consequentemente, na interseção 01, por outro tal alteração potencializa os problemas verificados na situação atual dos demais cruzamentos, uma vez que a maioria desses veículos tendem a percorrer toda a Alameda Arpo no sentido oeste.

As questões observadas nesse cenário evidenciaram a situação já existente na interseção 03, com visível aumento de filas e, também, o problema na interseção 05, antes não tão evidente, que é a dificuldade dos veículos da Rua Sílvio Pinto Ribeiro em ingressar na Rua Doutor Murici, potencializado pelo volume de veículos que passam a utilizar de forma direta a interseção após o fechamento do trecho das ruas constante Moro Sobrinho e Antônio Moro.

A partir da análise deste cenário, é possível elencar os impactos gerados pela implantação do empreendimento sob o ponto de vista de tráfego e transportes:

- Redução no nível de serviço no conjunto da rede viária impactada, em função da redistribuição das viagens ao longo da Alameda Arpo
- Sutil melhora no nível de serviço da rua Jorge Guimarães de Camargo, em virtude do fechamento dos trechos das ruas Constante Moro Sobrinho e Antônio Moro
- Piora na fluidez do tráfego de veículos nas interseções 02, 03, 04 e 05, em função do aumento de veículos passando por esses cruzamentos.

5.3 SITUAÇÃO FUTURA COM PROPOSTA DE INTERVENÇÕES

Este item apresenta os resultados obtidos a partir da mesma simulação encontrada no capítulo anterior, com o acréscimo das alterações propostas como medidas mitigadoras para o tráfego de veículos.

Desta forma foram consideradas as seguintes intervenções:

- Alteração da programação semafórica nas interseções 02 e 03;
- Implantação de rotatória na interseção 05.

Simuladas as intervenções, foram analisados novamente o Nível de Serviço e o Fluxo Simulado na área de estudo.

A seguir estão apresentados os níveis de serviço em cada interseção da rede.

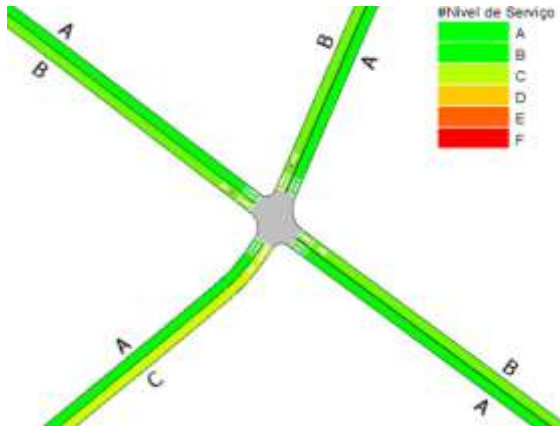


Figura 5-26. Nível de Serviço na Interseção 01 - Alameda Arpo x Rua Curitiba – Cenário Futuro com Proposta

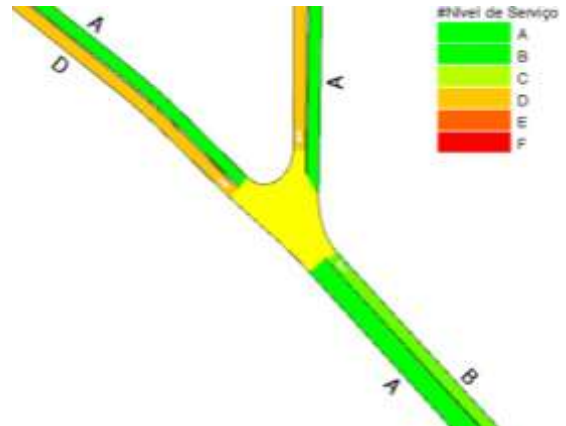


Figura 5-27. Nível de Serviço na Interseção 02 - Alameda Arpo x Rua Antônio Moro – Cenário Futuro com Proposta

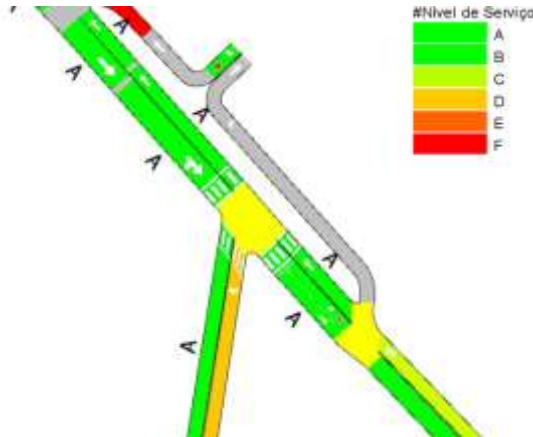


Figura 5-28. Nível de Serviço na Interseção 03 - Alameda Arpo x Rua São Salvador – Cenário Futuro com Proposta

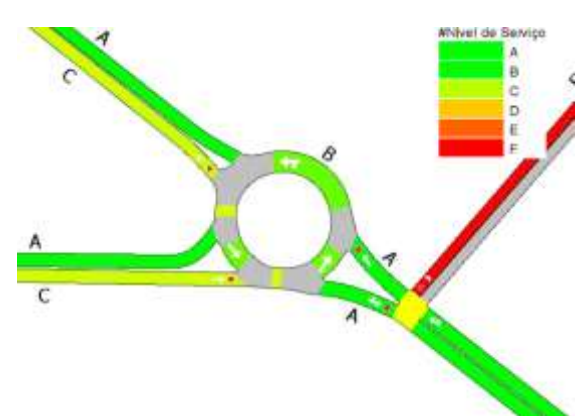


Figura 5-29. Nível de Serviço na Interseção 04 - Alameda Arpo x Rua João Zarpelon – Cenário Futuro com Proposta

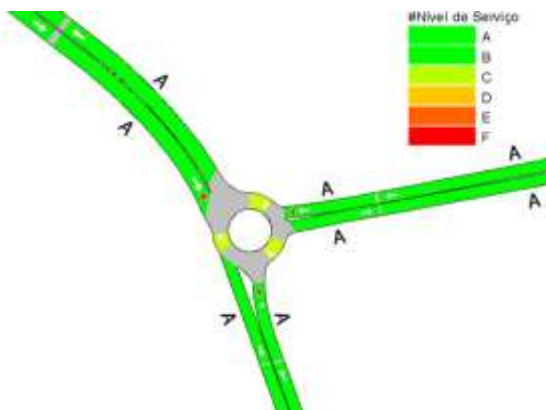


Figura 5-30. Nível de Serviço na Interseção 05 - Rua Dr. Murici x Rua Sílvio Pinto Ribeiro – Cenário Futuro com Proposta

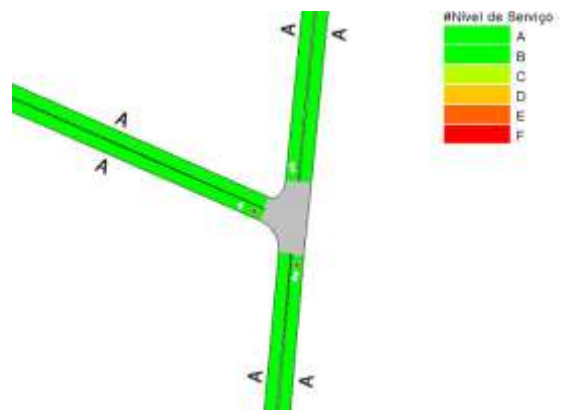


Figura 5-31. Nível de Serviço na Interseção 06 - Rua Sílvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo – Cenário Futuro com Proposta

Verifica-se que após a implantação das propostas o nível de serviço de modo geral melhorou comparado, inclusive, ao cenário atual.

A seguir estão apresentados os Fluxos Simulados na área de estudo.

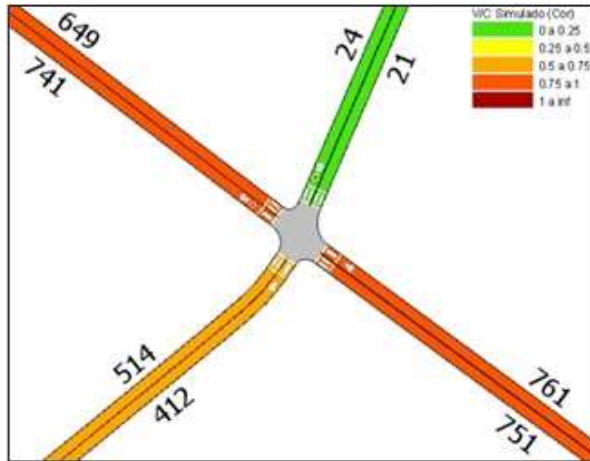


Figura 5-32. Fluxo Simulado na Interseção 01 - Alameda Arpo x Rua Curitiba – Cenário Futuro com Proposta

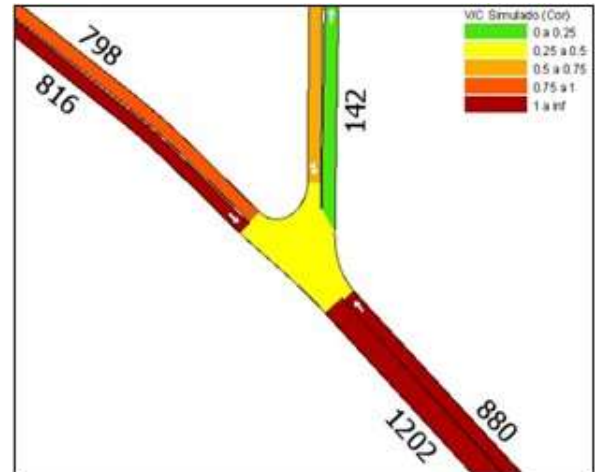


Figura 5-33. Fluxo Simulado na Interseção 02 - Alameda Arpo x Rua Antônio Moro – Cenário Futuro com Proposta

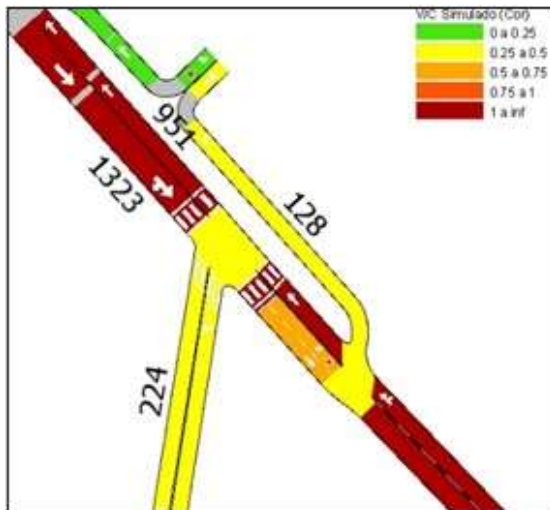


Figura 5-34. Fluxo Simulado na Interseção 03 - Alameda Arpo x Rua São Salvador – Cenário Futuro com Proposta

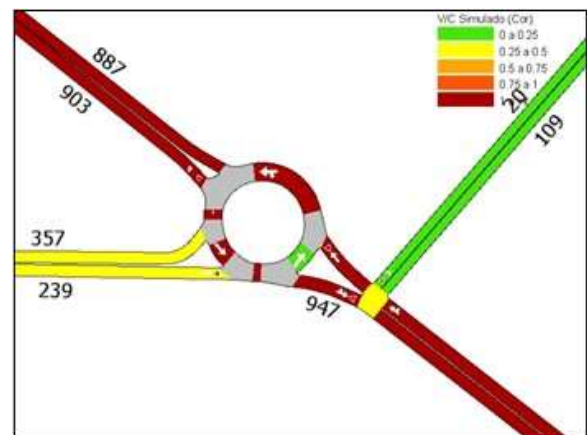


Figura 5-35. Fluxo Simulado na Interseção 04 - Alameda Arpo x Rua João Zarpelon – Cenário Futuro com Proposta

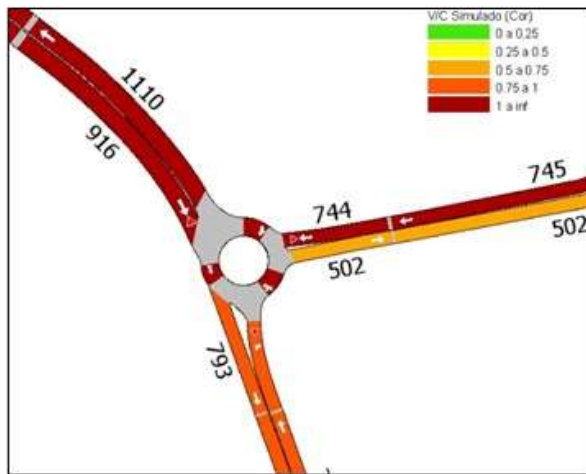


Figura 5-36. Fluxo Simulado na Interseção 05 - Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro – Cenário Futuro com Proposta

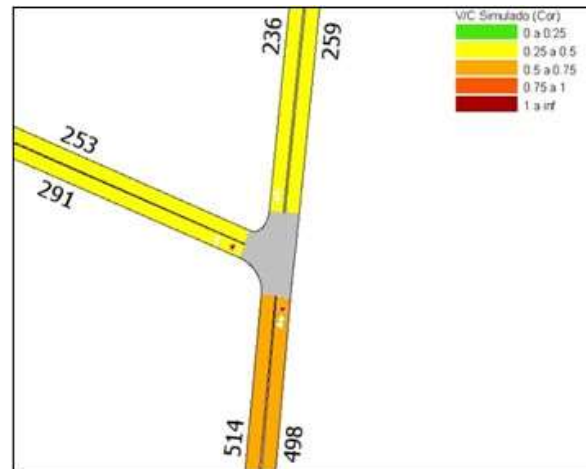


Figura 5-37. Fluxo Simulado na Interseção 06 - Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo – Cenário Futuro com Proposta

Nota-se que, apesar do aumento do fluxo de veículos/uso da capacidade das vias, os níveis de serviços apresentam-se melhores em razão das intervenções propostas.

Visando melhor detalhar as questões abordadas tanto na situação atual quanto futura foram propostas as intervenções descritas no capítulo 5.4 a seguir.

5.4 MEDIDAS MITIGADORAS

5.4.1 PROGRAMAÇÃO SEMAFÓRICA

A partir da situação apresentada no capítulo anterior, a alteração na programação semafórica proposta para as interseções 02 e 03, cumpre o objetivo de dar tempo suficiente aos veículos que saem da rua Heitor Moro realizarem a manobra de conversão à esquerda, (direção Leste), podendo assim ingressar na Alameda Arpo sem precisar parar em cima da faixa de rolamento no sentido contrário. Para isso os locais de acumulação dos veículos foram mudados com a programação semafórica, permitindo assim que os veículos ingressem em uma seção vazia.

A seguir estão apresentados os tempos adotados em cada grupo semafórico na simulação.



Figura 5-38. Programação Semafórica Proposta. As barras verdes correspondem à luz verde do semáforo e as barras amarelas, à luz amarela do semáforo. A luz vermelha não aparece pois o diagrama considera que quando existe um verde, automaticamente existe um vermelho

5.4.2 IMPLANTAÇÃO DE ROTATÓRIA NA INTERSEÇÃO 05

Com a implantação de um dispositivo do tipo rotatória na interseção 05, verificou-se a melhoria da capacidade de fluidez do tráfego que, além de melhorar a condição pré-existente, tornou o cruzamento capaz de absorver o novo tráfego esperado com a implantação do empreendimento.

A proposta visa reduzir o tempo de espera dos veículos que saem da Rua Sílvio Pinto Ribeiro para a rua Dr. Murici e a conversão à esquerda dos veículos que saem da rua Doutor Murici em direção à Rua Sílvio Pinto Ribeiro. A rotatória cumpre bem esse papel, pois a gestão de preferência é melhor do que em uma interseção simples.

5.5 MEDIDAS COMPLEMENTARES

As medidas propostas no item anterior são entendidas como suficientes para a mitigação dos impactos diretamente gerados pela implantação da nova pista de pousos e decolagens.

As medidas a seguir são sugeridas de forma complementar ao estudo e têm o objetivo de otimizar o sistema viário inscrito na área influência direta do empreendimento. Sendo assim, essas medidas não foram incluídas nas simulações anteriores, mas caso sejam implantadas trarão benefícios adicionais ao sistema de tráfego.

Cabe reforçar que as medidas apresentadas a seguir não visam minimizar os impactos do empreendimento, mas sim, otimizar o sistema viário na região estudada, trazendo benefícios à mobilidade em áreas em que o tráfego já é bastante intenso, inclusive pela presença de estabelecimentos logísticos.

5.5.1 SAÍDA DO SUPERMERCADO

A interseção 03 possui atualmente condições indesejadas de fluidez do tráfego. Conforme apontado no item 5.1 – SITUAÇÃO ATUAL, parte do problema ocorre em função da saída do Supermercado Jacomar. Apesar de haver sinalização vertical indicando a proibição de conversão à esquerda no dispositivo, muitos condutores não a obedecem, aproveitando curto espaço de tempo para bloquearem a faixa sentido oeste da Alameda Arpo enquanto esperam o momento oportuno para ingressarem na faixa leste. Para coibir a conversão à esquerda e melhorar a distância de aceleração dos veículos que saem do supermercado, sugerimos que a prefeitura realize gestão junto à administração do supermercado, buscando melhorar a geometria do *taper* de saída do supermercado.

5.5.2 RUA SILVIO PINTO RIBEIRO

Considerando a ocupação atual da porção leste do bairro Quissisana, classificada como Zona Industrial e de Serviços, é possível justificar o aumento na proporção de veículos de carga em relação aos veículos de passeio na Rua Silvio Pinto Ribeiro. Tal situação se dá, principalmente, pelas condições atuais da via coletora que margeia o contorno Rodoviário Leste. Cerca de 900 metros antes da rua Dr. Murici, a via local, paralela ao contorno rodoviário, já está implantada. Sugere-se, portanto, a implantação de trecho complementar, de forma a induzir a migração do tráfego de veículos pesados, que atualmente demanda a Rua Silvio Pinto Ribeiro, para esta nova via.

5.6 INDICADORES DE DESEMPENHO

O quadro a seguir exibe uma análise comparativa dos indicadores de desempenho em diferentes cenários: o estado atual, o cenário futuro com a implantação do empreendimento (sem medidas mitigadoras) e o cenário futuro com a implantação do empreendimento e intervenções na área de estudo. As cores mostram quais são os melhores resultados, sendo que a cor verde é o melhor, o amarelo é a situação mediana e o vermelho é a pior situação.

É notável que o número de veículos passando por hora aumentou, assim como as velocidades médias, demonstrando maior fluidez. Por outro lado, as densidades, filas e tempos de viagem diminuíram, demonstrando o alcance dos objetivos.

Tabela 5-1. Indicadores de Desempenho dos Cenários Simulados

Indicador – Tarde	Situação		Comparação	Situação	Comparação
	Atual	Futuro sem medidas	Futuro sem medidas / Atual	Futuro Proposto com medidas	Futuro sem medidas / Futuro Proposto com medidas
Demanda (veíc/h)	3760	3416	-9,1%	3896	14,0%
Fluxo (veíc/h)	3491	2524	-27,7%	3877	53,6%
Velocidade Média - Carro (km/h)	14,66	8,58	-41,5%	21,28	148,0%
Velocidade Média - Ônibus (km/h)	14,04	7,94	-43,4%	21,88	175,6%
Densidade (veíc/km)	24,24	51,96	114,4%	18,41	-64,6%
Fila Média (veíc)	196,27	665,76	239,2%	58,74	-91,2%
Fila Média - Carro (veíc)	183,98	614,31	233,9%	55,36	-91,0%
Tempo de Atraso Médio (seg/km)	135,59	313,78	131,4%	59,12	-81,2%
Tempo de Viagem - Carro (seg/km)	245,65	419,81	70,9%	169,15	-59,7%
Tempo de Viagem - Ônibus (seg/km)	256,34	453,36	76,9%	164,51	-63,7%

Tabela 5-2. Indicadores de Desempenho para os Ônibus dos Cenários Simulados

Indicador - Tarde	Situação		Comparação	Situação	Comparação
	ATUAL	FUTURO	FUTURO / ATUAL	FUTURO PROPOSTO	FUTURO PROPOSTO / FUTURO PROPOSTO
Velocidade Harmônica - Ônibus (km/h)	14,04	7,94	-43%	21,88	176%
Tempo Parado - Ônibus (seg/km)	130,43	328,27	151,7%	37,88	-88,5%
Tempo de Atraso - Ônibus (seg/km)	136,38	332,75	144,0%	44,70	-86,6%
Tempo de Viagem - Ônibus (seg/km)	256,34	453,36	76,9%	164,51	-63,7%



A diferença da situação atual para a futura ocorre exclusivamente em função do fechamento dos trechos das ruas Constante Moro sobrinho e Antônio Moro. Assim, qualquer mudança nos indicadores é devido a esse fator. Cada indicador apresentado na tabela acima possui característica e importância específica para a análise e avaliação dentro de cada cenário:

- **Demanda:** número médio de veículos por hora (veíc/h) que entram na rede viária da simulação;
- **Fluxo:** número médio de veículos por hora (veíc/h) que passaram pela rede durante o período de simulação. Os veículos são contados ao sair da rede através de um tronco de saída;
- **Velocidade Média:** velocidade média (km/h) de todos os veículos que saíram do sistema. Isto é calculado usando a velocidade média de viagem para cada veículo;
- **Densidade:** número médio de veículos por quilômetro (veíc/km) de pista do trecho;
- **Fila Média:** comprimento médio das filas na rede simulada durante o período de simulação. Medido em número de veículos (veíc);
- **Tempo de Atraso Médio:** Diferença entre o tempo de viagem esperado (o tempo que levaria para percorrer o sistema em condições ideais) e o tempo de viagem observado. É calculado a partir da média de todos os veículos e depois convertido em taxa de tempo por distância (seg/km);
- **Tempo de viagem:** tempo médio que um veículo precisa para percorrer um quilômetro dentro da rede. Esta é a média de todos os tempos de viagem individuais (diferença entre a hora de saída e a hora de entrada), convertido taxa de tempo por distância (seg/km).

Verifica-se que para todos os indicadores, o cenário futuro com as propostas apresentou resultados melhores. Com destaque para a velocidade média de carros, a fila média e o tempo de atraso, que melhoraram inclusive, em relação ao cenário atual.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo de tráfego, considerando os resultados obtidos através da microssimulação utilizando o software Aimsun, teve como objetivo analisar os impactos da implantação de uma nova pista no Aeroporto Internacional Afonso Pena (SBCT/CWB), considerando que para viabilizar essa expansão, será necessária a supressão de parte das ruas Constante Moro Sobrinho e Antônio Moro.

Os resultados obtidos através da análise dos indicadores de desempenho revelaram que as propostas de intervenção apresentadas neste estudo trouxeram melhorias significativas em relação ao cenário atual de tráfego. Essas melhorias abrangem diversos aspectos, como a fluidez do tráfego e a eficiência do sistema como um todo.

Cabe destacar também que, as simulações realizadas tratam os cenários atual e futuro partir da pior situação hipotética possível, ou seja, são considerados os impactos ao longo da hora-pico do sistema em todas as simulações e, para os dois cenários futuros (sem e com intervenções propostas), considera-se que todo o tráfego desviado passará a se deslocar através da Rua Silvio Pinto Ribeiro.

Um dos principais pontos de destaque foi a eficácia da rotatória na redistribuição do fluxo de veículos, contribuindo para reduzir os congestionamentos e os tempos de viagem. Além disso, a reprogramação semaforica nas interseções analisadas demonstrou ser uma estratégia eficiente para otimizar o funcionamento do tráfego, garantindo uma melhor coordenação entre os diferentes fluxos de veículos.

Deste modo, verifica-se que as proposições sugeridas no item 5.4 são tecnicamente suficientes para mitigar os impactos gerados pelo empreendimento.

A proposta inicial protocolada pela concessionária, previa a pavimentação da Rua José João Bowoniuk, via que faz parte do novo trajeto a ser percorrido pelos moradores do Jardim Vila Suíça. Entretanto, a prefeitura municipal, em conjunto com o governo do estado do Paraná, vem realizando tais investimentos desde o início deste ano. Assim, entende-se que as medidas complementares sugeridas no item 5.5 do presente relatório, caso implantadas, trarão benefícios importantes para o tráfego na região.

É fundamental destacar a importância da análise detalhada e da simulação computacional na tomada de decisões relacionadas ao planejamento urbano e à gestão do tráfego. Esta análise fornece informações substanciais para os gestores públicos e demais envolvidos no processo de planejamento, permitindo a implementação de soluções mais eficientes e sustentáveis para

os problemas de mobilidade urbana. Assim, podemos concluir que as intervenções propostas representam um avanço significativo na compreensão dos padrões de tráfego e na identificação de estratégias eficazes para otimizar a mobilidade urbana em áreas de alta demanda.

Por fim, é necessário destacar que as medidas sugeridas visam basicamente devolver ao tráfego viário as condições existentes antes da geração do impacto. Entretanto, como o próprio estudo apresentou, as vias atualmente utilizadas encontram-se em condições que prejudicam sua fluidez, principalmente quando olhamos os trajetos de média e longa distância.

A sugestão de alteração dos tempos semaforicos, por exemplo, é uma medida mitigadora que se mostrou efetiva durante a simulação do tráfego. Entretanto, sabe-se do dinamismo e facilidade na aplicação da medida, que já é adotada pela equipe de trânsito em seu cotidiano, inclusive da possibilidade de se verificarem programações variadas em determinados dias da semana ou, até mesmo, ao longo de um dia. É sabido que a pesquisa de tráfego levantou os dados de um dia típico de semana, e que algumas variações sazonais podem gerar outras características de fluxo que não necessariamente seriam atendidas pela medida sugerida. Desta forma, uma solução possível seria a implantação de semáforos “inteligentes”, ou seja, aqueles que possuem sistemas de monitoramento do fluxo e ajuste automático dos tempos de abertura e fechamento das vias.

Com relação à sugestão de implantação de rotatória na interseção 05 (cruzamento das ruas Silvio Pinto Ribeiro e Dr. Murici), novamente encontramos um resultado simulado positivo para a situação futura após o fechamento da Rua Constante Moro Sobrinho. Entretanto, após discussões com a equipe técnica da Prefeitura de São José dos Pinhais, durante a reunião ocorrida em 20 de junho de 2024, vislumbrou-se a possibilidade de criação de um pequeno sistema binário no entorno deste cruzamento, com uma das pistas partindo da Rua Silvio Pinto Ribeiro à direita, encontrando a Rua Fernando Pradi, até a Rua João Palma Moreira, seguindo à esquerda até o dispositivo interseção da Alameda Arpo com a Rua João Zarpelon. Tal implantação pode ser vista como boa solução para melhoramento do fluxo de veículos atual. Desta forma, considera-se importante a realização de estudos e projetos que possam consolidar o entendimento do presente relatório de forma complementar às medidas iniciais sugeridas.

Ao longo desta mesma reunião, ao avaliarmos um mapa do município em grande escala, a equipe técnica da prefeitura reportou a existência de uma área reservada para a implantação de eixo viário estrutural, denominado Eixo Leste-Oeste (Figura 6-1), ocupando área

pertencente à União, denominada faixa de domínio da Extinta RFFSA. O pretendido eixo, como demonstrado na figura a seguir, realizaria a ligação viária cortando toda a porção nordeste da região do aeroporto, formando a principal ligação entre a Rua Constante Moro Sobrinho e a região nordeste do município.

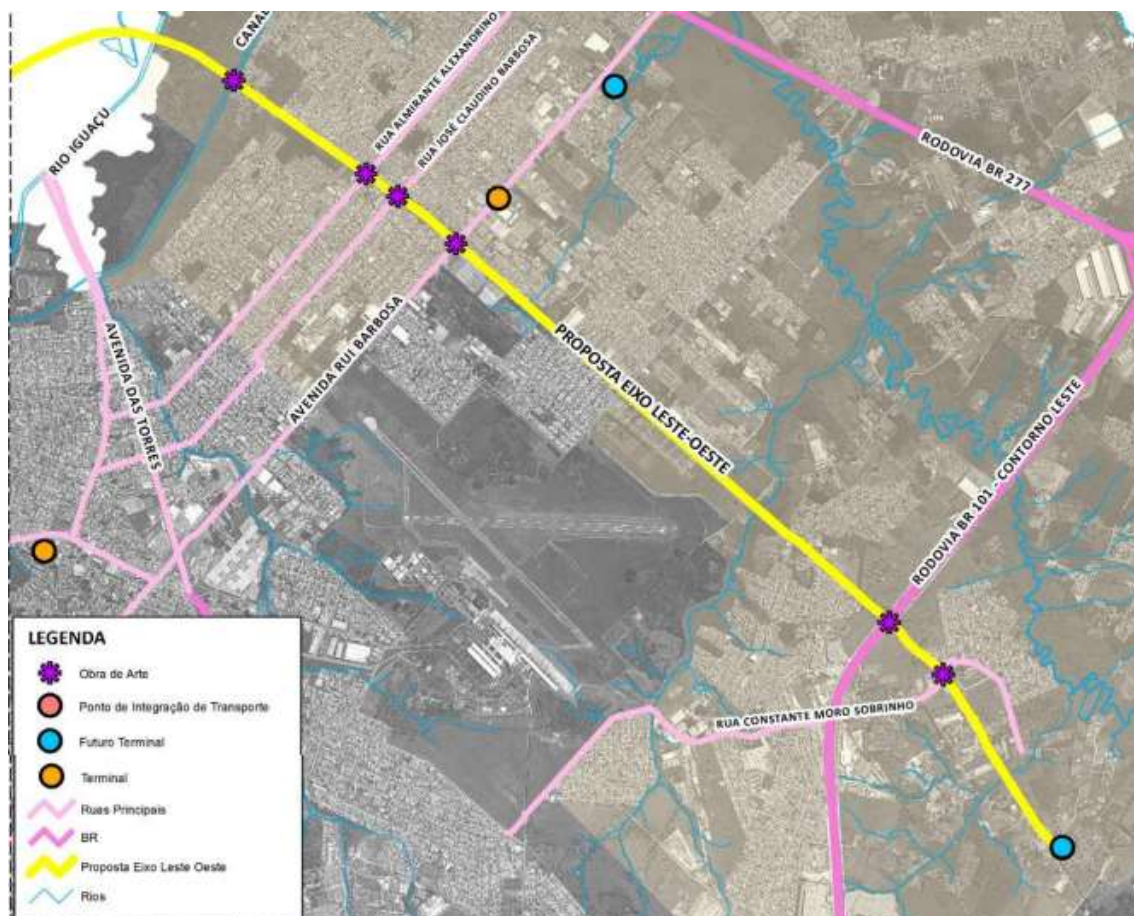


Figura 6-1. Eixo Leste-Oeste

Como dito anteriormente, os estudos para a implantação da Nova PPD do Aeroporto Afonso Pena consideraram que todo o tráfego de veículos passaria a percorrer a rota alternativa buscando a Rua Silvio Pinto Ribeiro e, posteriormente, a Alameda Arpo. A implantação desta nova via (eixo Leste-Oeste), além de alterar toda a dinâmica de tráfego da região, de forma muito benéfica, traria, com certeza, redução da demanda à Alameda Arpo nas viagens de média e longa distância.

Entende-se, portanto, que o fomento à viabilização do Eixo Leste-Oeste junto aos órgãos pertinentes, seria uma oportunidade para solução de muitos dos problemas já existentes no sistema viário da região.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TRB Highway Capacity Manual 2010 – HCM 2010. Transportation Research Board. Washington, D.C.

DNIT Manual de Estudos de Tráfego: IPR-723. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006.

CAMPOS, V. B. G. e MELO, B. P. Relacionando a Ocupação Urbana com o Sistema Viário para o Desenvolvimento Sustentável. Anais do XIII Congresso Latinoamericano de Transporte Público y Urbano, Lima, Peru, 2005

DENATRAN. Manual de Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume I Sinalização Vertical de Regulamentação. Departamento Nacional de Trânsito. 1. ed. Brasília, 1984.

DENATRAN. Manual de Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume II Sinalização Vertical de Advertência. Departamento Nacional de Trânsito. 1. ed. Brasília, 2007.

DER-SP. MANUAL DE SINALIZAÇÃO RODOVIÁRIA, VOLUME III, OBRAS, SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO E EMERGÊNCIA. Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo. 2 ed. São Paulo, 2006.

CARDOSO, CARLOS EDUARDO PAIVA, Modelos Tradicionais – Transporte e Tráfego. Sítio Eletrônico Sinal de Trânsito (www.sinaldetransito.com.br).

ORTÚZAR, J. DE D.; WILLUNSEN, L. G. Modelling Transport. John Wiley & Sons, Chichester, 1994, 2001.

8 ANEXOS

ANEXO I - Metodologia e equipamentos utilizados para caracterizar o fluxo nas interseções

ANEXO II – Relatório consolidado de Microssimulação

ANEXO III - Estudo de Desvio Viário – CCR Aeroportos

ANEXO IV – Caderno de Perguntas e Respostas (ao documento encaminhado pela Secretaria Municipal de Transportes e Trânsito)

ANEXO I –METODOLOGIA E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA CARACTERIZAR O FLUXO NAS INTERSEÇÕES

1.1 METODOLOGIA E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA CARACTERIZAR O FLUXO NAS INTERSEÇÕES

Para a coleta das oito horas de imagens nas pesquisas de caracterização de fluxo nas intersecções utiliza-se uma câmera de vídeo digital com lente de alta angulação com as seguintes características:

- Sensor de 5 megapixel;
- Cartão de memória micro SD de 64Gb ou 128Gb;
- Ângulo de visão de até 120°;
- Imagem de 720p em 30 quadros por segundo;
- Proteção IP67;
- Bateria com autonomia de 48 horas;
- Pode operar com bateria ou ligado à rede elétrica comercial.

As atividades exercidas para realização da caracterização de fluxos em intersecções são divididas em duas etapas:

- A primeira etapa é realizada em campo onde são efetivadas as tarefas de calibração da câmera de vídeo, coleta de dados e transmissão de dados.
- A segunda etapa é realizada em escritório, onde são feitas a recepção dos dados, processamento dos fluxos e classificação dos veículos.

1.1.1 ATIVIDADES DE CAMPO

Para instalação da câmera de vídeo, o técnico de campo realiza as seguintes verificações:

- Conferir com o GPS se o local de instalação está de acordo com as coordenadas informadas na planilha de ordem de serviço;
- Localizar um ponto adequado para instalação da câmera de vídeo, onde se tenha uma visão completa de toda a intersecção;
- Instalar a câmera de vídeo no posto;
- Programar o horário de início da gravação e horário de término da gravação;
- Tirar foto do local de instalação.

A câmera de vídeo deve ser instalada de forma que se consiga ter uma visão completa de todos os movimentos da intersecção. Para isto é recomendado que a instalação da câmera de vídeo seja realizada em um poste, a uma altura mínima de quatro metros.

Finalizada a calibração, é feita a programação do timer de gerenciamento da câmera de vídeo informando a hora em que a câmera de vídeo deve iniciar a filmar durante 24 horas contínuas incluindo o horário de maior volume de tráfego.



Figura 1 - Instalação de câmera de contagem de fluxo em intersecção – Imagem Ilustrativa
Fonte: DBA Tecnologia

1.2 PROCESSAMENTO DE DADOS

Os dados de campo são transferidos para o servidor de imagens onde são conferidos a qualidade das imagens, a hora de início e de término de filmagem e o tempo de aquisição.

A contagem dos fluxos e classificação dos veículos é realizada em três etapas, descritas a seguir.

A primeira etapa consiste em criar máscaras de aproximação e afastamento de cada movimento. Conforme apresentado na Figura , estas máscaras são nomeadas com letras e servem para que o software interprete de onde originou e qual o destino de cada veículo que passa ao longo do vídeo. Cada sequência de letra, com o nome de uma máscara de origem e uma

máscara de destino, é relacionado a um número de 0 até 8 no caso de intersecção com três aproximações e de 0 a 15 em intersecções com quatro aproximações.



Figura 2 - Máscaras com identificações de origem e destino
Fonte: DBA Tecnologia

Na segunda etapa o operador inicia o processamento do vídeo. Na medida em que cada veículo passa, o operador clica com o cursor em cima da máscara de onde surgiu o veículo e acompanha com o cursor o veículo até a máscara de destino. Ao soltar o cursor o software grava duas imagens com uma linha em azul indicando o caminho que o veículo percorreu e relaciona estas imagens com as letras correspondentes das duas máscaras por onde o cursor iniciou o rastreamento até o ponto onde o rastreamento é finalizado. O processamento pode ser acelerado ou retardado dependendo da quantidade de movimento.

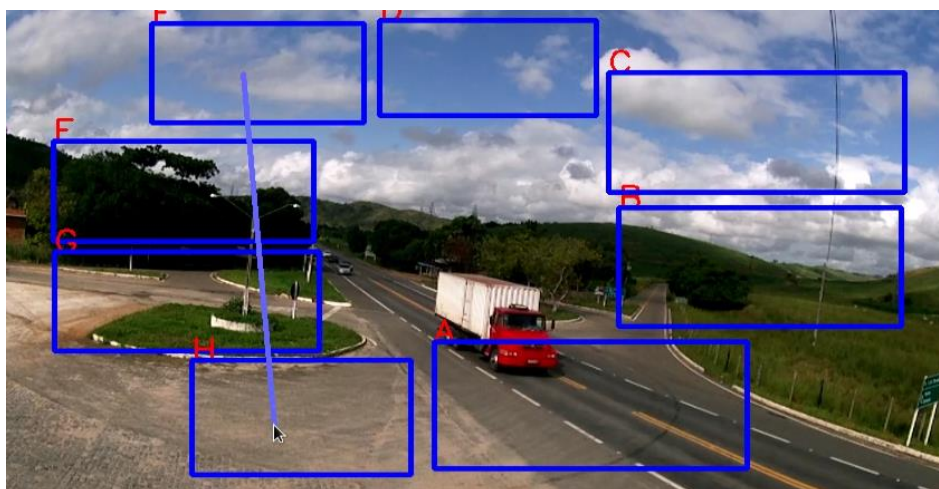


Figura 3 - Captura da imagem e definição de fluxo.
Fonte: DBA Tecnologia

Na terceira etapa, inicia-se a classificação dos veículos. Os arquivos com as imagens retiradas da etapa anterior são carregados no software de classificação de eixos.

Ao carregar cada imagem o operador seleciona a classe correspondente ao veículo.

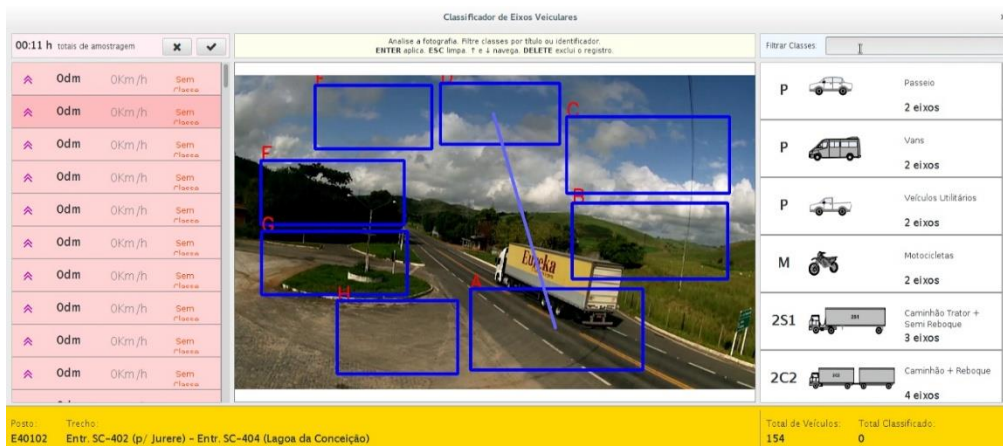


Figura 4 - Software de classificação de veículo.

Fonte: DBA Tecnologia

O software de classificação de veículos gera um arquivo de cada evento com as seguintes informações:

- O número correspondente ao movimento em que o veículo executou;
- A data e a hora do evento;
- O nome do arquivo com a foto relacionada ao evento e
- A classe do veículo com a nomenclatura de categorias utilizadas pelo DNIT.

O software de classificação de eixos de veículos gera um arquivo a partir do qual se extrai o relatório com os dados de cada movimento separados por data, classes de cada veículo, estratificados por intervalos de 15 minutos.

ANEXO II - RELATÓRIO CONSOLIDADO DE MICROSIMULAÇÃO



PGT

Planejamento, Projetos
e Gestão de Tráfego
e Transporte

MICROSSIMULAÇÃO DE TRÁFEGO

ANÁLISE DO FECHAMENTO DA RUA CONST. MORO SOBRINHO

Figuras

Figura 1: Pontos de Estudo	8
Figura 2: Ponto 1 - Alameda Arpo x Rua Curitiba	8
Figura 3: Ponto 2 - Alameda Arpo x Rua Antônio Moro	9
Figura 4: Ponto 3 - Alameda Arpo x Rua São Salvador	9
Figura 5: Ponto 4 - Alameda Arpo x Rua João Zarpelon	10
Figura 6: Ponto 5 - Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro.....	10
Figura 7: Ponto 6 - Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo.....	11
Figura 8: Comportamento do tráfego ao longo do período de pesquisa	15
Figura 9: Percentual de veículos por ponto de pesquisa	16
Figura 10: Divisão Modal de toda a pesquisa.....	17
Figura 11: Resultado de análise do GEH na área de estudo	24
Figura 12: Indicador de Nível de Serviço.....	26
Figura 13: Indicador de Fluxo Simulado (Volume/Capacidade)	27
Figura 14: Nível de Serviço na Alameda Arpo x Rua Curitiba – Cenário Atual	27
Figura 15: Nível de Serviço na Alameda Arpo x Rua Antônio Moro – Cenário Atual	27
Figura 16: Nível de Serviço na Alameda Arpo x Rua São Salvador – Cenário Atual	28
Figura 17: Nível de Serviço na Alameda Arpo x Rua João Zarpelon – Cenário Atual.....	28
Figura 18: Nível de Serviço na Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro – Cenário Atual.....	28
Figura 19: Nível de Serviço na Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo – Cenário Atual	28
Figura 20: Fluxo Simulado na Alameda Arpo x Rua Curitiba – Cenário Atual.....	29
Figura 21: Fluxo Simulado na Alameda Arpo x Rua Antônio Moro – Cenário Atual.....	29
Figura 22: Fluxo Simulado na Alameda Arpo x Rua São Salvador – Cenário Atual.....	29
Figura 23: Fluxo Simulado na Alameda Arpo x Rua João Zarpelon – Cenário Atual	29
Figura 24: Fluxo Simulado na Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro – Cenário Atual.....	30
Figura 25: Fluxo Simulado na Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo – Cenário Atual.....	30
Figura 26: Nível de Serviço na Alameda Arpo x Rua Curitiba – Cenário Futuro	31
Figura 27: Nível de Serviço na Alameda Arpo x Rua Antônio Moro – Cenário Futuro	31
Figura 28: Nível de Serviço na Alameda Arpo x Rua São Salvador – Cenário Futuro	31
Figura 29: Nível de Serviço na Alameda Arpo x Rua João Zarpelon – Cenário Futuro.....	31
Figura 30: Nível de Serviço na Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro – Cenário Futuro	31
Figura 31: Nível de Serviço na Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo – Cenário Futuro	31
Figura 32: Fluxo Simulado na Alameda Arpo x Rua Curitiba – Cenário Futuro.....	32
Figura 33: Fluxo Simulado na Alameda Arpo x Rua Antônio Moro – Cenário Futuro.....	32
Figura 34: Fluxo Simulado na Alameda Arpo x Rua São Salvador – Cenário Futuro	32
Figura 35: Fluxo Simulado na Alameda Arpo x Rua João Zarpelon – Cenário Futuro	32
Figura 36: Fluxo Simulado na Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro – Cenário Futuro.....	33
Figura 37: Fluxo Simulado na Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo – Cenário Futuro.....	33

Figura 38: Nível de Serviço na Alameda Arpo x Rua Curitiba – Cenário Futuro com Proposta	34
Figura 39: Nível de Serviço na Alameda Arpo x Rua Antônio Moro – Cenário Futuro com Proposta	34
Figura 40: Nível de Serviço na Alameda Arpo x Rua São Salvador – Cenário Futuro com Proposta	34
Figura 41: Nível de Serviço na Alameda Arpo x Rua João Zarpelon – Cenário Futuro com Proposta.....	34
Figura 42: Nível de Serviço na Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro – Cenário Futuro com Proposta ...	34
Figura 43: Nível de Serviço na Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo – Cenário Futuro com Proposta	34
Figura 44: Fluxo Simulado na Alameda Arpo x Rua Curitiba – Cenário Futuro com Proposta.....	35
Figura 45: Fluxo Simulado na Alameda Arpo x Rua Antônio Moro – Cenário Futuro com Proposta.....	35
Figura 46: Fluxo Simulado na Alameda Arpo x Rua São Salvador – Cenário Futuro com Proposta	35
Figura 47: Fluxo Simulado na Alameda Arpo x Rua João Zarpelon – Cenário Futuro com Proposta	35
Figura 48: Fluxo Simulado na Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro – Cenário Futuro com Proposta.....	36
Figura 49: Fluxo Simulado na Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo – Cenário Futuro com Proposta	36
Figura 50: Programação Semafórica Proposta	37

Tabelas

Tabela 1: Endereços dos Pontos de Estudo	7
Tabela 2: Volumes de veículos nos pontos de estudo em UCP por intervalos horários	14
Tabela 3: Grupos semafóricos propostos.....	36
Tabela 4: Indicadores de Desempenho dos Cenários Simulados	38

SUMÁRIO

1.	APRESENTAÇÃO	5
2.	INTRODUÇÃO	6
3.	ÁREA DE ESTUDO	7
4.	CONTAGEM CLASSIFICADAS VOLUMÉTRICAS – CCV	12
4.1.	METODOLOGIA	12
4.2.	VOLUMES DE TRÁFEGO E HORA-PICO.....	13
4.3.	DIVISÃO MODAL.....	16
5.	DEMANDA FUTURA	18
6.	MICROSSIMULAÇÃO DE TRÁFEGO.....	19
6.1.	MODELAGEM DA REDE	20
6.2.	NÍVEL DE SERVIÇO	21
6.3.	ANÁLISE DA CIRCULAÇÃO NA SITUAÇÃO ATUAL.....	22
6.4.	CALIBRAÇÃO DA REDE.....	23
7.	RESULTADOS.....	25
7.1.	INDICADORES	25
7.2.	SITUAÇÃO ATUAL.....	27
7.3.	SITUAÇÃO FUTURA.....	30
7.4.	SITUAÇÃO FUTURA COM PROPOSTA	33
8.	INDICADORES DE DESEMPENHO.....	38
9.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40

**PGT**Planejamento, Projetos
e Gestão de Tráfego
e Transporte

1. APRESENTAÇÃO

Este documento apresenta um estudo de tráfego sobre o fechamento da Rua Const. Moro Sobrinho, localizada no município de São José dos Pinhais/PR. O objetivo principal deste estudo é avaliar o cenário atual do tráfego na área de estudo e propor medidas de melhoria na circulação. Foram utilizadas técnicas de microssimulação de tráfego para modelar o comportamento dos veículos ao longo da via em estudo.



2. INTRODUÇÃO

A expansão e modernização de infraestruturas aeroportuárias são iniciativas cruciais para atender à crescente demanda por transporte aéreo, impulsionando o desenvolvimento econômico e fortalecendo a conectividade regional e global. No entanto, tais empreendimentos enfrentam desafios, especialmente quando se trata de integrar novas instalações em áreas urbanas consolidadas.

Devido à necessidade de aumento da capacidade de voos no Aeroporto Internacional Afonso Pena, em São José dos Pinhais, elaborou-se um projeto para a implantação de uma terceira pista de pouso e decolagem. Esta iniciativa, alinhada com o plano diretor da cidade e o plano estadual de melhorias na infraestrutura, remonta a um período anterior à privatização das operações do aeroporto, atualmente sob concessão da CCR Aeroportos.

O projeto da terceira pista segue uma diretriz estabelecida há anos e prevê o aproveitamento de espaço previamente preservado para essa finalidade, conforme o plano diretor municipal. No entanto, um aspecto relevante a ser considerado é a sobreposição da nova pista com uma via de ligação entre dois bairros adjacentes ao aeroporto: a Rua Const. Moro Sobrinho. Essa interseção entre a expansão aeroportuária e a infraestrutura viária urbana suscita questões complexas relacionadas ao tráfego, mobilidade e impacto na qualidade de vida dos residentes locais.

Diante desse cenário, torna-se substancial a realização de microsimulação de tráfego para avaliar os efeitos potenciais da implantação da terceira pista sobre a circulação viária na Rua Const. Moro Sobrinho e áreas circundantes. Este estudo visa não apenas quantificar os impactos, mas também identificar soluções mitigatórias e estratégias de gestão do tráfego que possam garantir uma integração harmoniosa entre a expansão do aeroporto e o funcionamento eficiente da malha viária urbana.

Neste contexto, este trabalho propõe-se a investigar os desafios e oportunidades associados à sobreposição da terceira pista do Aeroporto Internacional Afonso Pena com a Rua Const. Moro Sobrinho, visando contribuir para o planejamento urbano sustentável e a melhoria da qualidade de vida na região.

3. ÁREA DE ESTUDO

Este capítulo apresenta a área de estudo, que abrange os locais onde foram realizadas as Contagens Classificadas Volumétricas (CCV) de tráfego. Essas contagens desempenham um papel fundamental na compreensão do fluxo de veículos na região afetada pela implantação da terceira pista de pouso e decolagem no Aeroporto Internacional Afonso Pena, em São José dos Pinhais.

Os locais de Contagens Classificadas Volumétricas foram selecionados estrategicamente para abranger áreas-chave dentro da área de estudo. Estes pontos foram escolhidos com base em critérios como representatividade do tráfego e acesso à infraestrutura viária. A Tabela 1, a seguir, apresenta os endereços dos pontos de estudo.

Tabela 1: Endereços dos Pontos de Estudo

Ponto	Endereço
1	Alameda Arpo x Rua Curitiba
2	Alameda Arpo x Rua Antônio Moro
3	Alameda Arpo x Rua São Salvador
4	Alameda Arpo x Rua João Zarpelon
5	Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro
6	Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo

As figuras seguintes apresentam os locais estudados.



Figura 1: Pontos de Estudo



Figura 2: Ponto 1 - Alameda Arpo x Rua Curitiba



Figura 3: Ponto 2 - Alameda Arpo x Rua Antônio Moro

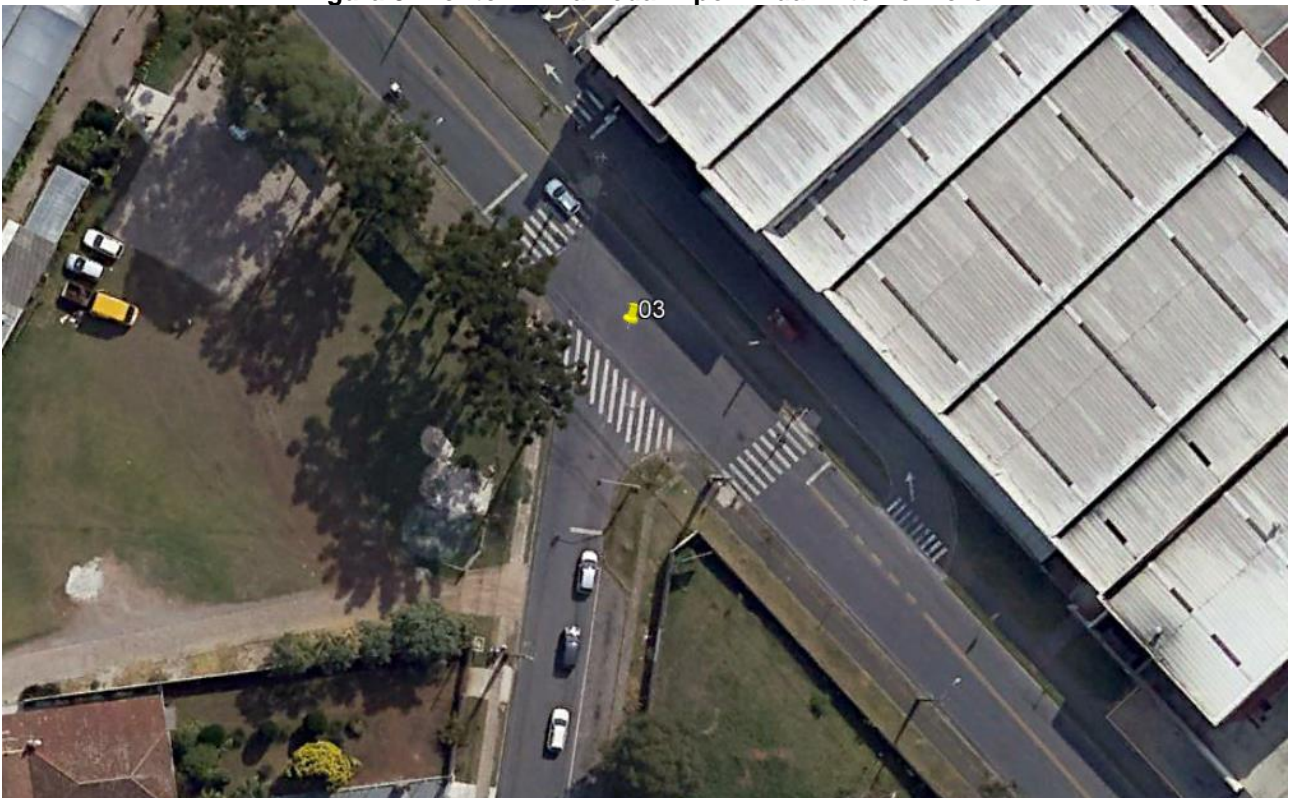


Figura 4: Ponto 3 - Alameda Arpo x Rua São Salvador

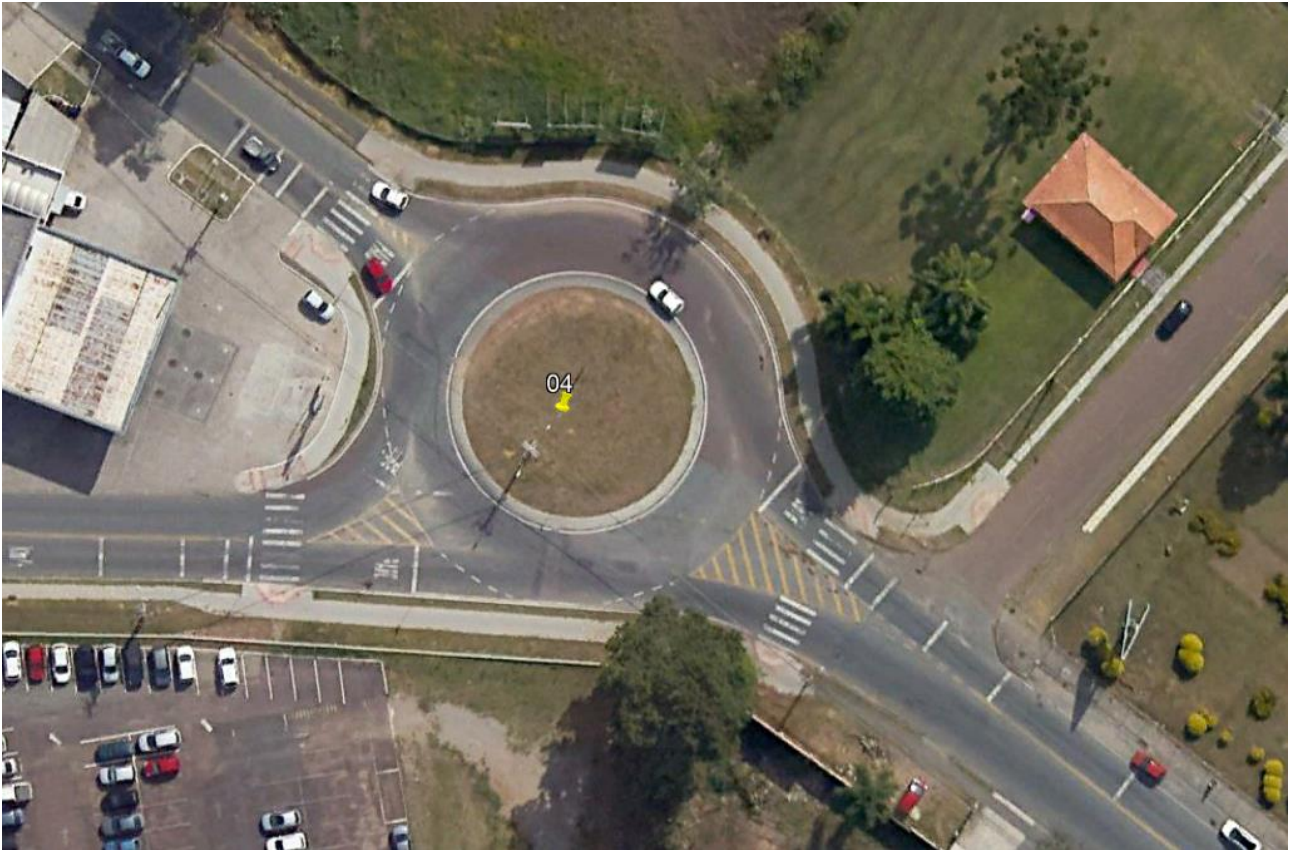


Figura 5: Ponto 4 - Alameda Arpo x Rua João Zarpelon

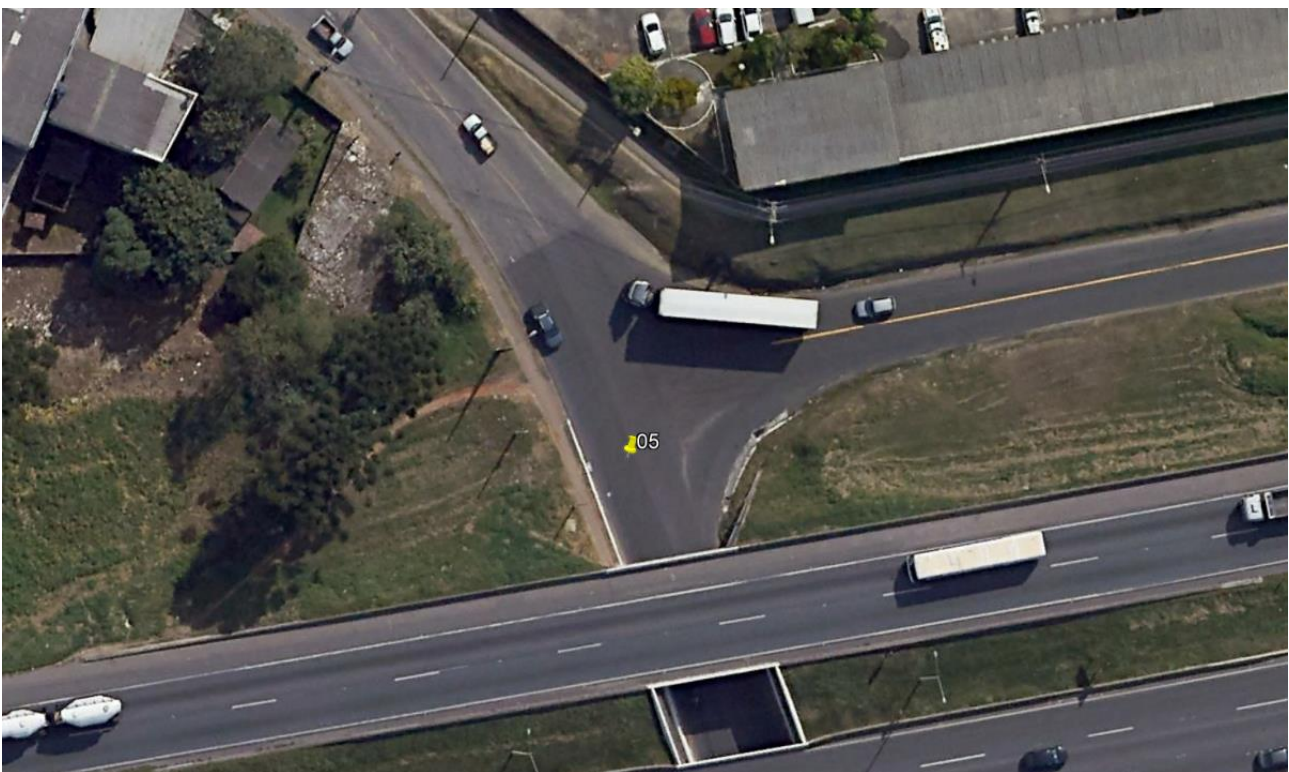


Figura 6: Ponto 5 - Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro

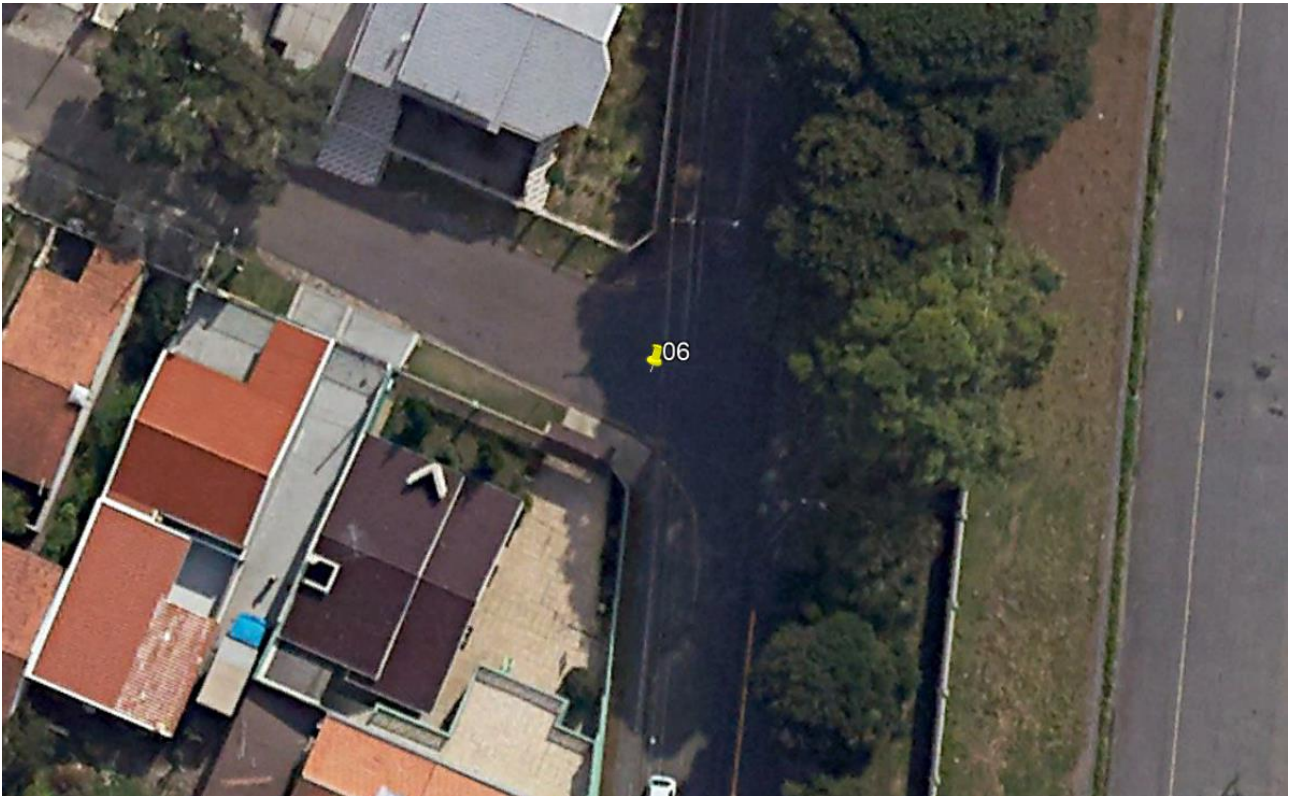


Figura 7: Ponto 6 - Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo

4. CONTAGEM CLASSIFICADAS VOLUMÉTRICAS – CCV

A Contagem Classificada Volumétrica é um método utilizado para coletar dados sobre o tráfego de veículos em uma determinada via, rodovia ou interseção. Esse tipo de contagem permite não apenas determinar o volume total de veículos que passam por um ponto específico, mas também classificar esses veículos de acordo com diferentes categorias, como tipo (carros de passeio, ônibus, caminhões), direção, velocidade, entre outros parâmetros.

Os principais aspectos avaliados a partir da contagem classificada volumétrica são:

- **Volume de Tráfego:** A contagem volumétrica fornece informações sobre a quantidade total de veículos que passam por um determinado ponto em um período específico. Com isso, é possível entender a demanda de tráfego em uma determinada via e auxiliar no planejamento e gerenciamento do sistema viário.
- **Classificação de Veículos:** Além de contar o número total de veículos, a contagem classificada identifica e categoriza os veículos de acordo com diferentes tipos, como carros de passeio, caminhões, ônibus, motocicletas etc. Essa classificação é importante para entender a composição do tráfego e suas características específicas.
- **Horários e Padrões de Tráfego:** A contagem classificada pode ser realizada em diferentes momentos do dia e da semana para capturar variações nos padrões de tráfego ao longo do tempo. Isso ajuda a identificar períodos de pico de tráfego, variações sazonais e tendências de longo prazo.

4.1. METODOLOGIA

As pesquisas de contagens volumétricas veiculares são a base para a realização de estudos e análises detalhadas com a finalidade de se estimar qualitativamente e quantitativamente a magnitude do tráfego durante uma hora, um dia ou ao longo de vários anos. A contagem volumétrica e classificatória foi realizada no dia 13/03/2024,

compreendendo os intervalos das 07h às 10h, das 12h às 14h e das 17h às 20h, permitindo verificar os horários de pico da manhã, almoço e tarde da região.

A partir da Contagem Classificada de Veículos será possível identificar os horários de pico nos pontos analisados, fornecendo subsídios para as avaliações dos cenários que serão apresentados em etapas subsequentes. A contabilização do fluxo foi dividida em intervalos de 15 minutos. Essa abordagem possibilita a determinação do "Fator Horário de Pico" (FHP), descrito na Equação 1, o qual avalia a uniformidade do fluxo, sendo aplicado nos estudos de capacidade das vias.

$$FHP = VHP \div V15máx$$

Equação 1: Fórmula FHP

- FHP = Fator Hora Pico
- VHP = Volume na Hora Pico
- V15máx = Volume dos 15 minutos consecutivos de maior volume dentro da Hora Pico

Dado que a rede de tráfego comporta uma variedade de veículos em seu fluxo, adotou-se a Unidade Veicular Padrão (UVP), em conformidade com o Manual de Semáforos do Denatran, para uniformizar o tráfego em um único modelo de veículo. Os coeficientes de conversão adotados foram os seguintes:

- Motocicleta = 0,33 UVP
- Automóvel = 1,0 UVP
- Ônibus = 2,0 UVP
- Caminhão = 2,0 UVP

4.2. VOLUMES DE TRÁFEGO E HORA-PICO

No contexto da análise das seis interseções, foi identificado o pico de tráfego no período tarde. A identificação desse pico foi realizada com base na avaliação do volume UCP das interseções da Alameda Arpo, considerando intervalos de 15 minutos ao longo do período

analisado. Verificou-se que o pico horário ocorre no período de 17h30min às 18h30min, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Volumes de veículos nos pontos de estudo em UCP por intervalos horários

H. Inicial	H. Final	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
07:00:00	07:59:59	1.902	1.928	1.735	3.740	1.859	604	11.768
07:15:00	08:14:59	1.994	1.992	1.731	3.908	1.965	640	12.230
07:30:00	08:29:59	1.953	1.884	1.617	3.800	1.895	617	11.766
07:45:00	08:44:59	1.794	1.664	1.476	3.510	1.736	533	10.713
08:00:00	08:59:59	1.592	1.452	1.369	3.229	1.541	456	9.639
08:15:00	09:14:59	1.512	1.340	1.312	2.970	1.366	377	8.877
08:30:00	09:29:59	1.459	1.310	1.277	2.863	1.293	337	8.539
08:45:00	09:44:59	1.468	1.272	1.262	2.795	1.233	329	8.358
09:00:00	09:59:59	1.478	1.251	1.256	2.781	1.215	319	8.300
09:15:00	10:14:59	1.115	936	935	2.080	903	239	6.208
09:30:00	10:29:59	763	615	612	1.366	605	161	4.122
09:45:00	10:44:59	377	320	313	692	316	81	2.099
12:00:00	12:59:59	1.603	1.447	1.359	3.253	1.563	445	9.669
12:15:00	13:14:59	1.673	1.594	1.470	3.439	1.600	469	10.244
12:30:00	13:29:59	1.723	1.688	1.553	3.515	1.607	431	10.517
12:45:00	13:44:59	1.711	1.688	1.587	3.469	1.580	416	10.451
13:00:00	13:59:59	1.687	1.659	1.605	3.335	1.530	404	10.220
13:15:00	14:14:59	1.252	1.195	1.184	2.396	1.100	279	7.406
13:30:00	14:29:59	851	756	784	1.620	721	200	4.931
13:45:00	14:44:59	450	385	391	814	357	106	2.503
17:00:00	17:59:59	1.938	1.637	1.693	3.756	1.801	557	11.381
17:15:00	18:14:59	2.115	1.794	1.792	4.150	2.049	663	12.563
17:30:00	18:29:59	2.174	1.845	1.768	4.428	2.297	683	13.195
17:45:00	18:44:59	2.133	1.874	1.782	4.393	2.270	661	13.112

H. Inicial	H. Final	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
18:00:00	18:59:59	2.011	1.816	1.727	4.165	2.165	631	12.515
18:15:00	19:14:59	1.891	1.675	1.617	3.813	1.966	551	11.513
18:30:00	19:29:59	1.761	1.491	1.490	3.284	1.629	501	10.156
18:45:00	19:44:59	1.625	1.355	1.344	2.897	1.424	442	9.086
19:00:00	19:59:59	1.549	1.274	1.267	2.557	1.251	377	8.275

A Figura 8 apresenta o comportamento do tráfego ao longo do período de pesquisa.

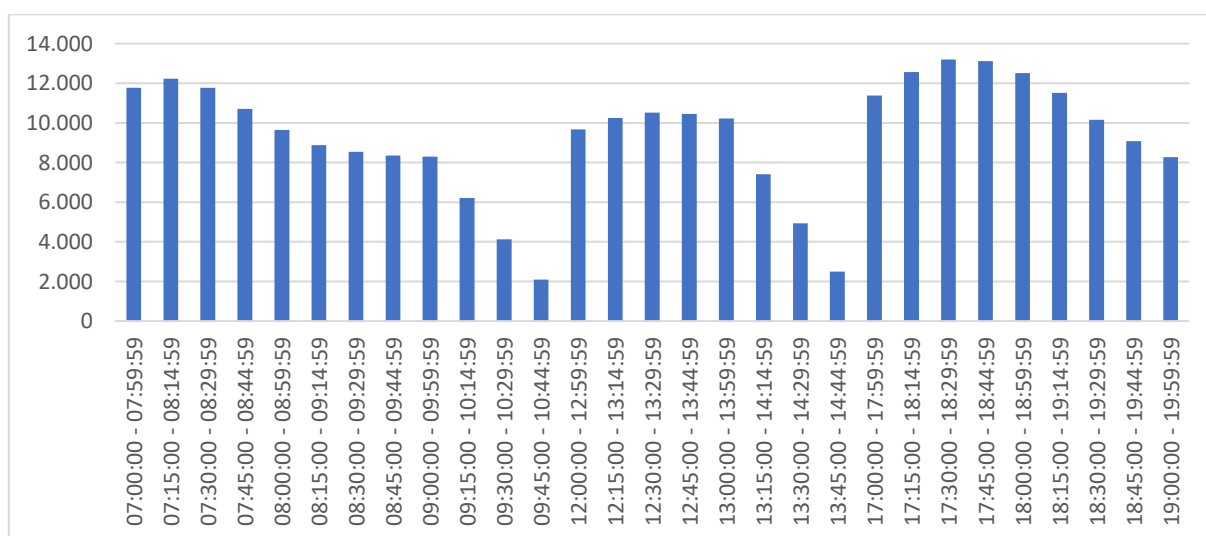


Figura 8: Comportamento do tráfego ao longo do período de pesquisa

Verifica-se que os picos horários ocorrem no período da tarde entre 17h30min e 18h29min, no período da manhã entre 07h15min e 08h15min e no pico do almoço entre 12h30min e 13h29min.

A Figura 9 apresenta o percentual de veículos por ponto ao longo de toda a pesquisa.

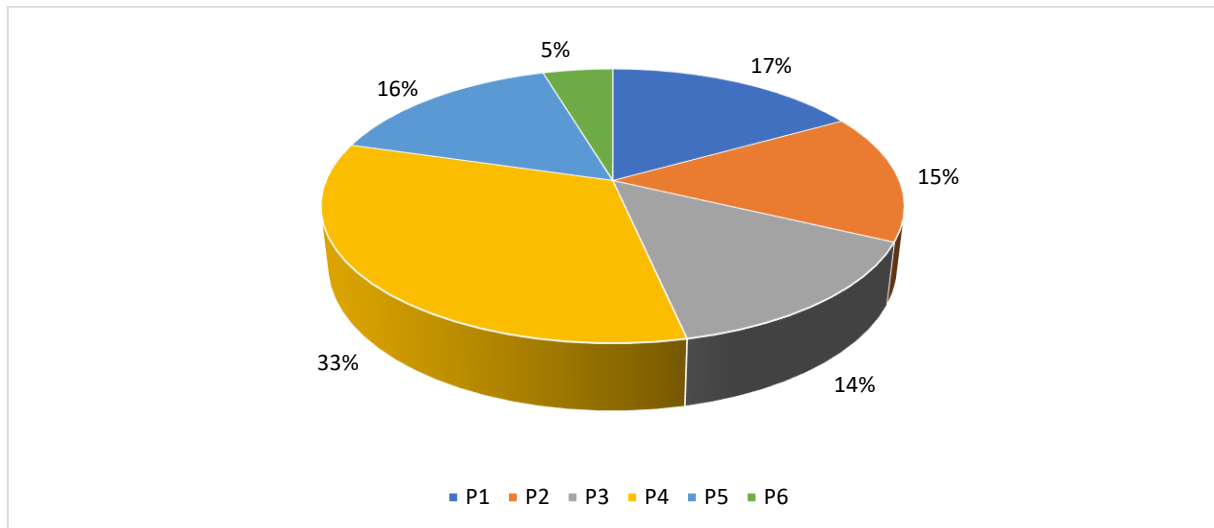


Figura 9: Percentual de veículos por ponto de pesquisa

4.3. DIVISÃO MODAL

A divisão modal refere-se à distribuição percentual do volume de viagens entre os diferentes modos de transporte disponíveis, como carro, moto, ônibus e caminhão. Esta análise é fundamental para compreender os padrões de mobilidade da população local e para identificar oportunidades de melhoria na infraestrutura de transporte.

A Figura 10 a seguir, apresenta a divisão modal dos veículos contados ao longo de todo o período de pesquisa.

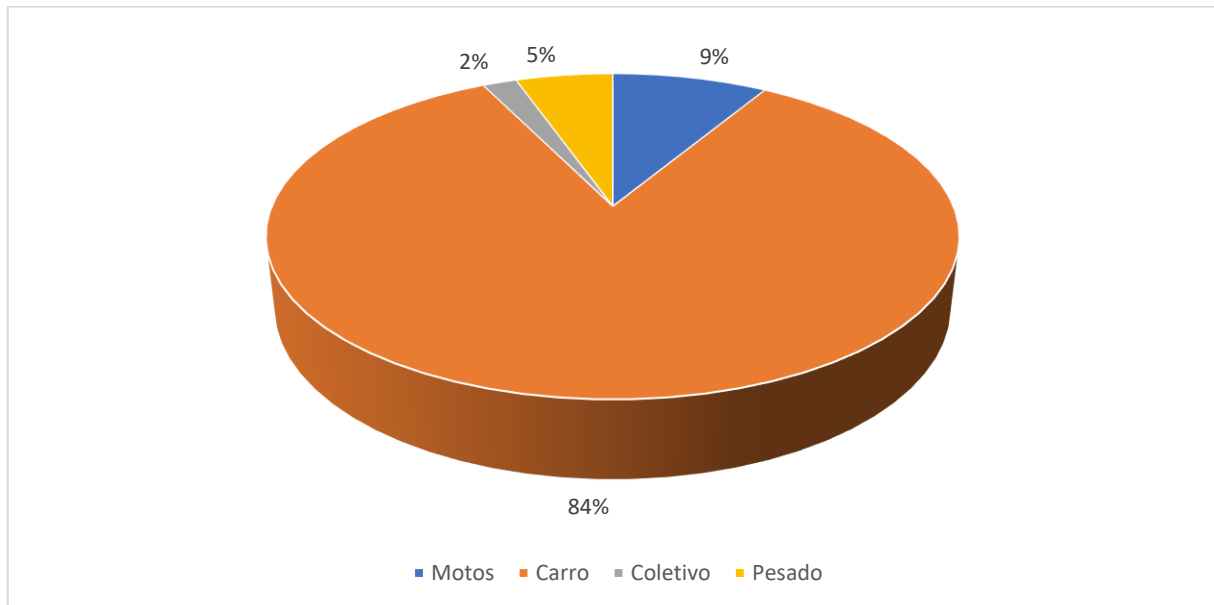


Figura 10: Divisão Modal de toda a pesquisa

É possível verificar que os carros apresentam o maior percentual de veículos, correspondendo à 84% dos veículos contabilizados, seguido de motos, que equivalem a 9% do total de veículos e de pesados e coletivos, que correspondem respectivamente a 5% e 2%, do volume total de veículos.

**PGT**Planejamento, Projetos
e Gestão de Tráfego
e Transporte

5. DEMANDA FUTURA

Foram examinados o cenário atual, que corresponde ao tráfego de veículos cujo volume foi estimado com base nas pesquisas realizadas no ano de 2024, e o cenário futuro, que representa a perspectiva do tráfego após a implantação do empreendimento que irá fechar a Rua Constante Moro Sobrinho.

6. MICROSIMULAÇÃO DE TRÁFEGO

A microssimulação de tráfego é uma técnica de modelagem altamente especializada que se destina a criar modelos detalhados para analisar o comportamento individual dos motoristas em ambientes rodoviários específicos. Essa abordagem transcende as análises convencionais de tráfego, aprofundando-se nas complexidades das interações entre veículos e condutores. Ela leva em consideração uma ampla gama de fatores, como velocidade, aceleração, desaceleração, escolhas de rotas e respostas a eventos inesperados, como congestionamentos e variações nas condições de tráfego.

Uma característica distintiva da microssimulação de tráfego é sua capacidade de funcionar eficazmente em cenários de tráfego congestionado, onde o comportamento dos motoristas é particularmente imprevisível. Isso é possível graças à incorporação detalhada de elementos específicos, como geometria da via, inclinação da estrada e curvaturas, todos os quais exercem um impacto significativo nas decisões dos motoristas. Além disso, a microssimulação modela minuciosamente as escolhas de rota dos motoristas, frequentemente baseadas na minimização de custos ou tempo de viagem, refletindo a intrincada interação de fatores que influenciam essas decisões.

No contexto do planejamento urbano, a microssimulação de tráfego emerge como uma ferramenta inestimável. Ela permite que os planejadores simulem o tráfego em diversas condições, desde o fluxo suave até o congestionamento, fornecendo análises confiáveis que podem ser utilizadas para avaliar soluções propostas. Assim, as autoridades podem obter uma visão detalhada de como o tráfego se comportaria em uma área específica após a implementação de mudanças no sistema viário, como novas rotas, semáforos, rampas de acesso ou redirecionamento de tráfego. Essas simulações ajudam a identificar gargalos e problemas potenciais, possibilitando a otimização das soluções propostas.

Outra vantagem notável da microssimulação reside na capacidade de comparar diferentes cenários. Isso significa que os tomadores de decisões no processo de planejamento urbano podem explorar várias alternativas antes de tomar decisões estratégicas. Essa abordagem proporciona uma visão abrangente das implicações de cada cenário, permitindo a tomada de decisões informadas sobre investimentos em infraestrutura e desenvolvimento urbano.

Em resumo, a microssimulação de tráfego oferece uma abordagem dinâmica e estatística para aprimorar projetos e propostas relacionados ao tráfego. Ela mergulha profundamente no comportamento individual dos motoristas, considerando uma ampla variedade de variáveis e fornecendo uma ferramenta poderosa para planejadores urbanos e engenheiros de tráfego, permitindo uma análise detalhada e precisa do sistema viário e do comportamento do tráfego em áreas urbanas complexas.

6.1. MODELAGEM DA REDE

A modelagem da rede viária tem por objetivo a elaboração de uma representação altamente precisa das características físicas e operacionais do sistema viário urbano. Para alcançar esse propósito, um procedimento sistemático é seguido. Inicialmente, são empregadas ferramentas de geolocalização, como o *Google Earth* e o *Google Street View*, com o intuito de obter informações iniciais do ambiente urbano. Dentre os aspectos observados, destacam-se o layout do tráfego, a geometria das vias, a identificação de elementos de infraestrutura viária e detalhes relacionados às redes de transporte público. Os dados obtidos nas fases anteriores são então utilizados para criar uma rede de simulação. Essa rede incorpora todos os elementos considerados relevantes para a realização de microssimulações da área estudada. Adicionalmente, informações sobre o sistema de transporte público, tais como horários, itinerários e outras características. Essa abordagem metódica permite a obtenção de uma representação altamente precisa e detalhada do sistema viário urbano, sendo fundamental para análises, planejamento e simulações que visam a melhoria da mobilidade urbana na cidade.

Os modelos de microssimulação empregados neste contexto consideram uma ampla gama de parâmetros, englobando o comportamento dos condutores e as características dos veículos, possibilitando uma abordagem dinâmica para a avaliação de congestionamentos e seu impacto nas regiões interconectadas. Adicionalmente, a modelagem do tráfego leva em consideração as preferências dos veículos no que diz respeito à escolha das rotas mais adequadas, promovendo, assim, uma análise responsiva e dinâmica do fluxo de tráfego.

Quanto à modelagem do comportamento do tráfego, o *software* utilizado foi o *Aimsun Next*, na versão 8.4.3, desenvolvido pela empresa Aimsun, que faz parte do grupo Siemens. A análise de impacto consiste em avaliar o tráfego no horário de pico do sistema, com o objetivo de compreender a demanda máxima imposta ao sistema viário. O volume de

tráfego é realocado considerando o impacto do fechamento da rua, possibilitando uma análise prospectiva do seu impacto potencial. A capacidade de tráfego de uma interseção ou segmento viário é definida como o número máximo de veículos que podem atravessá-la durante um período específico, permitindo, dessa forma, a avaliação da eficiência e fluidez do tráfego na área em estudo.

6.2. NÍVEL DE SERVIÇO

O conceito de nível de serviço na engenharia de tráfego se fundamenta nos parâmetros essenciais de fluxo, velocidade e densidade. Estes elementos se encontram interligados por meio da Equação 1, denominada de "equação da continuidade":

$$F=V \cdot D \quad (1)$$

Nesta equação, "F" representa o fluxo de tráfego, que é a taxa de veículos que atravessam um ponto específico de uma via em um intervalo de tempo particular. "V" denota a velocidade média dos veículos em uma área delimitada, enquanto "D" se refere à densidade, ou seja, o número de veículos por unidade de comprimento da via em um momento dado.

A medição do tráfego geralmente ocorre em intervalos de tempo fixos, resultando na prática da definição de volume em vez de fluxo. A velocidade média é calculada como a média das velocidades dos veículos em um ponto específico, enquanto a densidade representa a quantidade de veículos por unidade de comprimento da via em um determinado momento.

A avaliação do nível de serviço varia entre áreas urbanas e rodovias. Nas áreas urbanas, consideram-se fatores como o fluxo em relação à velocidade ideal e o tempo de espera em cruzamentos. Já nas rodovias, as densidades aceitáveis tendem a ser menores. O nível de serviço em rodovias depende do tipo de via e da situação de articulação viária, considerando densidades e velocidades de fluxo livre.

Em relação às rampas de acesso, a avaliação do nível de serviço leva em conta a densidade na rampa e nas faixas adjacentes. No caso de entrelaçamentos, a análise considera a seção do entrelaçamento e os 500 metros anteriores e posteriores aos pontos de convergência e divergência.

O Manual de Capacidade de Rodovias apresenta orientações para a avaliação do desempenho das instalações rodoviárias, incluindo comparações entre ferramentas de análise de tráfego. Destaca-se a análise da trajetória dos veículos como uma abordagem capaz de gerar métricas alinhadas com o manual, dados de campo e outras ferramentas de simulação.

O *software* Aimsun Next implementou algoritmos em tempo real para produzir resultados em conformidade com o Manual de Capacidade de Rodovias, eliminando a necessidade de processamento adicional. Ele leva em consideração as características físicas e operacionais de diferentes tipos de veículos e permite a definição de parâmetros de comportamento dos motoristas, resultando em variações individuais no tráfego.

Em resumo, o nível de serviço na engenharia de tráfego envolve a avaliação de fluxo, velocidade e densidade, com abordagens distintas para áreas urbanas e rodovias, além do uso de software especializado para simulações em tempo real.

6.3. ANÁLISE DA CIRCULAÇÃO NA SITUAÇÃO ATUAL

Nesse estágio, uma rede foi desenvolvida para representar fielmente as características físicas e operacionais do sistema de estradas atual, considerando elementos como faixas, direção do fluxo, restrições nas interseções, limites de velocidade, comportamento dos veículos, entre outros. Essa representação teve como objetivo criar uma simulação precisa do sistema viário existente.

A distribuição dos volumes de tráfego foi fundamentada em uma matriz de origem e destino (O/D) derivada de dados coletados em pesquisas de tráfego. A validação do sistema ocorreu quando os resultados da simulação foram comparados com os dados reais das pesquisas, garantindo que não houvesse diferenças significativas.

A validação da microssimulação não se limitou apenas a volumes de tráfego similares aos dados de pesquisa, mas também considerou a compatibilidade das condições de tráfego, incluindo situações de congestionamento, abrangendo fluxo, densidade e velocidade média de operação do tráfego. A validação incluiu uma análise estatística com uso de regressão linear entre todos os fluxos coletados durante o horário de pico das pesquisas e o número de veículos que realizaram esses movimentos ao longo de uma hora de simulação.

Finalmente, uma análise detalhada ponto a ponto foi realizada usando o método GEH Statistic, um índice amplamente utilizado para comparar volumes de tráfego. Esse índice, nomeado em homenagem a Geoffrey E. Havers, difere dos testes estatísticos convencionais, mas é eficaz na análise de tráfego, sendo flexível em volumes reduzidos e rígido em volumes substanciais. O GEH é comumente utilizado como critério de validação, seguindo diretrizes estabelecidas por autoridades de tráfego em vários países, como os Estados Unidos, Austrália e Reino Unido. Para uma modelagem de tráfego bem-sucedida, é necessário que o índice GEH seja inferior a 5,0 em pontos de medição individuais, e em 85% dos pontos de medição. (VILLA, A.R. ET AL, 2013).

6.4. CALIBRAÇÃO DA REDE

A calibração da rede tem como objetivo ajustar os parâmetros do modelo de microssimulação para que este reproduza com precisão o comportamento do tráfego na realidade. Isso é fundamental para garantir que as previsões geradas pelo modelo sejam confiáveis e representem fielmente as condições de tráfego observadas no campo.

O processo de calibração da rede no software Aimsun geralmente envolve várias etapas. Inicialmente, são coletados dados de tráfego observados no campo, como volumes de tráfego, velocidades médias, tempos de viagem e padrões de fluxo. Em seguida, o modelo de microssimulação é configurado com base nessas informações iniciais.

Após a configuração inicial, o modelo é executado e os resultados da simulação são comparados com os dados observados. É então realizada uma análise detalhada para identificar as discrepâncias entre a simulação e a realidade. Com base nessa análise, os parâmetros do modelo são ajustados de forma iterativa até que os resultados da simulação se aproximem o máximo possível dos dados observados, minimizando assim o GEH.

O GEH (Erro Geométrico Horizontal) é uma métrica amplamente utilizada na avaliação da qualidade dos resultados da microssimulação de tráfego. Ele mede a discrepância entre as trajetórias dos veículos simuladas pelo modelo e as trajetórias reais observadas no campo.

No trabalho de modelagem de tráfego no cenário "baseline", um GEH inferior a 5.0 é considerado uma boa correspondência entre os volumes modelados e observados por hora. De acordo com o DMRB, 85% dos volumes em um modelo de tráfego devem ter um GEH inferior a 5.0. GEHs na faixa de 5.0 a 10.0 podem merecer investigação. Se o GEH for

superior a 10.0, há uma alta probabilidade de que haja um problema com o modelo de demanda de viagem ou os dados.

A Figura 11, apresenta o resultado na análise de GEH na área de estudo. Observou-se que 92% dos contadores de tráfego inseridos na rede foram classificados com “Bom ajuste”, isso indica que a rede simulada está bem calibrada e representa satisfatoriamente o cenário real do tráfego na área de estudo.

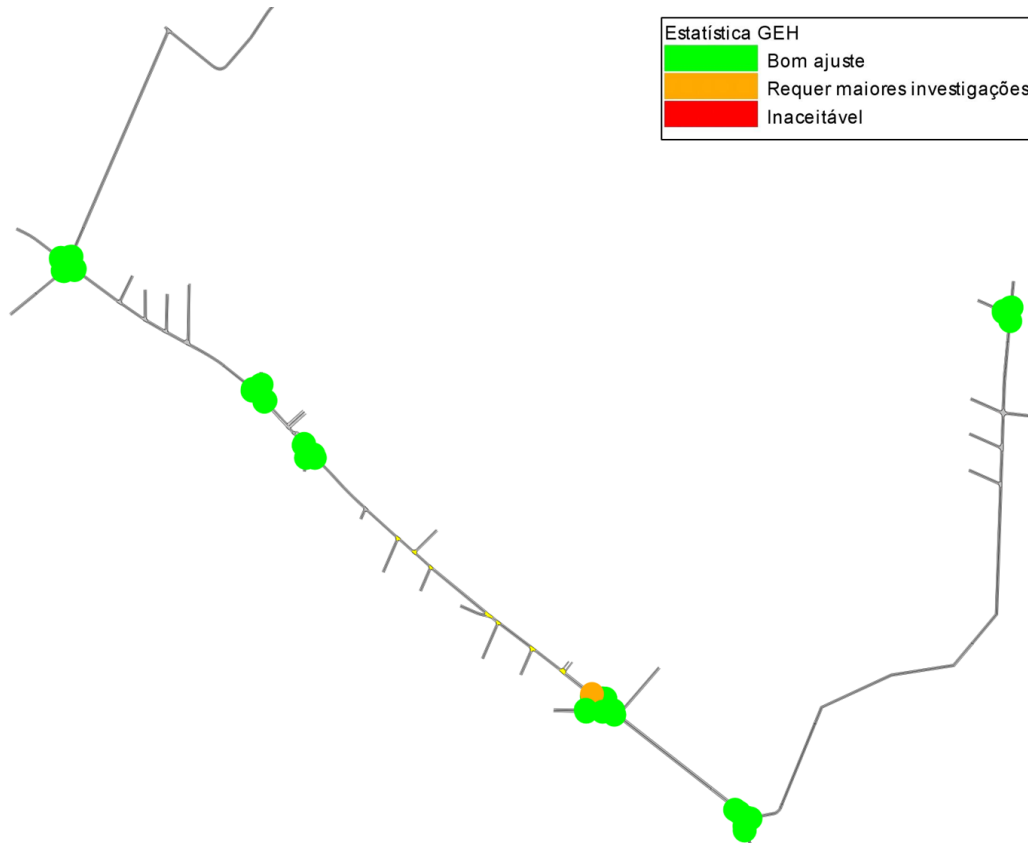


Figura 11: Resultado de análise do GEH na área de estudo



7. RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentados os resultados obtidos a partir da microsimulação de tráfego realizada utilizando o *software* Aimsun. Foram analisados os seguintes cenários: situação atual, situação futura com o fechamento da Rua Const. Moro Sobrinho e situação futura com o fechamento da Rua Const. Moro Sobrinho, ajuste dos tempos semafóricos e implantação de nova rotatória, no pico da tarde.

7.1. INDICADORES

O Nível de Serviço (*LoS*, do inglês *Level of Service*) é uma medida utilizada para avaliar a eficiência e a qualidade do serviço em sistemas de transporte, como estradas e interseções. No contexto do texto fornecido, o Nível de Serviço é calculado com base em diversos parâmetros e métricas que descrevem o desempenho de uma via ou interseção.

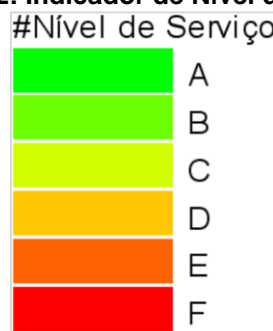
O Nível de Serviço é determinado considerando diferentes tipos de análises, como análise longitudinal e análise espacial, e envolve o cálculo de várias medidas de desempenho durante simulações de tráfego. Algumas das principais métricas utilizadas para calcular o Nível de Serviço incluem:

- **Análise Longitudinal**
 - Atraso de segmento (s/veí): O atraso médio experimentado por cada veículo em um segmento da via.
 - Atraso na fila (s/veí): O atraso devido a filas de veículos.
 - Atraso parado (s/veí): O atraso quando um veículo está parado.
 - Número de Paradas: O número de vezes que um veículo para durante seu percurso.
- **Análise Espacial:**
 - Densidade (UCP/km por faixa): A densidade de veículos em uma faixa da via.
 - Comprimento Médio da Fila (veículos): O comprimento médio das filas de veículos.
 - Média da Parte Traseira da Fila (m): A média da distância da parte traseira da fila até a entrada da via.
 - Máxima Parte Traseira da Fila (m): A distância máxima da parte traseira da fila até a entrada da via.

- Percentual de Veículos em Fila (%): A porcentagem de veículos em fila.
- Percentual de Veículos em Excesso (%): A porcentagem de veículos que excedem a capacidade da via.
- Percentual de Veículos Lentos (%): A porcentagem de veículos que estão se movendo lentamente.

O Nível de Serviço é classificado em letras (A, B, C, D, E, F) com base em valores limites para as métricas específicas. E o resultado em para isso é determinado pelo próprio AimSun utilizando o HCM (Highway Capacity Manual) publicado em 2010.

Figura 12: Indicador de Nível de Serviço



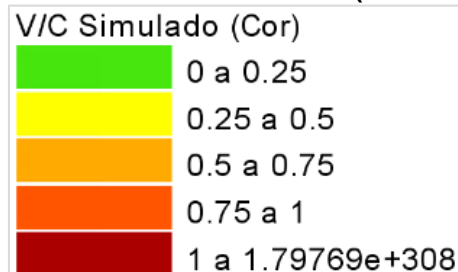
O parâmetro denominado V/C simulado, representando o Volume sobre a Capacidade da via, constitui um elemento crucial na avaliação do desempenho viário. Sua função é traduzir quão efetivamente a capacidade da via está sendo utilizada, sendo que valores mais próximos de 1 indicam uma maior utilização dessa capacidade. No entanto, é fundamental destacar que esse indicador, por si só, não proporciona uma avaliação direta da qualidade do tráfego na interseção.

Para uma compreensão mais abrangente e precisa desse aspecto, torna-se mais pertinente recorrer ao Nível de Serviço. Este parâmetro oferece uma análise aprofundada, considerando diversos fatores que podem influenciar a qualidade do tráfego, indo além da simples relação entre volume e capacidade. Dessa forma, o Nível de Serviço complementa e enriquece a avaliação do desempenho viário, proporcionando insights mais refinados.

Além disso, o indicador de Fluxo Simulado desempenha um papel específico ao se concentrar na compreensão do volume que atravessa ou que vai futuramente passar na rede. Essa métrica contribui para uma visão mais detalhada do fluxo de veículos, permitindo uma análise mais específica e direcionada, que pode ser valiosa na identificação de padrões e na tomada de decisões estratégicas para otimização do tráfego.

Assim, ao considerar a interação entre o V/C simulado e o Nível de Serviço, é possível obter uma visão mais abrangente e holística do funcionamento do sistema viário, facilitando a implementação de medidas eficazes para a melhoria contínua da mobilidade urbana.

Figura 13: Indicador de Fluxo Simulado (Volume/Capacidade)



7.2. SITUAÇÃO ATUAL

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir da simulação do cenário atual, que representa as condições de tráfego existentes na área de estudo antes do empreendimento. Foram analisados visualmente o Nível de Serviço e o Fluxo Simulado na área de estudo. A seguir estão apresentados os níveis de serviço em cada interseção da rede.

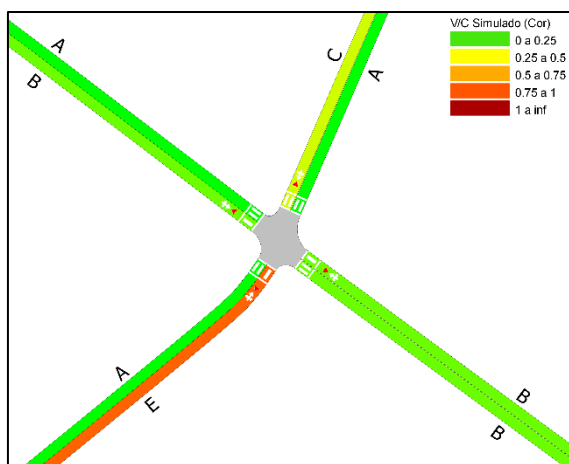


Figura 14: Nível de Serviço na Alameda Arpo x Rua Curitiba – Cenário Atual

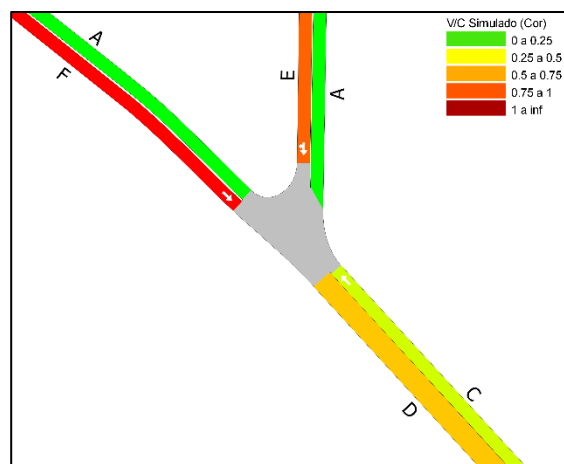


Figura 15: Nível de Serviço na Alameda Arpo x Rua Antônio Moro – Cenário Atual



Figura 16: Nível de Serviço na Alameda Arpo x Rua São Salvador – Cenário Atual

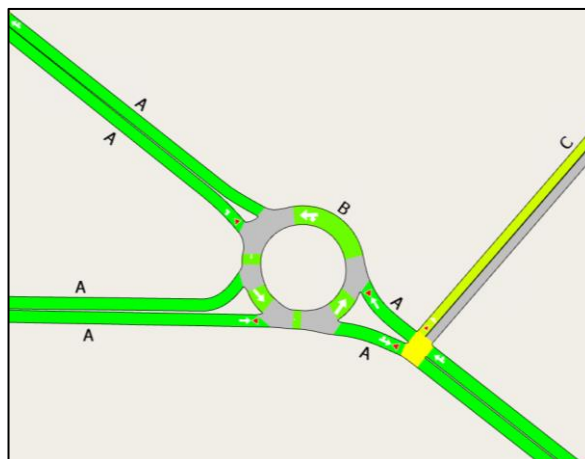


Figura 17: Nível de Serviço na Alameda Arpo x Rua João Zarpelon – Cenário Atual

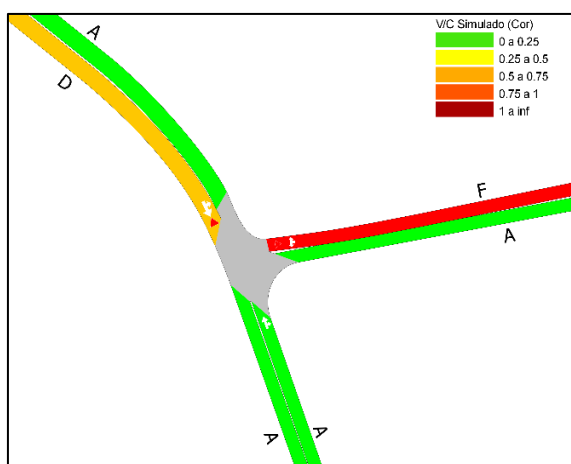


Figura 18: Nível de Serviço na Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro – Cenário Atual

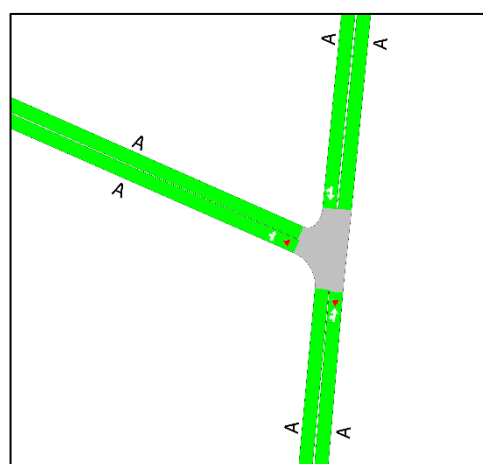


Figura 19: Nível de Serviço na Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo – Cenário Atual

Verifica-se que o nível de serviço predominante é “A”, isso indica um estado ideal do tráfego, onde as condições de circulação são ótimas e não há congestionamentos significativos. No entanto vale destacar que no trecho norte da Alameda Arpo, no sentido Norte>Sul, da interseção entre Alameda Arpo x Rua Antônio Moro, e no trecho da Rua Silvio Pinto Ribeiro sentido Leste>Oeste, da interseção entre Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro, o nível de serviço é “F”, que indica condições de congestionamento intenso e operação da via no limite máximo da capacidade.

O motivo observado na simulação para o resultado obtido se dá principalmente através do conflito que ocorre entre a Alameda Arpo x Saída do Supermercado/Avenida Heitor Moro. Os veículos que saem tanto do supermercado, tanto da Avenida Heitor Moro, tendem a

utilizar uma parte da programação semafórica atual que permite aos veículos ficarem parados em cima de uma das faixas da Alameda Arpo.

Como a programação semafórica atual permite que os veículos se acumulem na aproximação Oeste>Leste da interseção 3, os veículos que saem tanto do supermercado, como da Avenida Heitor Moro, ficam esperando em cima da faixa do fluxo contrário o andamento da fila, para que possam ingressar na Alameda. A seguir estão apresentados os Fluxos Simulados na área de estudo.

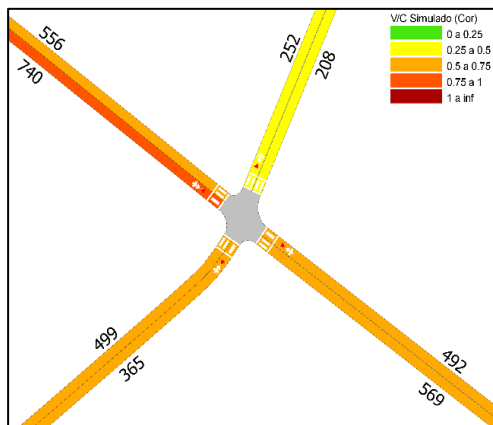


Figura 20: Fluxo Simulado na Alameda Arpo x Rua Curitiba – Cenário Atual

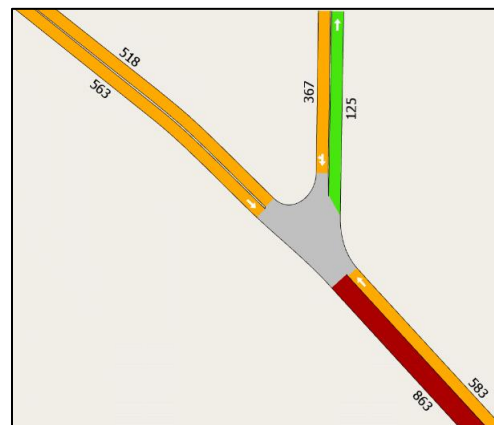


Figura 21: Fluxo Simulado na Alameda Arpo x Rua Antônio Moro – Cenário Atual

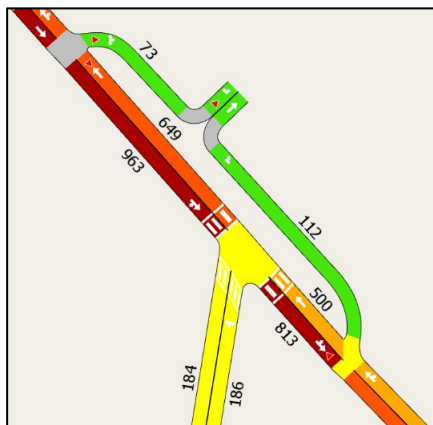


Figura 22: Fluxo Simulado na Alameda Arpo x Rua São Salvador – Cenário Atual

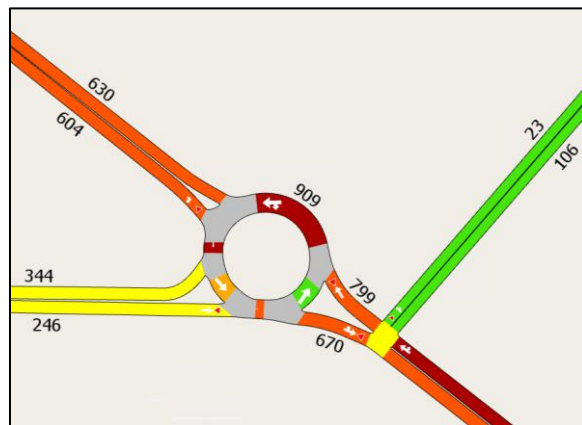


Figura 23: Fluxo Simulado na Alameda Arpo x Rua João Zarpelon – Cenário Atual

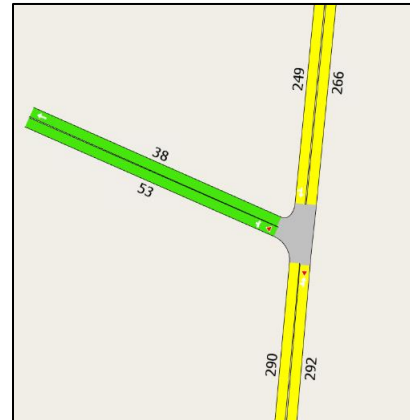
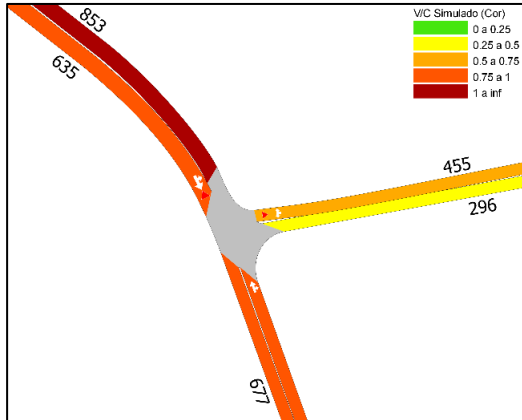


Figura 24: Fluxo Simulado na Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro – Cenário Atual **Figura 25: Fluxo Simulado na Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo – Cenário Atual**

Verifica-se que no pico da tarde o fluxo é mais intenso na Alameda Arpo, em ambos sentidos da via. Isso significa que há uma alta densidade de veículos na via, resultando em uma alta taxa de veículos passando pelo trecho na hora de pico. No entanto, o congestionamento ocorre, principalmente, em função do problema das saídas do supermercado e da Rua Heitor Moro abordado anteriormente.

7.3. SITUAÇÃO FUTURA

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir da simulação do cenário futuro após a implantação do empreendimento e com o fechamento da Rua Const. Moro Sobrinho, sendo que, nesse cenário, os veículos que passavam pela Rua Const. Moro Sobrinho, agora passam pela interseção 6 (Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo). Foram analisados visualmente o Nível de Serviço e o Fluxo Simulado na área de estudo. A seguir estão apresentados os níveis de serviço em cada interseção da rede.

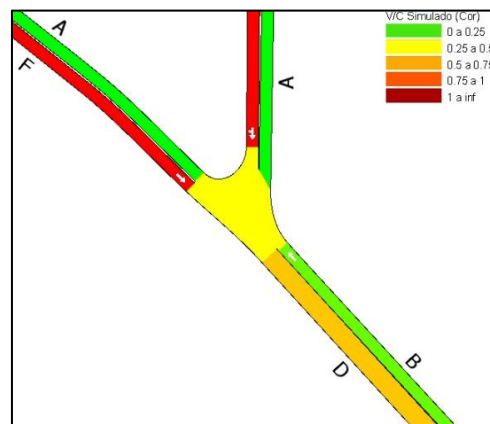
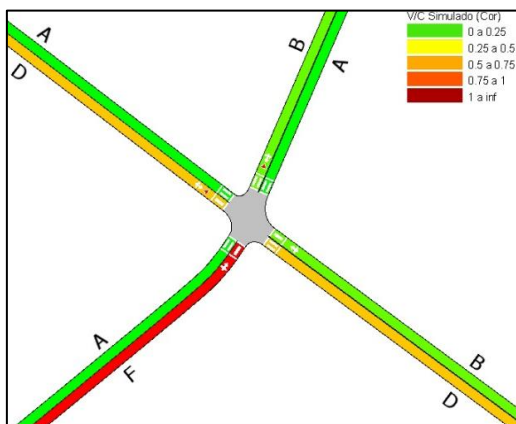


Figura 26: Nível de Serviço na Alameda Arpo x Rua Curitiba – Cenário Futuro

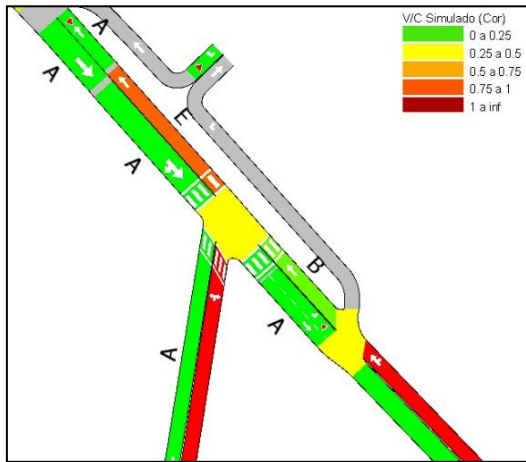


Figura 28: Nível de Serviço na Alameda Arpo x Rua São Salvador – Cenário Futuro

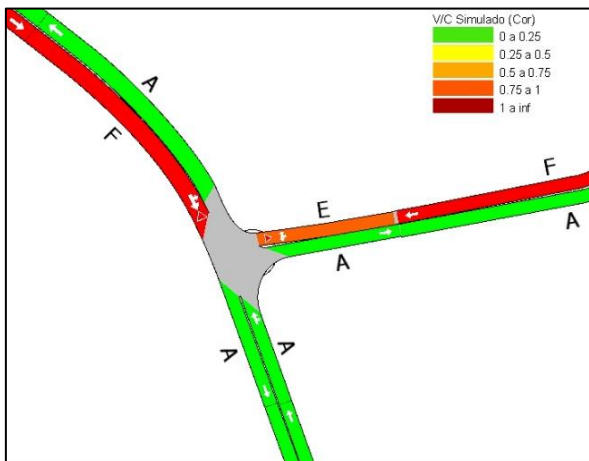


Figura 30: Nível de Serviço na Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro – Cenário Futuro

Figura 27: Nível de Serviço na Alameda Arpo x Rua Antônio Moro – Cenário Futuro

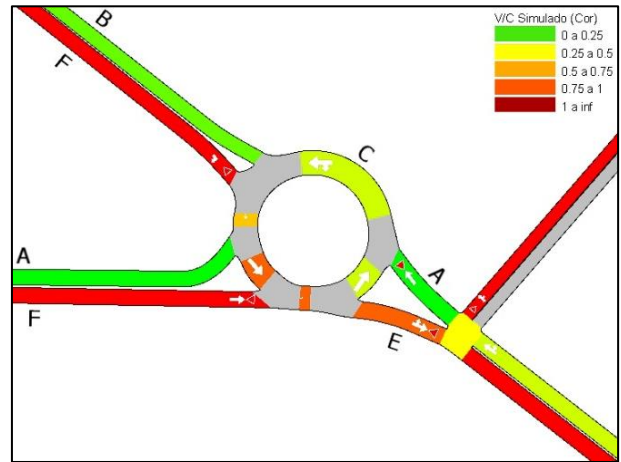


Figura 29: Nível de Serviço na Alameda Arpo x Rua João Zarpelon – Cenário Futuro

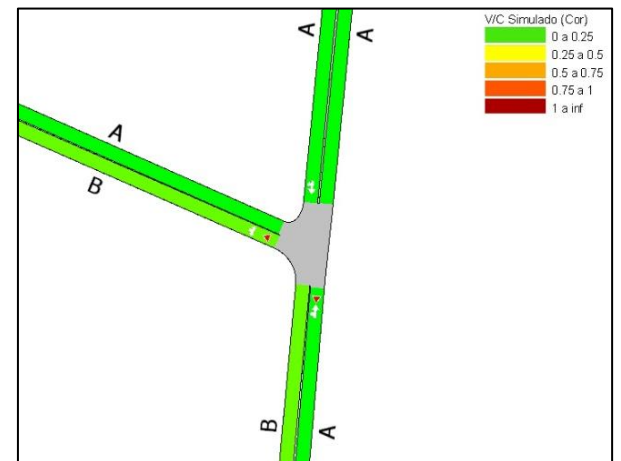


Figura 31: Nível de Serviço na Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo – Cenário Futuro

Apesar do nível de serviço ainda ser predominantemente “A”, verifica-se que com o fechamento da Rua, alguns níveis de serviço pioraram, com destaque para a Rua Dr. Murici, Rua João Zarpelon e a Alameda Arpo entre a Rua João Zarpelon e a Rua Silvio Pinto Ribeiro.

A seguir estão apresentados os Fluxos Simulados na área de estudo.

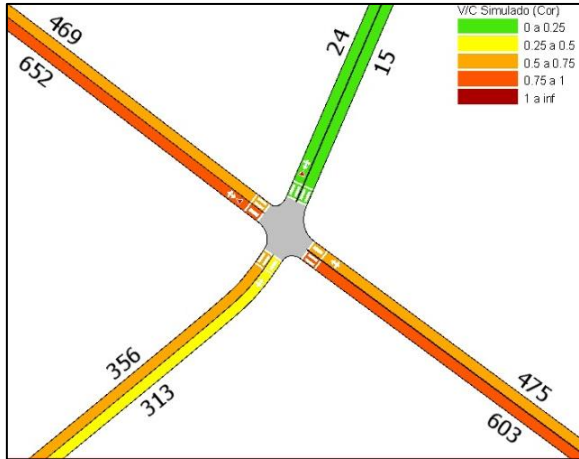


Figura 32: Fluxo Simulado na Alameda Arpo x Rua Curitiba – Cenário Futuro

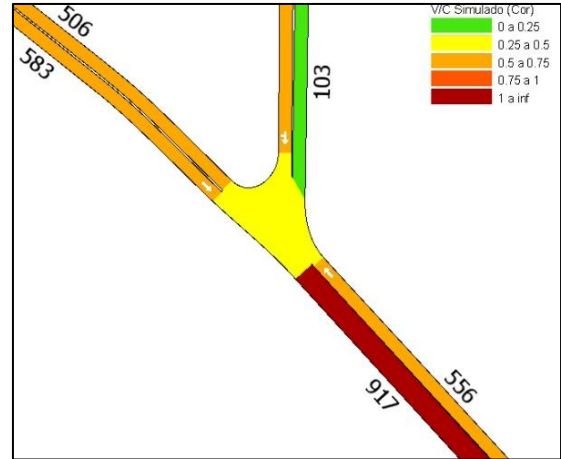


Figura 33: Fluxo Simulado na Alameda Arpo x Rua Antônio Moro – Cenário Futuro

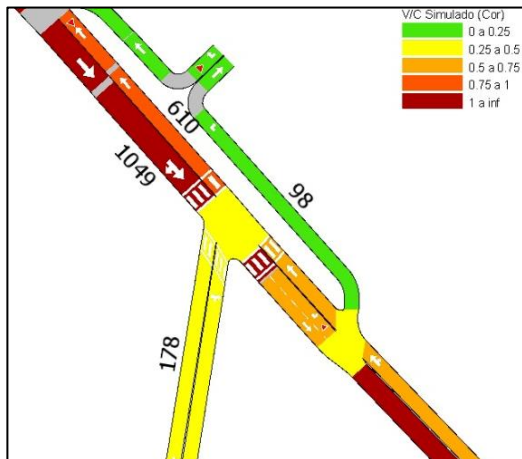


Figura 34: Fluxo Simulado na Alameda Arpo x Rua São Salvador – Cenário Futuro

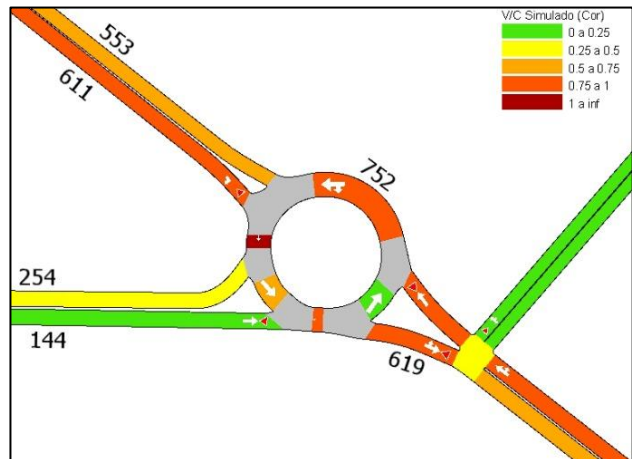


Figura 35: Fluxo Simulado na Alameda Arpo x Rua João Zarpelon – Cenário Futuro

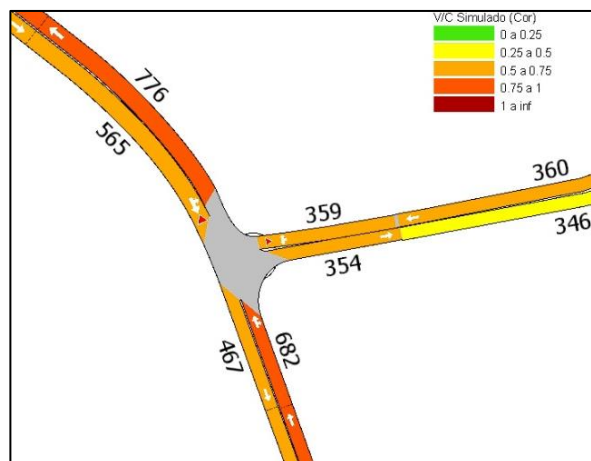


Figura 36: Fluxo Simulado na Rua Dr. Murici x Rua Sílvio Pinto Ribeiro – Cenário Futuro



Figura 37: Fluxo Simulado na Rua Sílvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo – Cenário Futuro

Com o fechamento da Rua Constante Moro Sobrinho, observou-se que os veículos que antes saíam na interseção 1, agora saem na interseção 6, e a maior parte desses veículos tendem a ir em direção ao Oeste, ou seja, irão percorrer toda a rede, passando por locais problemáticos no cenário atual, potencializando os problemas.

As questões observadas nesse cenário foram: a situação abordada no cenário atual, na interseção 3, que ficou mais evidente e as filas observadas aumentaram; O problema que já existia na interseção 5, mas não era tão evidente, que é a dificuldade dos veículos da Rua Sílvio Pinto Ribeiro em ingressar na Rua Doutor Murici, que foi potencializado pelo volume desviado devido ao fechamento da Rua Const. Moro Sobrinho que segue diretamente nessa interseção.

7.4. SITUAÇÃO FUTURA COM PROPOSTA

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir da simulação do cenário futuro após a implantação do empreendimento, com o fechamento da Rua Const. Moro Sobrinho, sendo que, nesse cenário, os veículos que passavam pela Rua Const. Moro Sobrinho, agora passam pela interseção 6 (Rua Sílvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo) e considerou-se também as seguintes intervenções: alteração da programação semafórica nas interseções 2 e 3; implantação de rotatória na interseção 5. Foram analisados visualmente o Nível de Serviço e o Fluxo Simulado na área de estudo.

A seguir estão apresentados os níveis de serviço em cada interseção da rede.

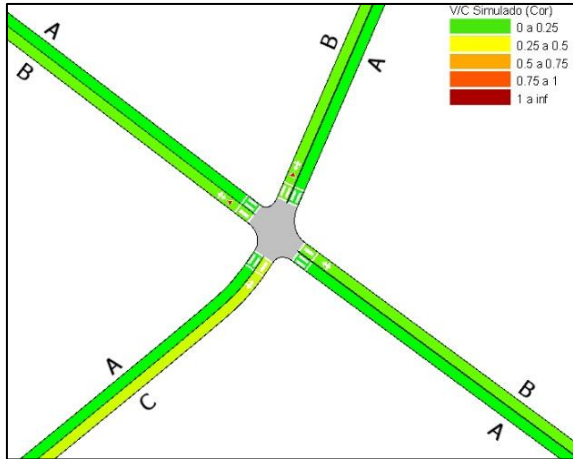


Figura 38: Nível de Serviço na Alameda Arpo x Rua Curitiba – Cenário Futuro com Proposta

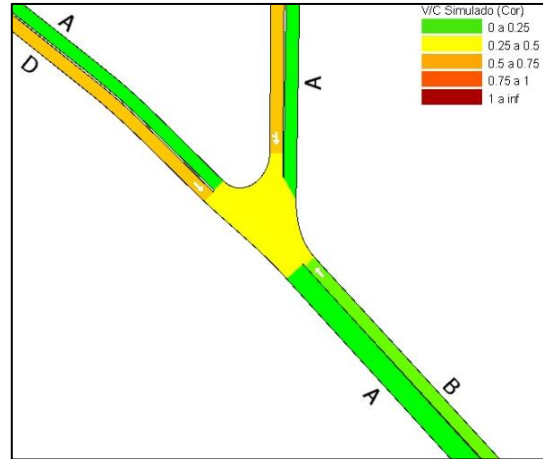


Figura 39: Nível de Serviço na Alameda Arpo x Rua Antônio Moro – Cenário Futuro com Proposta

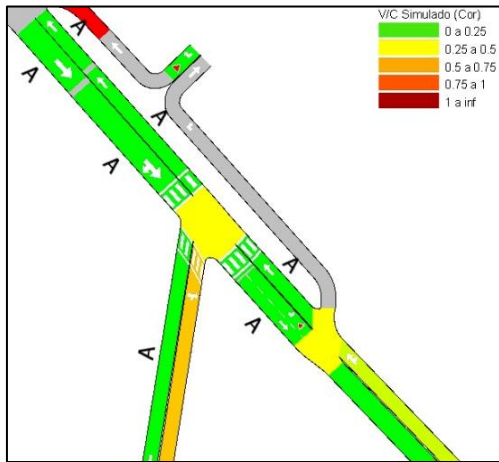


Figura 40: Nível de Serviço na Alameda Arpo x Rua São Salvador – Cenário Futuro com Proposta

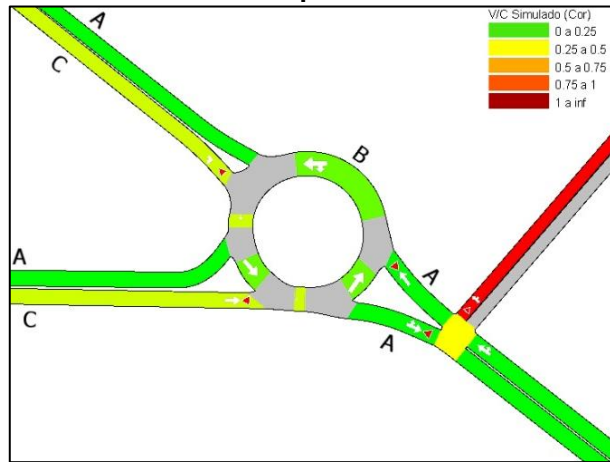


Figura 41: Nível de Serviço na Alameda Arpo x Rua João Zarpelon – Cenário Futuro com Proposta

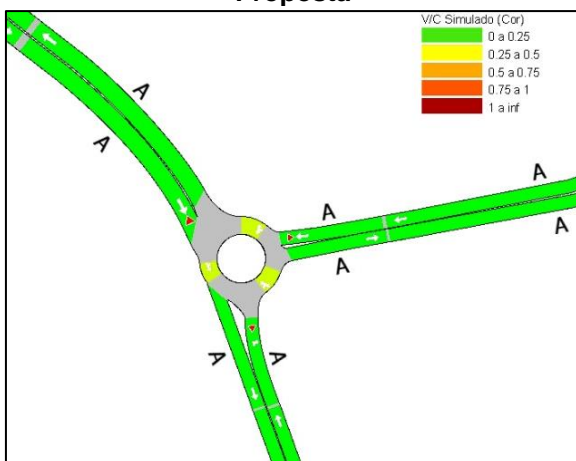


Figura 42: Nível de Serviço na Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro – Cenário Futuro com Proposta

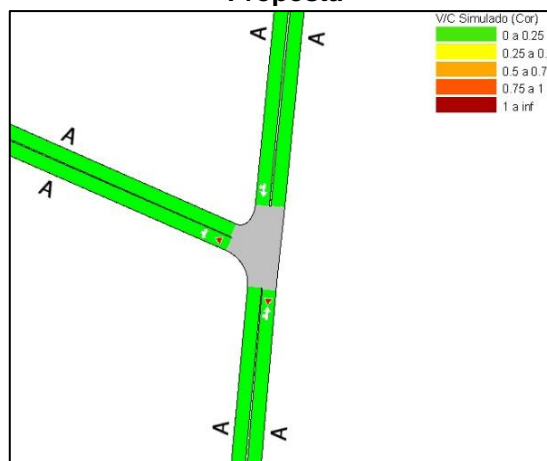


Figura 43: Nível de Serviço na Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo – Cenário Futuro com Proposta

Verifica-se que após a implantação das propostas o nível de serviço de modo geral melhorou comparado ao cenário atual.

A seguir estão apresentados os Fluxos Simulados na área de estudo.

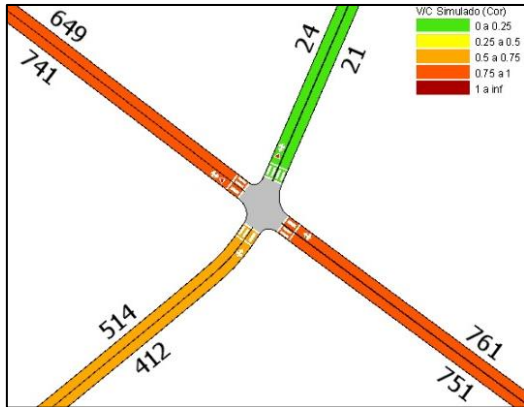


Figura 44: Fluxo Simulado na Alameda Arpo x Rua Curitiba – Cenário Futuro com Proposta

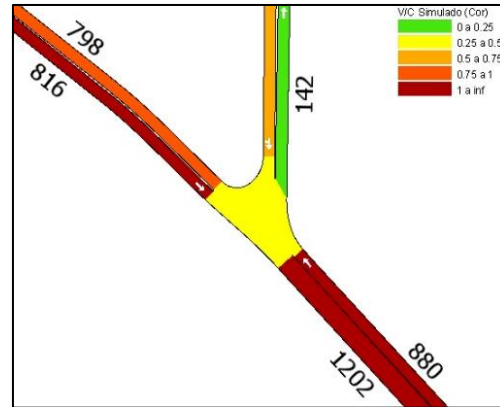


Figura 45: Fluxo Simulado na Alameda Arpo x Rua Antônio Moro – Cenário Futuro com Proposta

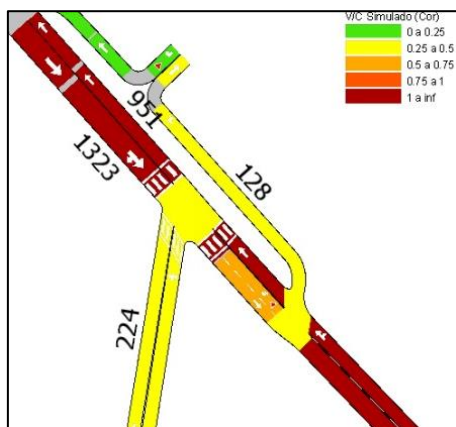


Figura 46: Fluxo Simulado na Alameda Arpo x Rua São Salvador – Cenário Futuro com Proposta

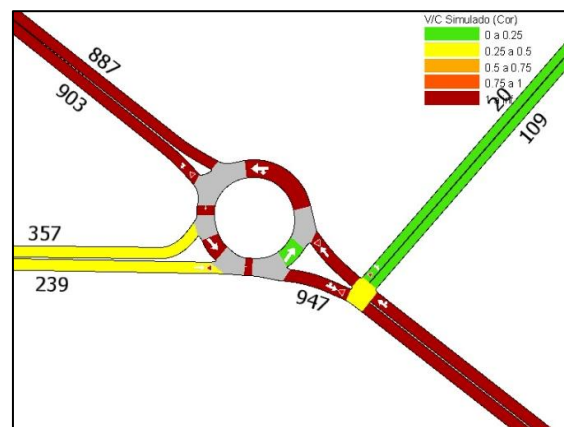


Figura 47: Fluxo Simulado na Alameda Arpo x Rua João Zarpelon – Cenário Futuro com Proposta

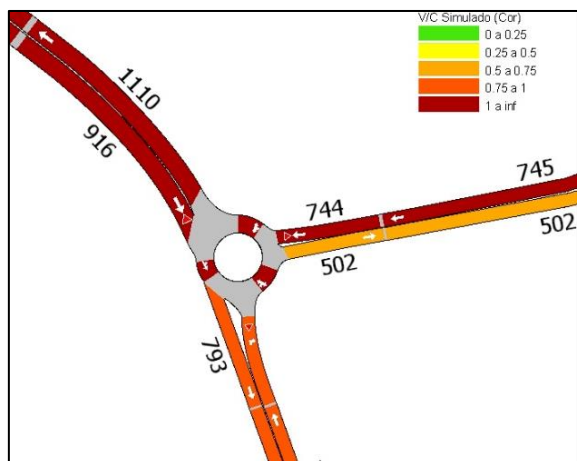


Figura 48: Fluxo Simulado na Rua Dr. Murici x Rua Silvio Pinto Ribeiro – Cenário Futuro com Proposta

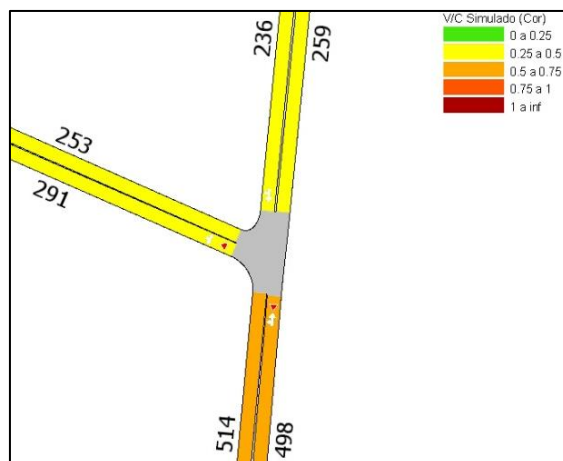





Figura 49: Fluxo Simulado na Rua Silvio Pinto Ribeiro x Rua João Alves Figueiredo – Cenário Futuro com Proposta

Visando melhorar as questões abordadas tanto na situação atual e futura foram propostas as intervenções apresentadas. A mudança na programação semafórica proposta, tem como objetivo dar tempo aos veículos que saem da Avenida Heitor Moro em direção ao Leste, para que eles possam ingressar na Alameda Arpo sem precisarem parar em cima da faixa que vai ao sentido contrário. Para isso os locais de acumulação dos veículos foram mudados com a programação semafórica, permitindo assim que os veículos ingressem em uma seção vazia. A seguir estão apresentados os tempos semafóricos adotados em cada grupo semafórico.

Tabela 3: Grupos semafóricos propostos

Grupo Semafórico 1	Grupo Semafórico 2	Grupo Semafórico 3
		
Grupo Semafórico 4	Grupo Semafórico 5	Grupo Semafórico 6

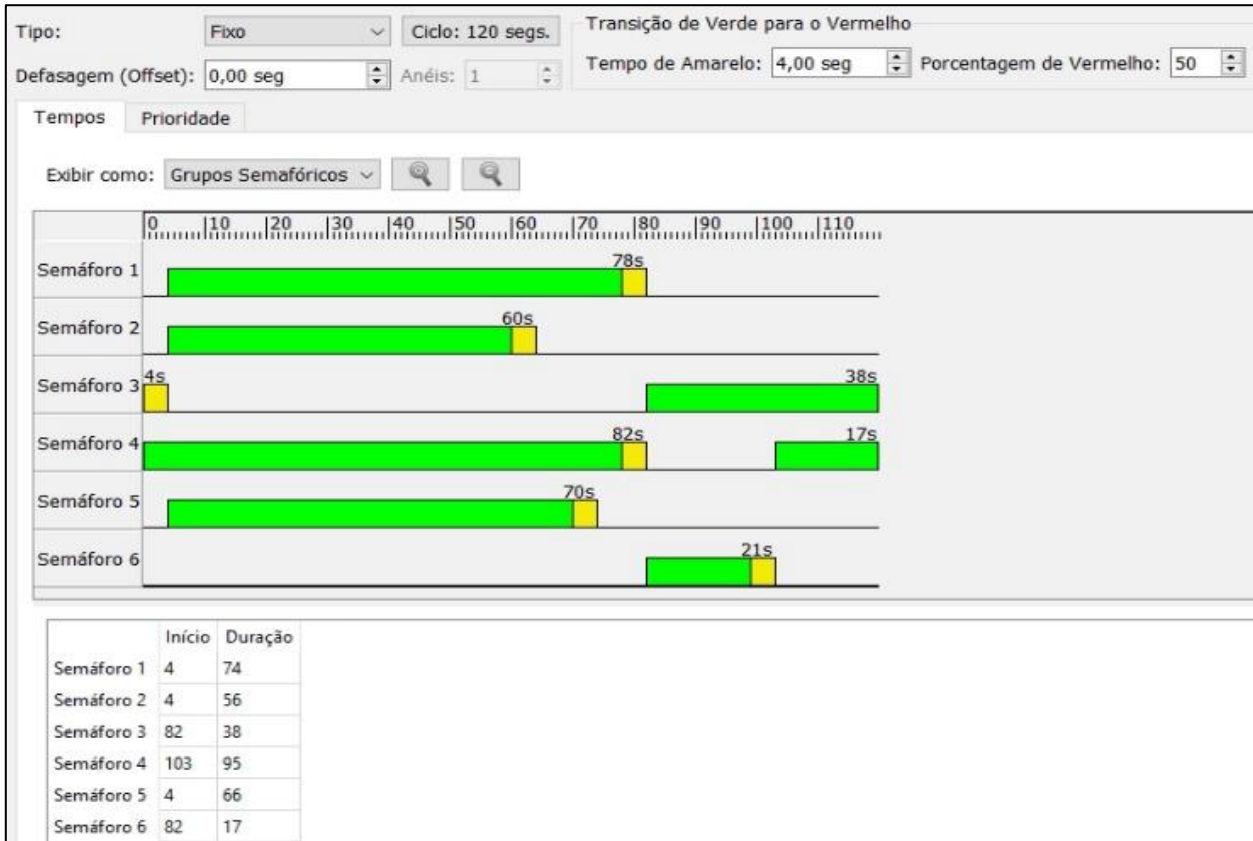
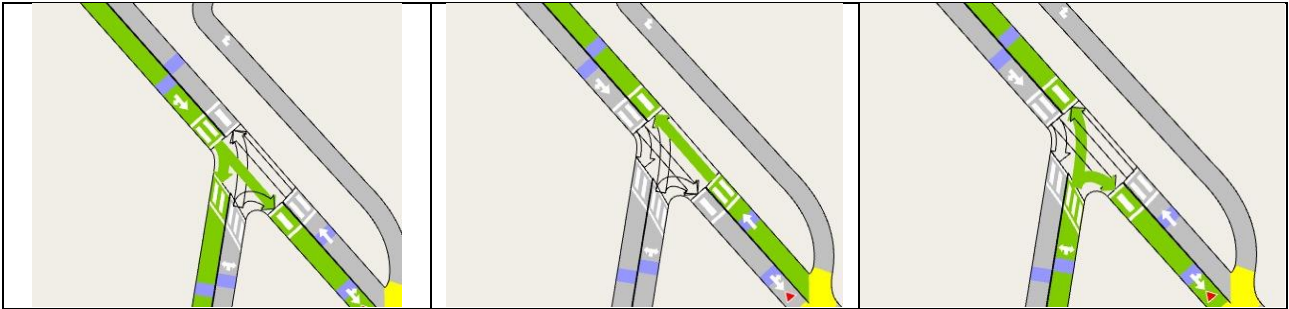


Figura 50: Programação Semafórica Proposta

Já a rotatória proposta visa melhorar a saída da Rua Sílvio Pinto Ribeiro e a conversão à esquerda da Rua Doutor Murici em direção a Rua Sílvio Pinto Ribeiro. A rotatória cumpre bem esse papel, pois a gestão de preferência é melhor do que em uma interseção simples.

8. INDICADORES DE DESEMPENHO

O quadro a seguir exibem uma análise comparativa dos indicadores de desempenho em diferentes cenários: o estado atual, o cenário futuro com a implantação do empreendimento e o cenário futuro com a implantação do empreendimento e intervenções na área de estudo. As cores mostram quais são os melhores resultados, sendo que a cor verde é o melhor, o amarelo é a situação mediana e o vermelho é a pior situação.

Tabela 4: Indicadores de Desempenho dos Cenários Simulados

Indicador - Tarde	Situação		Comparação	Situação	Comparação
	Atual	Futuro	Futuro / Atual	Futuro Proposto	Futuro Proposto / Futuro Proposto
Demanda (veíc/h)	3760	3416	-9,1%	3896	14,0%
Fluxo (veíc/h)	3491	2524	-27,7%	3877	53,6%
Velocidade Média - Carro (km/h)	14,66	8,58	-41,5%	21,28	148,0%
Velocidade Média - Ônibus (km/h)	14,04	7,94	-43,4%	21,88	175,6%
Densidade (veíc/km)	24,24	51,96	114,4%	18,41	-64,6%
Fila Média (veíc)	196,27	665,76	239,2%	58,74	-91,2%
Fila Média - Carro (veíc)	183,98	614,31	233,9%	55,36	-91,0%
Tempo de Atraso Médio (seg/km)	135,59	313,78	131,4%	59,12	-81,2%
Tempo de Viagem - Carro (seg/km)	245,65	419,81	70,9%	169,15	-59,7%
Tempo de Viagem - Ônibus (seg/km)	256,34	453,36	76,9%	164,51	-63,7%



Foram analisados os seguintes indicadores:

- **Contagem de Entrada** – Número de veículos que entram na rede durante o período de simulação. Os veículos são contados ao entrar na rede através da seção de entrada.
- **Velocidade Harmônica** – velocidade média harmônica para todos os veículos que percorreram o trecho. Essa grandeza é calculada a partir do conceito de uma das três médias pitagóricas, que é mais recomendada para o cálculo das velocidades.

- **Tempo de Viagem** – tempo médio que um veículo precisa para atravessar o trecho. Esta é a média de todos os tempos de viagem individuais (tempo de saída do trecho – tempo de entrada do trecho) de cada veículo que saiu do trecho.
- **Fila Média** – comprimento médio da fila na simulação como um todo, expresso como o número de veículos por faixa. É calculado como uma média de tempo.
- **Densidade** – número médio de veículos por quilometro de seção para toda a simulação.

Verifica-se que para todos os indicadores, o cenário futuro com as propostas apresentou resultados melhores. Com destaque para a velocidade média de carros, a fila média e o tempo de atraso, que melhoraram inclusive, em relação ao cenário atual.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo de tráfego, realizado por meio da microsimulação utilizando o *software* Aimsun, teve como objetivo analisar os impactos da implantação de uma nova pista no Aeroporto Internacional de Curitiba, considerando que para viabilizar essa expansão, será necessário o fechamento da Rua Const. Moro Sobrinho.

Os resultados obtidos através da análise dos indicadores de desempenho revelaram que as propostas de intervenção apresentadas neste estudo apresentam melhorias significativas em relação ao cenário atual de tráfego. Essas melhorias abrangem diversos aspectos, como a fluidez do tráfego e a eficiência do sistema como um todo.

Um dos principais pontos de destaque foi a eficácia da rotatória na redistribuição do fluxo de veículos, contribuindo para reduzir os congestionamentos e os tempos de viagem. Além disso, a reprogramação semaforica nas interseções analisadas demonstrou ser uma estratégia eficiente para otimizar o funcionamento do tráfego, garantindo uma melhor coordenação entre os diferentes fluxos de veículos.

Por fim, é fundamental destacar a importância da análise detalhada e da simulação computacional na tomada de decisões relacionadas ao planejamento urbano e à gestão do tráfego. Esta análise fornece informações substanciais para os gestores públicos e demais envolvidos no processo de planejamento, permitindo a implementação de soluções mais eficientes e sustentáveis para os problemas de mobilidade urbana. Assim, podemos concluir que as intervenções propostas representam um avanço significativo na compreensão dos padrões de tráfego e na identificação de estratégias eficazes para otimizar a mobilidade urbana em áreas de alta demanda.

ANEXO III - ESTUDO DE DESVIO VIÁRIO – CCR AEROPORTOS

Projeto Nova Pista de Pouso e Decolagem – PPD

Estudo de Desvio Viário

CWB – Aeroporto Int’l Afonso Pena



Agenda



1. Objetivo

2. Apresentação do Projeto

3. Alternativas Estudadas

4. Impacto Viário

5. Alternativas de Desvio

6. Conclusão

1. Objetivo



Este documento busca **esclarecer às partes interessadas sobre os estudos realizados para a implantação de nova pista de pouso e decolagem de aeronaves no Aeroporto Internacional Afonso Pena**, em São José dos Pinhais – PR, bem como sobre a solução de engenharia final adotada para essa pista.

Ainda, busca-se **ilustrar o impacto que essa pista terá especificamente sobre a Rua Constante Moro Sobrinho e Antonio Moro**, que atravessa o sítio aeroportuário e se configura como importante eixo de conexão interbairros e esclarecer sobre os estudos realizados por esta Concessionária a fim de mitigar possível impacto.

Ressalta-se que, todo o material aqui apresentado é complementado e amplamente detalhado nos documentos apresentados à Prefeitura, conforme listado no item 6 desta apresentação.

2. Apresentação do Projeto

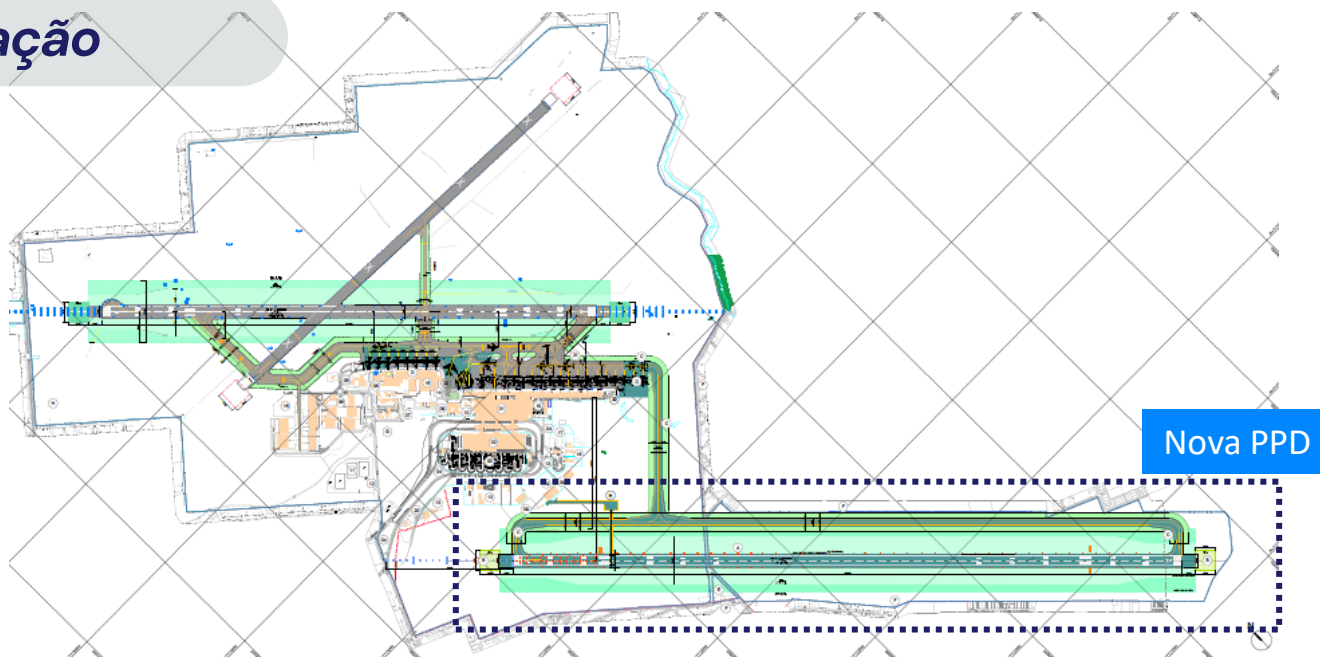


O projeto da nova pista do aeroporto Afonso Pena prevê a implantação de faixa de rolamento com **extensão total de 3.000 metros de comprimento e largura de 45 metros** de modo a atender aeronaves de categoria 'C', 'D' e 'E' e, conforme requisitos mínimos de infraestrutura para tal operação, previsto na RBAC 154 da ANAC.

Deste modo, para a viabilidade da mesma, se faz necessária ainda a implantação de uma taxiway para conectar o pátio de aeronaves em construção e essa nova pista, bem como vias de serviço auxiliares, casas de força e edificações de apoio à segurança sendo que, **a cota de nível do pátio existente é o limitante no que se refere a nível de implantação desta nova pista.**

2. Apresentação do Projeto

Implantação



RWY 1 – exist	TORA(m)	TODA(m)	ASDA(m)	LDA(m)
15	2218	2218	2218	2218
33	2218	2218	2218	2218

RWY 2 - nova	TORA(m)	TODA(m)	ASDA(m)	LDA(m)
15	3000	3000	3000	3000
33	3000	3000	3000	3000

CAPACIDADE DE TERMINAL DE PASSAGEIROS			
DOMÉSTICO		INTERNACIONAL	
EMBARQUE	DESEMBARQUE	EMBARQUE	DESEMBARQUE
1.000	875	240	240

CARACTERÍSTICAS	
Comprimento Fase IB	3000m
Largura Rolamento	45m
Largura + Acostamentos	50m
Tipo de Operação	IFR P CAT I
Código de Referência	4C
PCN	51/F/B/X/T
Pontes de Embarque	4
Horário de Funcionamento	H24

Mix de aeronaves representativo:
**A319/A320/A321/A332/AT72/AT75/A
 T76/B38M/B737/B738/B7744/B763/B
 77L/C208/E1/E2**

Pátio	Posições
1	8 Posições C
2	20 Posições C

2. Apresentação do Projeto



Do ponto de vista construtivo, para viabilidade deste projeto, tem-se como principais desafios:

- 1- A Rua Constante Mouro Sobrinho e Antonio Moro atravessam a única área no sítio aeroportuário capaz de comportar esta pista;
- 2- A cota de nível do pátio existente limita a possibilidade de elevação da pista devido aos grades e inclinações máximas para taxiways previstas na RBAC 154;
- 3- As edificações vizinhas ao terreno do sítio aeroportuário limitam a cota de nível mais baixo da pista devido à configuração de obstáculos no espaço aéreo (a ser ilustrado).

3. Alternativas estudadas



Frente aos desafios apresentados, a **CCR elaborou 12 alternativas de implantação** desta pista de pouso e decolagem na área reservada para a mesma e sítio aeroportuário, onde se variavam os seguintes aspectos:

1. Nível de implantação da PPD – do mínimo ao máximo de elevação;
2. Graide de implantação entre as cabeceiras – do mínimo ao máximo;
3. Localização geográfica de implantação – do extremo leste ao extremo oeste;

Tais estudos resultaram em **análise detalhada dos impactos geológicos e urbanísticos** sobre o entorno imediato e assim, **buscou-se solução que balanceasse não apenas as demandas por corte e aterro do terreno, como também o volume de desapropriações vizinhas.**

A seguir, apresentamos a alternativa que ilustra as avaliações realizadas e apresenta a solução adotada pela CCR, sem contudo esgotá-las e, nos colocamos à disposição caso esta audiência queira se aprofundar nesses estudos.

3. Alternativas estudadas

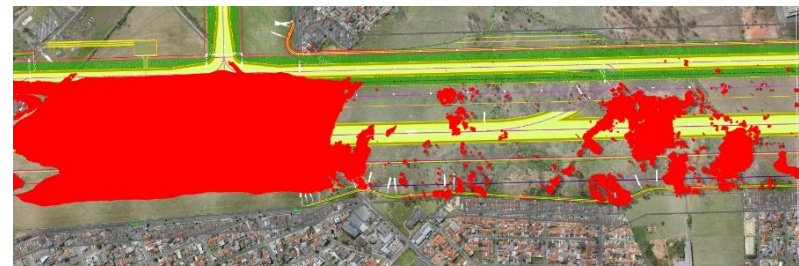
Ilustração da área afetada a ser removida para implantação da PPD

Alternativa 1

Aterro: 1.991.590,12

Nível máx: 914,69

Nível min: 899,48



Desapropriação: 55.000 m²

Alternativa 2

Aterro: 4.734.400,64

Nível máx: 914,69

Nível máx: 907,48



Desapropriação: +-25.000 m²

Alternativa 3

Aterro: 4.084.865,45

Nível máx: 917,29

Nível mín: 905,29



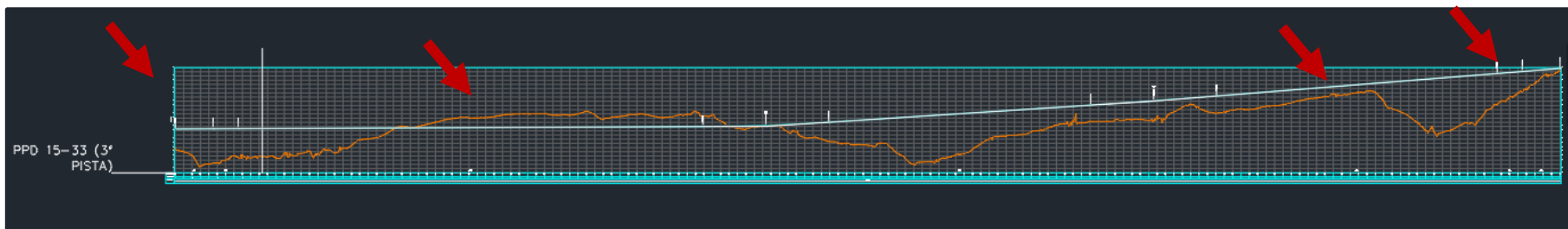
Desapropriação: 25.000 m²

3. Alternativas estudadas - perfil

Perfil verificado nas modelagens realizadas

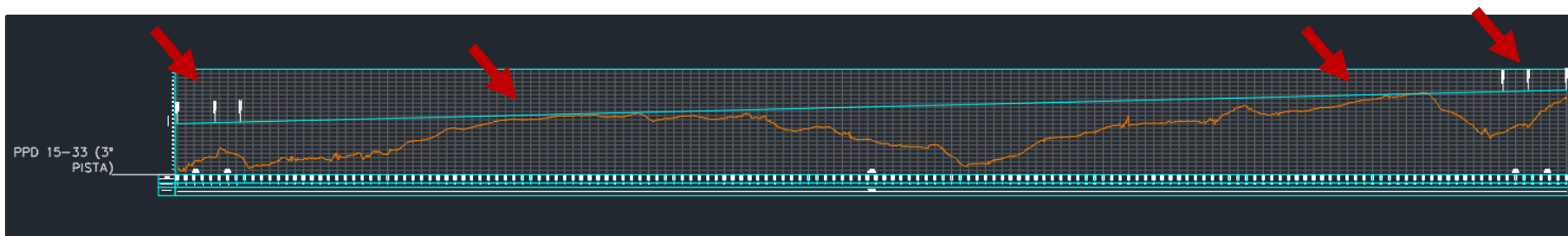
Alternativa 1

Corte na cab 15/16,
Aterro na cab 33/34



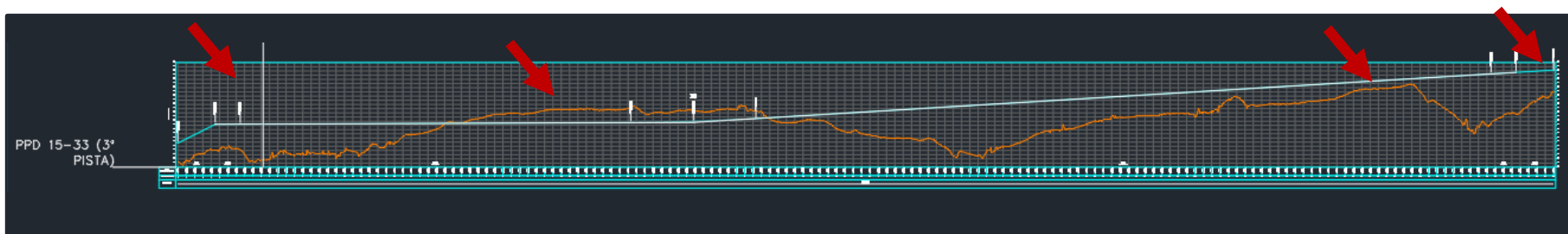
Alternativa 2

Aterro na cab 15/16,
Aterro na cab 33/34



Alternativa 3

Corte na cab 15/16,
Aterro na cab 33/34



3. Alternativas estudadas

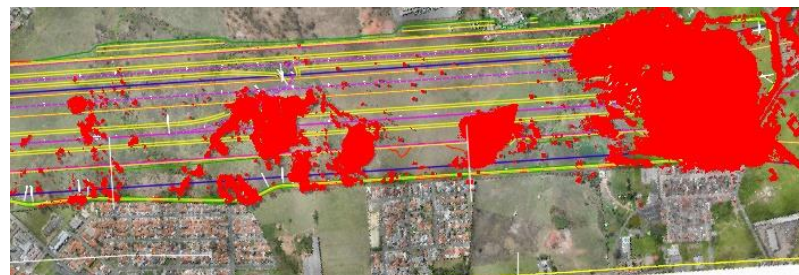
Ilustração da área afetada a ser removida para implantação da PPD

Alternativa 4

Aterro: 3.342.131,464

Nível máx: 914,69

Nível min: 905,48



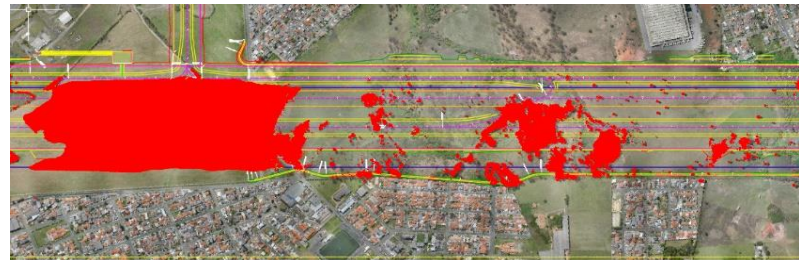
Desapropriação: 37.000 m²

Alternativa 5

Aterro: 3.456.857,154

Nível máx: 918,604

Nível máx: 905,48



Desapropriação: +-37.000 m²

Alternativa 6

Aterro: 3.578.771,824

Nível máx: 918,604

Nível mín: 905,29



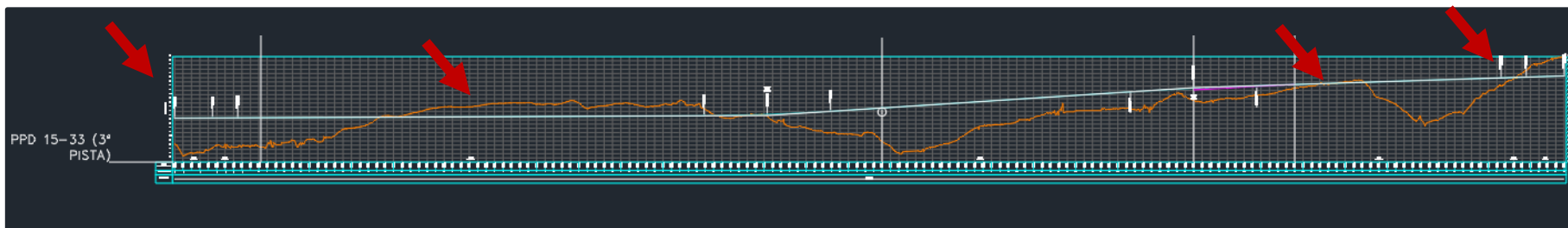
Desapropriação: +-37.000 m²

3. Alternativas estudadas - perfil

Perfil verificado nas modelagens realizadas

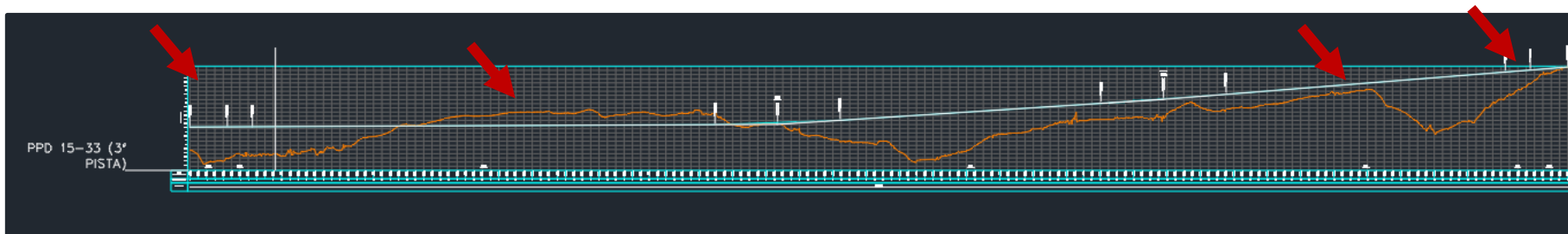
Alternativa 4

Corte na cab 15/16,
Corte e Aterro na cab
33/34



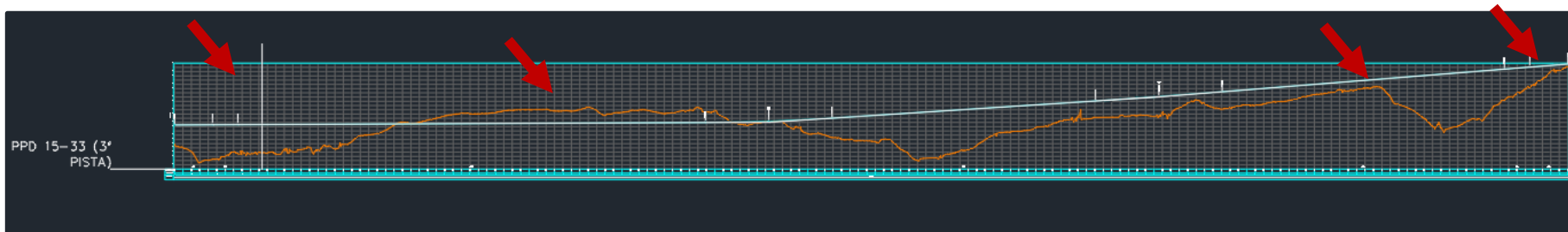
Alternativa 5

Corte na cab 15/16,
Aterro na cab 33/34



Alternativa 6

Corte na cab 15/16,
Aterro na cab 33/34



3. Alternativas estudadas

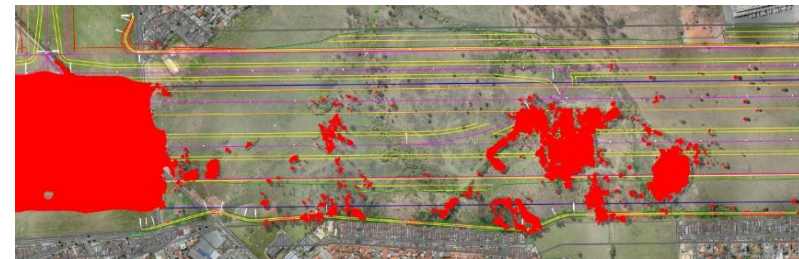
Ilustração da área afetada a ser removida para implantação da PPD

Alternativa 7

Aterro: 5.760.159,294

Nível máx: 922,354

Nível min: 905,83



Desapropriação: +-22.000 m²

Alternativa 8

Aterro: 12.604.318,164

Nível máx: 929,814

Nível máx: 905,83



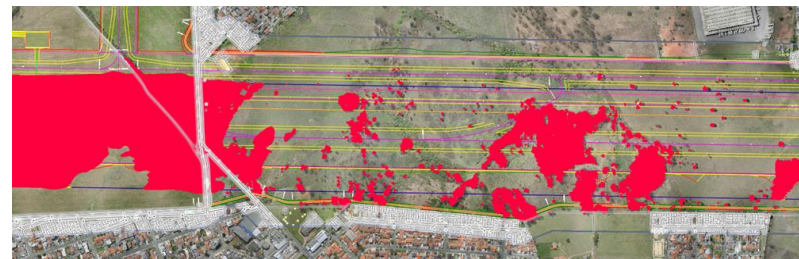
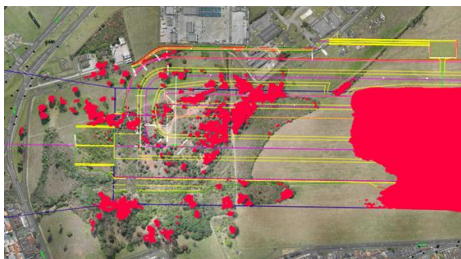
Desapropriação: +-20.000 m²

Alternativa 9

Aterro: 2.708.368,87

Nível máx: 917,75

Nível mín: 905,83



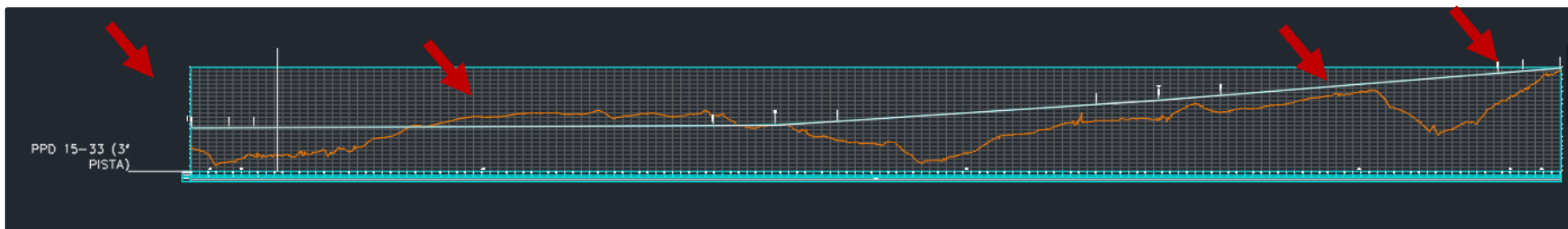
Desapropriação: +-27.000 m²

3. Alternativas estudadas - perfil

Perfil verificado nas modelagens realizadas

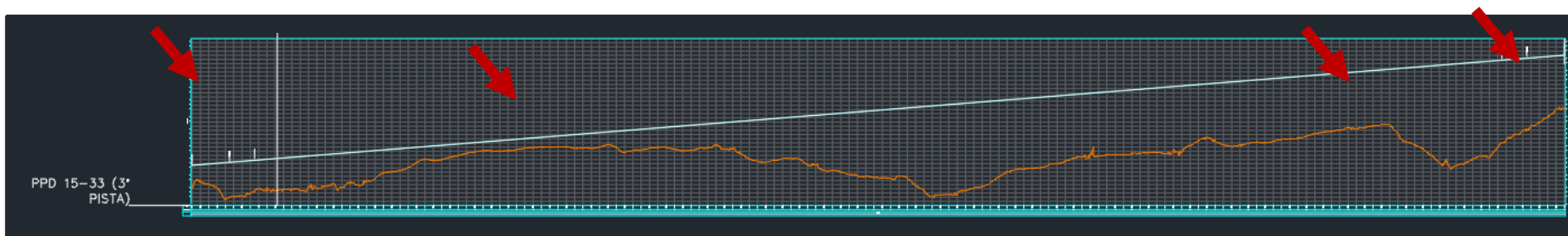
Alternativa 7

Corte na cab 15/16,
Aterro na cab 33/34



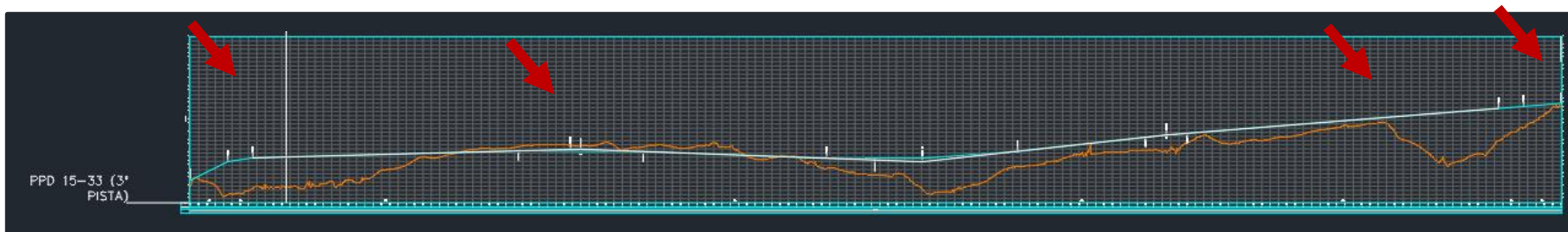
Alternativa 8

Aterro na cab 15/16,
Aterro na cab 33/34



Alternativa 9

Corte na cab 15/16,
Aterro na cab 33/34



3. Alternativas estudadas

Ilustração da área afetada a ser removida para implantação da PPD

Alternativa 10

Aterro: 4.721.806,424

Nível máx: 924,644

Nível min: 904,37



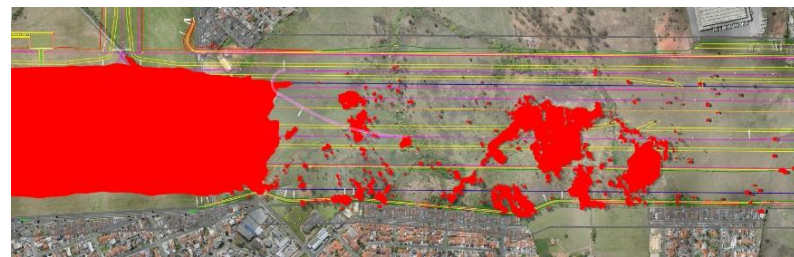
Desapropriação: +-25.000 m²

Alternativa 11

Aterro: 3.214.212,68

Nível máx: 923,394

Nível min: 903,919



Desapropriação: +-25.000 m²

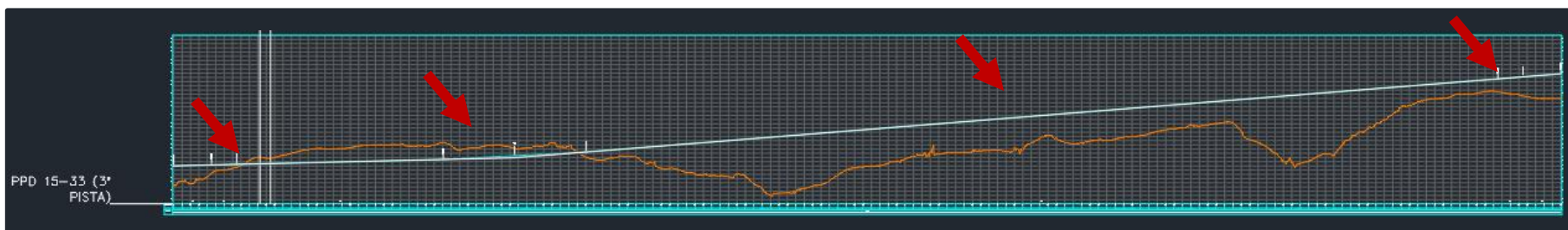
Como pode ser notado, as **manchas vermelhas ilustram todo o componente a ser removido** para viabilizar a implantação da PPD, seja esta solo que se sobrepõe ao perfil de pista ou ainda, edificações vizinhas ou componentes de infraestrutura vizinhos.

3. Alternativas estudadas – perfil

Perfil verificado nas modelagens realizadas

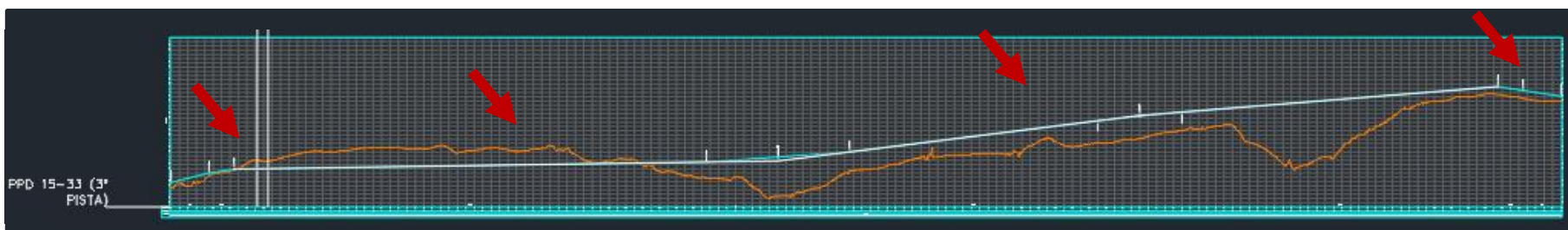
Alternativa 10

Corte na cab 15/16,
Aterro na cab 33/34



Alternativa 11

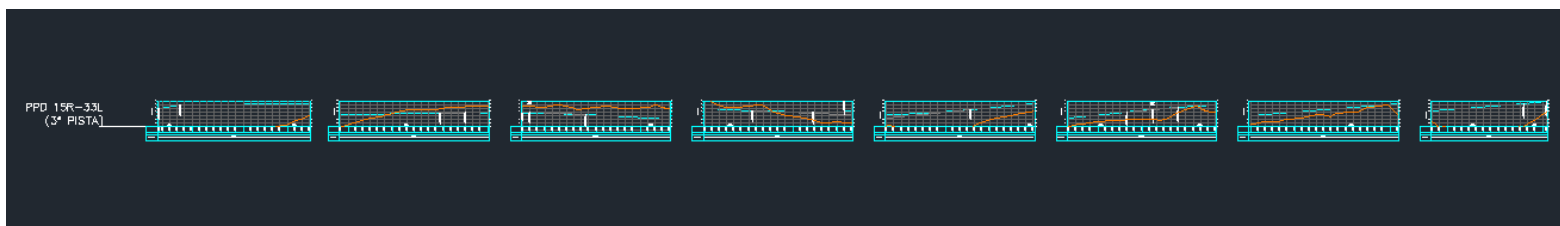
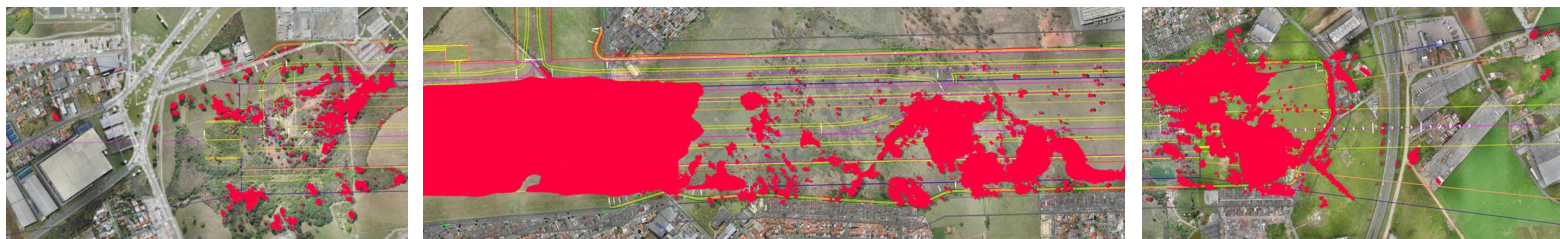
Corte na cab 15/16,
Aterro na cab 33/34



Como pode ser notado, as alternativas variam na posição da PPD, bem como no greide (diferença de altura entre as cabeceiras), sempre respeitando os limites que viabilizem a conexão com a taxiway no pátio existente e o perímetro do sítio aeroportuário.

Nos perfis, **a linha laranja representa o perfil do terreno** como ele se configura hoje e, **a linha branca, o perfil de PPD** estudado com relação à essa condição natural de terreno.

3. Alternativa escolhida (12)



Opção determinada como a mais viável é determinada não pelo menor volume de aterro, mas sim pela otimização que balanceia volume de aterro e menor impacto de vizinhança a partir do deslocamento longitudinal 92 m em direção à Cabeceira 33 (Cabeceira 15 elevada em 6,35 m e Cabeceira 33 elevada em 1,55 m).

Área de desapropriação: 22.250 m²

Volume de corte: 1.484.689,78 m³

Volume de aterro: 2.207.588,07 m³

Das 12 alternativas, a CCR apresentou como solução ideal para a viabilidade deste projeto a implantação cujo nível da PPD se figura na **cota 916,25**, com greide de 4,8 m.

A solução escolhida consta da **solução de número 12**, e na mesma, a PPD se apresenta **3,8 metros abaixo da cota de nível da Rua Constante Mouro Sobrinho** no ponto em que esta corta o sítio aeroportuário.

Esta solução também implica em desapropriação de aproximadamente 45 lotes implantados no entorno imediato do sítio aeroportuário.

3. Normativas consideradas



Frente ao exposto, a CCR reforça o **normativo incidente sobre o projeto da nova Pista de Pouso e Decolagem**, considerada em cada um dos estudos realizados, não se limitando aos mesmos, mas incorporando ainda as NBR's vigentes sobre o tema:

- Manual de todas as aeronaves que copoem o Mix Representativo de Aeronaves. (Item 2.0)
- ANAC - Regulamento Brasileiro da Aviação Civil
 - RBAC 107 EMD 09 - Segurança da Aviação Civil Contra Atos de Interferência Ilícita – Operador de Aeródromo
 - RBAC 110 EMD 02 - Programa Nacional de Instrução em Segurança da Aviação Civil Contra Atos de Interferência Ilícita – PNIIVSEC
 - RBAC 139 EMD 06 - Certificação Operacional de Aeroportos
 - RBAC 153 EMD 07 - Aeródromos - Operação, Manutenção e Resposta à Emergência
 - RBAC 154 EMD 07 - Projeto de aeródromos.
 - RBAC 161 EMD 04 - Planos de Zoneamento de Ruído de Aeródromos – PZR
 - RBAC 91 EMD 04 - Requisitos gerais de operação para aeronaves civis
- ASTM. (2012). D5340 - 12 Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys. Pennsylvania (PA), United States: ASTM International, West Conshohocken.
- FAA, F. A. (Outubro de 2014b). Advisory Circular - AC 150/5380-7B - Airport Pavement Management Program (PMP), 12f. Washington, DC: Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation.
- MANUAL PARA O CÁLCULO DE PCR DE PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS SUPERINTENDÊNCIA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA – SAI
- Agência Nacional de Aviação Civil. (2016). IS nº 153.103-001 – Revisão A. Federal Aviation Administration. (2011). AC nº: 150/5370-11B. Federal Aviation Administration. (2020). AC nº: 150/5335-5D. Federal Aviation Administration. (2021). AC nº: 150/5320-6G.

4. Impacto Viário



Imagem 4.1.: Rua Constante Moro Sobrinho em configuração existente.

O conjunto formado pelas Rua Constante Moro Sobrinho juntamente com a Rua Antonio Moro hoje consiste em via coletora com movimentação diária de aproximadamente 18.000 veículos que transitam em ambos os sentidos.

Contudo, a mesma atravessa o sitio aeroportuário na área de implantação da nova pista de pouso e decolagem em 3,8 m acima da cota de nível final da PPD neste ponto.

Deste modo, a CCR apresenta, a seguir, as **3 alternativas estudadas** para tratar esta demanda.

5. Alternativa 1 de Desvio

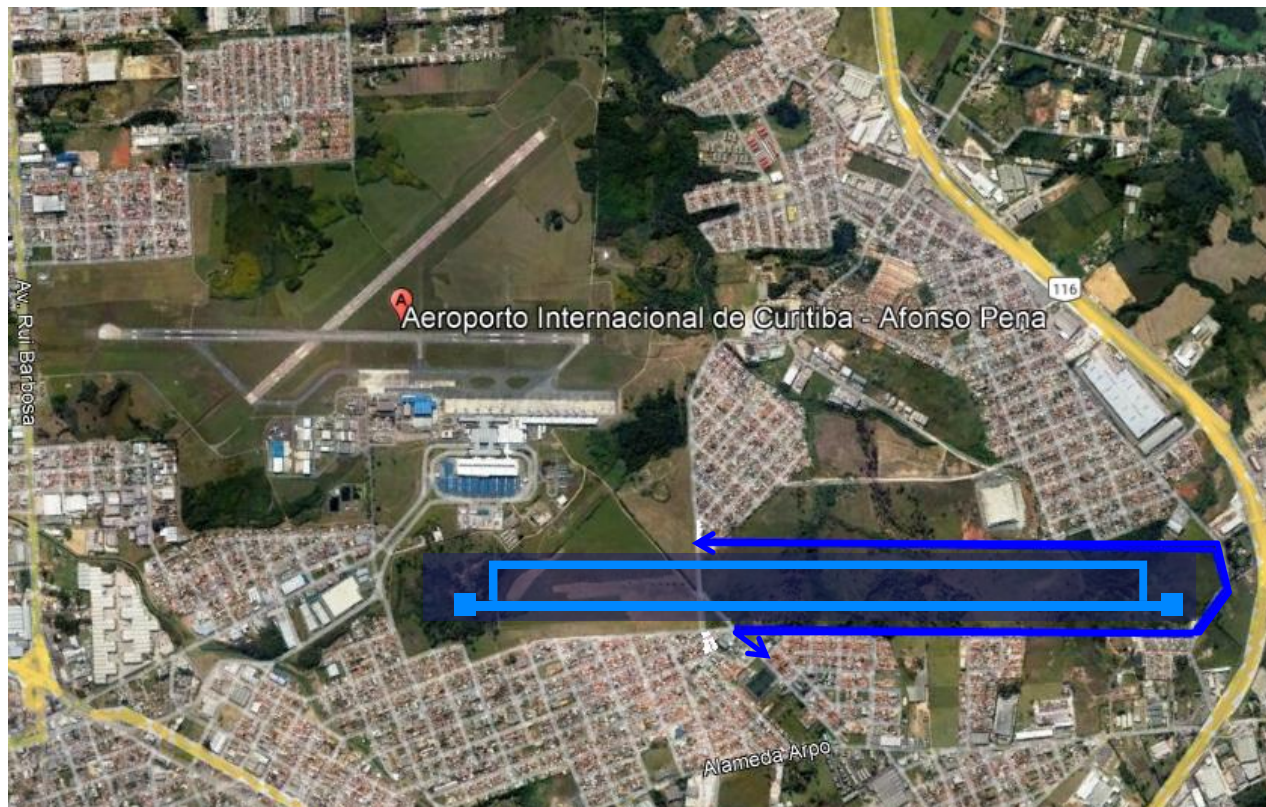


Imagem 5.1.: Desvio no limite do sítio aeroportuário

A primeira alternativa estudada consiste de implantação de um desvio viário nos limites do sítio aeroportuário, contornando a cerca patrimonial do aeroporto.

Resultado da análise: inviável operacionalmente

Conforme estabelecido na PORTARIA No 256/GC5, de maio de 2011 do DECEA, a PPD é referência para a configuração de limites virtuais no espaço aéreo que, estabelecem a altura máxima que um objeto projetado ao espaço aéreo pode ter.

Quando pretendemos implantar estrutura nas laterais ou na extremidade da PPD, estamos sujeitos às limitações das superfícies de aproximação e das superfícies de transição que, consistem de rampa ascendente a partir do limite da faixa de pista, com inclinação de 14,33%.

5. Alternativa 1 de Desvio

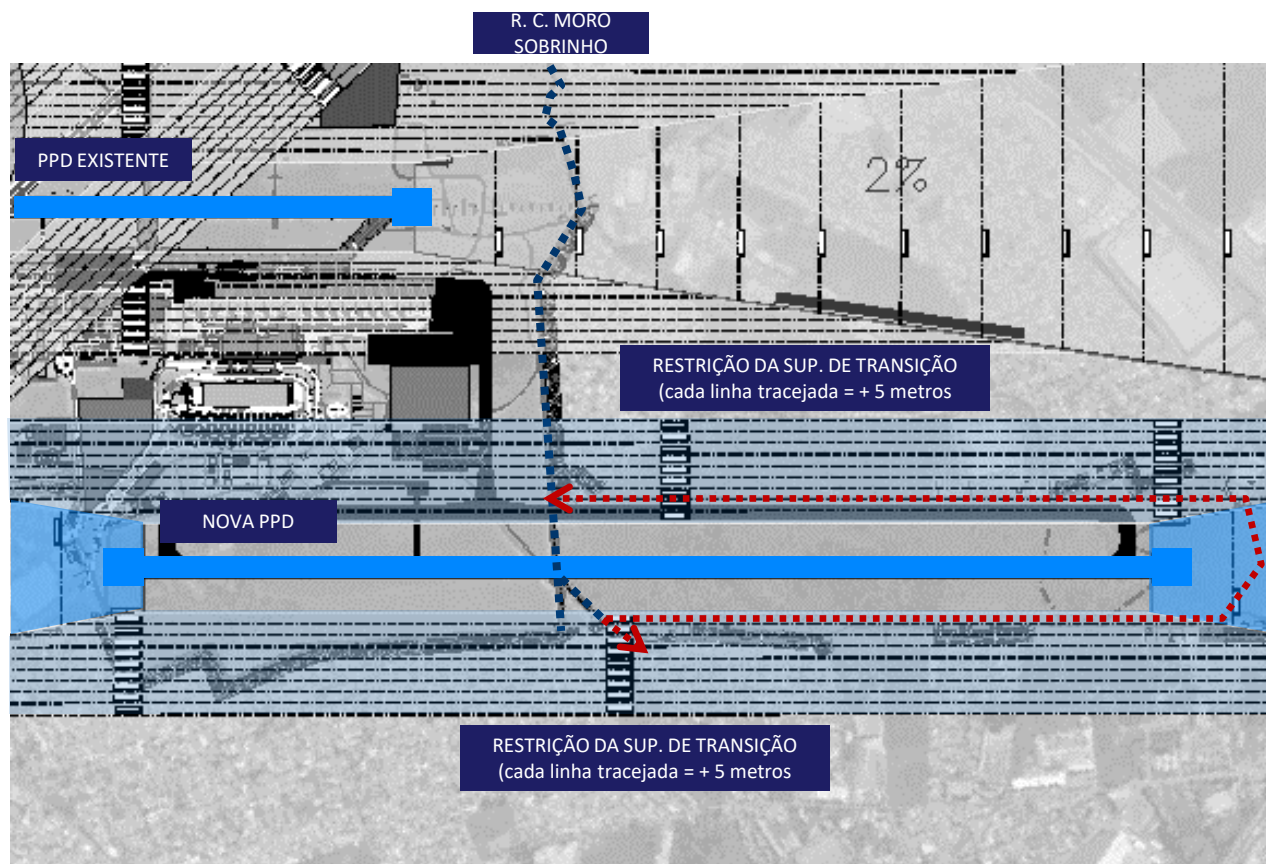


Imagem 5.2: Ilustração das restrições de altura configuradas pela nova PPD.

OBS: seria necessário desapropriar 88.240m² de área para viabilizar o desvio perimetral caso este fosse implantado rebaixado ao nível do aeroporto.

Neste caso, um poste que ultrapasse as restrições de altura indicadas pelas linhas tracejadas na Superfície de transição e aproximação verificável na Imagem 5.2, **figura como obstáculo, impedindo a operação aérea.**

Na imagem 5.2 ao lado é possível observar esses limites onde cada linha tracejada (preta) apresenta uma variação de altura em + 5 metros, e portanto, se implantada via perimetral, **esta não poderia ter qualquer infraestrutura acima de 0,00 metros de altura.**

Tal análise nos evidencia que a implantação de via imediatamente após a cerca patrimonial não é possível sob a ótica da operação aérea, devendo esta ser afastada do limite da cerca para que não se torne impeditivo à operação porém, configurando desapropriações em toda sua extensão ou, **seria necessário rebaixá-la em aproximadamente 15 m com relação ao nível do bairro.**

5. Prós e Contras – Alternativa 1



PONTOS POSITIVOS

1. Em conformidade com a legislação urbanística do município (Plano Diretor e Lei de Diretrizes Viárias)
2. Não afeta a segurança operacional do aeroporto (apenas se fosse implantado com rebaixo 15 metros abaixo da cota de nível do aeroporto);
3. Possibilita a mobilidade da população independente de eventos no aeroporto;

PONTOS NEGATIVOS

1. Existência de obstáculos configurados pela Portaria 256 do DECEA que impedem a operação aeroportuária e ferem contrato de concessão;
2. Configuração de barreira física de aproximadamente 15 metros de altura para adequação do nível desta via caso esta fosse implantada no local solicitado;
3. Aumento do percurso e do tempo de deslocamento de moradores e demais usuários do sistema viário;

5. Alternativa 2 de Desvio



Imagem 5.3: Desvio configurando passagem em desnível sob a nova PPD (ponte).

A segunda alternativa estudada consiste na substituição do trecho existente da Rua Constante Moro Sobrinho por uma passagem em desnível, ou túnel / mergulhão por debaixo da PPD.

Resultado da análise: inviável operacionalmente

Conforme é apresentado na documentação de apoio a esta apresentação, a implantação de túnel sob a PPD é vista pela ANAC, FAA e ICAO como risco operacional, sendo recomendada por todos os órgãos que a solução seja **evitada**.

A implantação de passagem em desnível implica na demanda por reforços estruturais para prevenção à atentados contra a segurança da aviação civil e, ainda, em corresponsabilidade entre as partes sobre o monitoramento e inspeção da área.

5. Alternativa 2 de Desvio



Imagem 5.4: Desvio considerando impactos no entorno.

Obs. Para implantação da alternativa seria necessário desapropriar 16000m² de área.

É importante destacar que estando a PPD 3,8 m abaixo do nível da Rua Constante Moro Sobrinho, se faria necessário rebaixamento da mesma em 15 metros abaixo do nível da PPD, totalizando **rebaixo de 18,8 metros**.

Assim sendo, estamos tratando de uma **rampa de aproximadamente 400 metros nos limites de entrada e saída do terreno** (linhas azuis escuras), para que o túnel figurasse em nível sob a estrutura da PPD (azul claro).

Deste modo, **toda via que hoje conecta neste trecho da Rua Constante Moro Sobrinho, perderia seu acesso à mesma**, figurando como rua sem saída (linhas vermelhas), bem como todo lote adjacente a tal rampa estaria passível de desapropriação.

Descarta-se ainda a configuração de túnel secundário (linha amarela), frente à demanda por redundância de canal de inspeção e vulnerabilidade sob a PPD.

5. Alternativa 2 de Desvio

Estruturalmente, a implantação desta modalidade e desvio implicaria em um rebaixamento da via em extensão aproximada de 400 metros para além dos limites do sítio aeroportuário, afetando diretamente os lotes lindeiros e implicando em **desapropriação de 16.000 m²**.

Ainda, se faria necessária a redução da velocidade desta via e, adicionalmente, seria recomendado que, antecedendo a passagem sob a PPD os veículos fossem inspecionados e os motoristas identificados.

Para tanto, a triangulação do tempo de atraso de cada um dos veículos que passam sob essa via, considerando um tempo de inspeção estimado em 3 min por veículo (mínimo) e 10 min por veículo (máximo), geraria extensas filas tornando inviável a sua operacionalização sem a degradação do nível de serviço da via.

Uma simulação simplificada realizada com tais parâmetros ilustra o congestionamento / fila gerado em 1 hora de procedimento implantado, sendo 750 veículos a média de movimentação por hora nesta via, com 350 por faixa a uma taxa média de distribuição de 6,5 veículos / min.

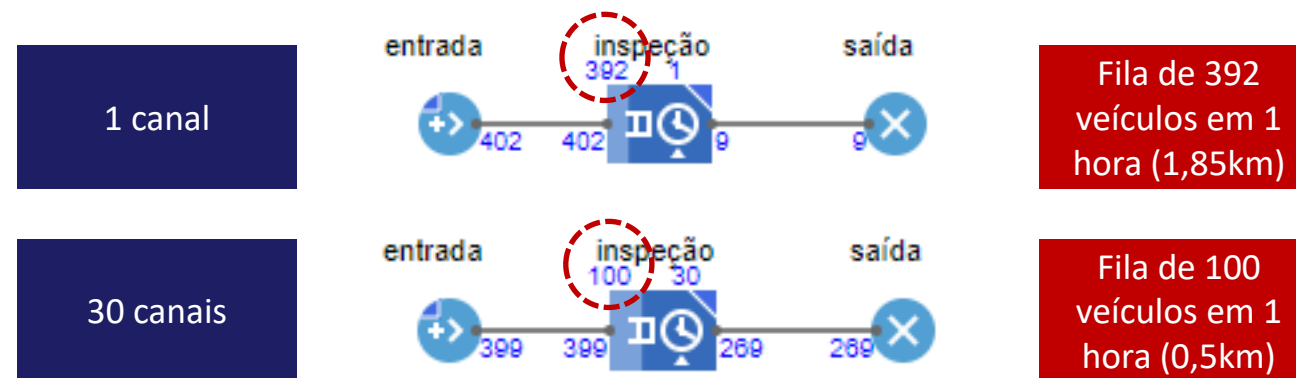


Imagem 5.5: Simulação simplificada de processo realizada no Anylogic de inspeção e formação de fila no período de 1 hora no sistema com 1 faixa de entrada, 1 faixa de saída e variação da quantidade de cabines de inspeção.

Os números acima evidenciam que em determinado momento, apesar do aumento da quantidade de canais de inspeção disponível, a própria via em suas condições de operação passaria a ser um gargalo e, o atraso segue sendo gerado visto que o procedimento implantado depende da capacidade do conjunto: vias + canais de inspeção.

5. Prós e Contras – Alternativa 2



PONTOS POSITIVOS

1. Mantem a ligação entre os bairros Jd. Suíça e Cruzeiro

PONTOS NEGATIVOS

1. Apresenta risco à operação do aeroporto quanto à atos ilícitos conforme preconizado na RBAC 154 e RBAC 107;
2. Descaracteriza a via coletora que consiste da Rua Constante Moro Sobrinho, e reduz sua velocidade, principalmente se implantado o monitoramento e inspeção, aumentando os tempos de viagem e de percurso e, portanto, reduzindo sua capacidade;
3. Possibilidade de interrupção do tráfego por tempo indeterminado em caso de ato ilícito que possa apresentar risco à operação e segurança do aeroporto;
4. Remanejamento de parte fluxo de veículos para vias alternativas dada a redução da fluidez na Rua Constante Moro Sobrinho;
5. Necessidade de adequação do viário alternativo para receber fluxo de veículos oriundos da Constante Moro Sobrinho;
6. Corresponsabilidade do município em garantir a segurança operacional da PPD, em relação a eventos que ferem a segurança operacional;
7. Alto custo para implantação devido à necessidade de reforços estruturais decorrentes das orientações do ICAO e FAA;

5. Alternativa 3 de Desvio



Imagem 5.6: Desvio pelo viário por vias existentes a serem adequadas ao tráfego.

A terceira alternativa estudada consiste de implantação de um desvio viário que contorna a cerca patrimonial, mas de forma afastada à mesma, utiliza-se de vias existentes para realização do trajeto.

Resultado da análise: recomendado

A opção apresentada pela CCR consiste justamente de uma variação da primeira alternativa e, esta, apesar do aumento de extensão a ser percorrida pelo motorista, não apresenta atraso significativo e consegue garantir a conectividade entre os bairros sem apresentar risco à operação aérea.

5. Prós e Contras – Alternativa 3



PONTOS POSITIVOS

1. Não afeta a segurança operacional do aeroporto;
2. Possibilita a mobilidade da população independente de eventos no aeroporto;
1. Resulta em melhorias operacionais do tráfego (sinalização, temporização de semáforos, melhorias no sistema viário e outras medidas)

PONTOS NEGATIVOS

1. Aumento do tráfego no sistema viário alternativo (vias utilizadas para desvio);
2. Aumento do percurso e do tempo de deslocamento dos moradores;
3. Interferências nas linhas de transporte coletivo que atravessam a região

7. Conclusão



Tendo exposto suas considerações sobre os estudos realizados, a CCR reforça que tem atuado na busca não apenas por expandir as oportunidades e os investimentos nos aeroportos que estão sob sua gestão mas, ainda, fazê-lo com a garantia de segurança na sua operação.

Deste modo, entende-se que tendo sido estudadas 12 alternativas de implantação da pista de pouso e decolagem e 3 alternativas para atuar sobre o impacto causado na Rua Constante Moro Sobrinho, as soluções apresentadas representam as melhores alternativas sob a ótica da engenharia, do impacto social e da mobilidade urbana verificada no entorno imediato.

A CCR fica à disposição para esclarecimentos adicionais que se façam necessários não apenas sobre o conteúdo desta apresentação, mas também sobre os documentos anexos.

Cabe ressaltar que a alternativa 3 de desvio viário, **evita o pior cenário de desapropriação de 88.240 m² de moradias adjacentes ao aeroporto, reduzindo o impacto causado pela Implantação da PPD.**

OBRIGADO

Edifício Passarelli • 4º Andar
Pinheiros • São Paulo/SP • Brasil
Tel: 55 (11) 3048.5900

www.ccraeroportos.com.br



Programa de Compliance CCR

Acesse: www.ri.ccr.com.br/governança-e-compliance



Atua no combate a corrupção, suborno, propina, pagamentos facilitadores e quaisquer outras condutas antiéticas;



Foco no desenvolvimento dos negócios em conformidade com políticas e normas internas e legislação aplicável;



Se algo não parecer correto, entre em contato com nosso Canal Confidencial:

 **0800-721-0759**

www.canalconfidencial.com.br/canalconfidencialccr

Atenção, slide para uso exclusivamente externo.

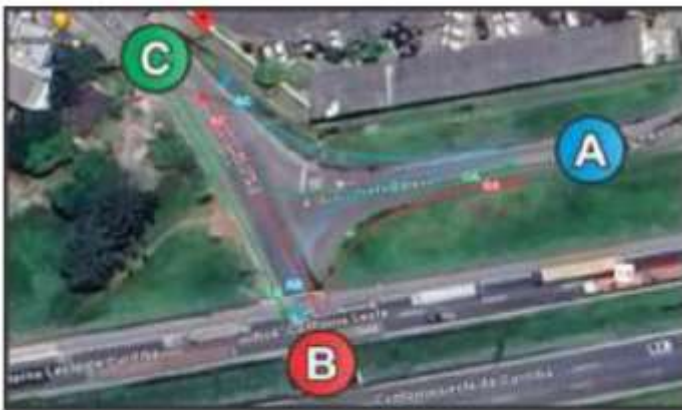
ANEXO IV - CADERNO DE PERGUNTAS E RESPOSTAS (AO DOCUMENTO ENCAMINHADO PELA SECRETARIA MUNICIPAL DE TRANSPORTES E TRÂNSITO)

ANEXO IV – CADERNO DE PERGUNTAS E RESPOSTAS

O presente Anexo apresenta o Caderno de Perguntas e Respostas, desenvolvido para atender e responder aos questionamentos feitos pela Divisão de Engenharia de Tráfego da Secretaria Municipal de Transportes e Trânsito em 06/06/2024.

- Não foram identificados os volumes considerados para cada movimento nas interseções no horário de pico utilizado na simulação. Desta maneira, solicita-se que seja realizado o complemento da informação para cada um dos cenários. Abaixo segue uma sugestão do ponto 05:

05: Rua Dr. Murici X Rua Silvio Pinto Ribeiro



Ponto 5 - Movimento Hora Pico Simulado			
Movimento	Cenário Atual	Cenário com empreendimento	Cenário com medidas mitigadoras
AB			
AC			
BA			
BC			
CA			
CB			

RESPOSTA: Para melhor visualização, foram inseridas novas imagens e tabelas conforme o padrão abaixo:



		Destino			
Origem		1	2	3	4
Atual	1		114	158	69
	2	287		6	491
	3	247	39		68
	4	55	501	46	

		Destino			
Origem		1	2	3	4
Com fechamento da Rua	1		114	11	289
	2	287		1	496
	3	9	2		0
	4	210	546	9	

A P.M. solicitou uma coluna para a situação com o empreendimento e outra com o empreendimento e medidas mitigadoras. Em termos de QUANTIDADE de veículos as duas colunas apresentam os mesmos valores, ou seja, a quantidade de carros que trafegam é a mesma (não seria a mesma caso o empreendimento fosse incrementar o tráfego no viário estudado, o que não acontece).

- Em relação a simulação, não foram identificadas algumas informações utilizadas no modelo. Solicita-se a inclusão dessas informações dos parâmetros utilizados para os cenários, tais como: Capacidade da via, velocidade da via, faixas, movimentos permitidos por interseção, comportamento dos condutores, características dos veículos, entre outros.

RESPOSTA: A capacidade das vias é medida em Unidades de Veículos Passageiros por Hora (UVPs/h), sendo está de 800,00 UVPs/h.

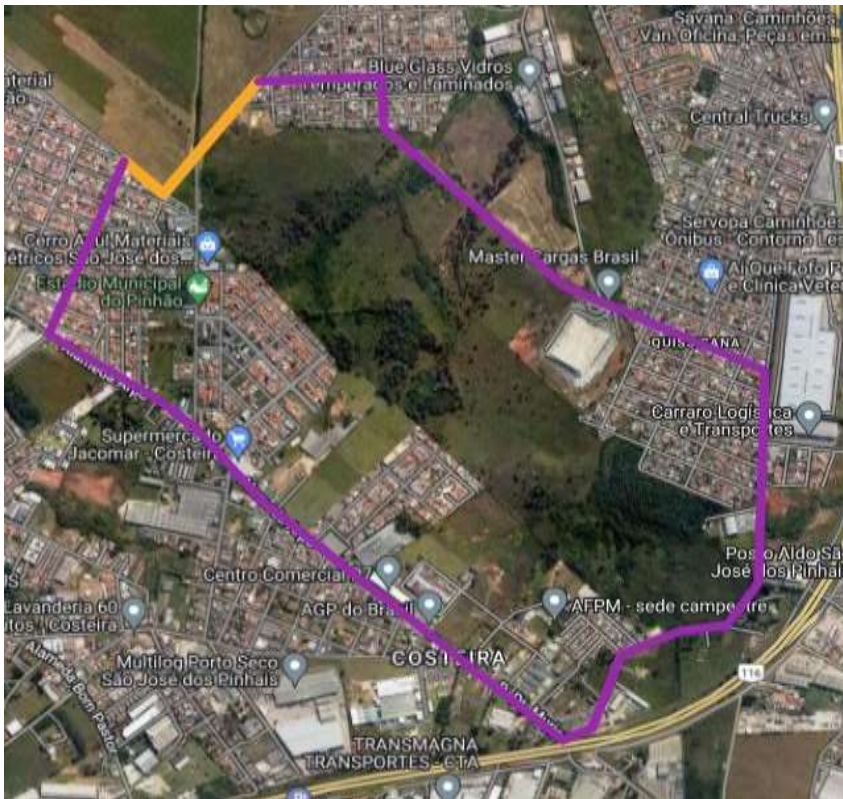
Para a simulação, buscando resultados mais conservadores, adotou-se a velocidade de 30 km/h em todas as vias, independente da velocidade máxima regulamentada ser maior em alguns trechos.

O número de faixas em cada via é determinado pela observação direta do comportamento dos veículos no local, priorizando a fidelidade ao cenário real com base na sinalização horizontal, com a geometria sendo ajustada conforme necessário com base nessa observação. Essa abordagem é derivada da análise de vídeos utilizados na pesquisa de campo. Considerando a mesma lógica aplicada para determinar o número de faixas, também são definidos os movimentos permitidos nas interseções.

Para modelar o comportamento dos condutores e as características dos veículos, foi adotado o padrão do software de simulação AimSun. (Cabe frisar que a simulação é realizada com embasamento na realidade verificada durante a vistoria, principalmente o comportamento dos condutores de forma geral. Sendo assim, a movimentação de fato se sobrepõe, majoritariamente, às regras e sinalizações de trânsito)

- Não se identificou a análise do aumento do tempo de viagem e quilometragem dos veículos devido ao novo desvio. Esta informação é importante para compreender os impactos e determinação das medidas mitigadoras. Para essa análise são destacados dois movimentos:
 - Variação do tempo de viagem entre o ponto 1 e 5 no cenário atual e futuros.

- o Variação da quilometragem e tempo de viagem devido ao fechamento da R. Constante Moro Sobrinho, conforme mapa abaixo (em amarelo trajeto atual e em roxo trajeto futuro)



RESPOSTA: As informações referentes aos tempos de atraso e de viagem estão apresentadas na Tabela 5-2 do Relatório. Qualquer variação observada nestes indicadores entre o cenário atual e o futuro é exclusivamente atribuída ao fechamento da rua.

A variação (atual x futura) no tempo de viagem deve ser considerada em função de uma taxa (tempo/distância) e aplicada ao grupo de trajetos inseridos no sistema (como uma média). Caso o impacto seja considerado apenas para as pessoas que transitam entre a origem e o destino apontados na imagem, o impacto real seria minimizado, por termos pouca quantidade dentro desse trajeto (origem e destino fixos nesses pontos)

- Em relação aos resultados apresentados dos cenários, solicita-se justificativa para a não utilização do método ICU para as interseções não semaforizadas conforme sugestão apresentada no parecer técnico;

RESPOSTA: O software AimSun utiliza como base metodológica o Manual de Capacidade de Rodovias (HCM - Highway Capacity Manual). Dado que a rede está bem calibrada de acordo com o Índice GEH, e que o comportamento dos veículos simulados corresponde ao observado nos vídeos da pesquisa,

optou-se por utilizar a metodologia incorporada ao programa, que leva em conta nuances específicas do comportamento veicular. Isso é preferível em relação à extração de dados brutos para serem tratados por uma metodologia diferente, o que poderia resultar na perda dessas nuances na simulação. **De forma complementar, cabe destacar que a equipe de trânsito da P.M. SJP sugeriu a utilização do ICU como forma de facilitar a análise, uma vez que este método é mais simples que o HCM. Optamos por utilizar o HCM na totalidade dos cruzamentos, uma vez que o software faz a análise de forma rápida.**

- Há desencontro na informação no dia do levantamento do tráfego, qual o correto? Dia 13/04/2024 (pag. 18) ou 13/03/2024 (pag. 25);

RESPOSTA: A data da pesquisa é 13/03. A informação foi corrigida no RIT

- Resolução das imagens com os dados do levantamento de tráfego das páginas 19 a 24 estão ilegíveis, com baixa resolução. Apresentar em um formato com melhor resolução para que possa ser feito a análise dos dados;

RESPOSTA: As imagens foram revisadas de modo a apresentar melhor resolução.

- Está claro que foi feita simulação do cenário atual e cenário futuro, com a utilização dos dados do estudo inicial da contagem de veículos na Rua Constante Moro Sobrinho, entretanto, não aparecem novas tabelas com essa somatória de número de veículos ou simulação contemplando a soma de número de veículos, dado utilizado no cenário pós fechamento da via, pois na primeira versão do RIT que é a única versão que apresenta a contagem da Rua Constante Moro, os dados são apresentados através de gráficos, necessitamos que seja apresentado tabelas com as contagens, assim como foi feito na segunda versão (complementar) dos demais pontos, necessitamos de clareza dos dados que foi importado do relatório anterior, não está compreendido se foram referenciados os montantes acrescidos de veículos que geraram o cenário futuro;

RESPOSTA: O item foi revisado buscando dar mais clareza no conteúdo

- Considerar o método de estudo de tráfego para rotatória partindo do princípio de cruzamento convencional com paradas obrigatórias, ou seja, no cenário que todos os movimentos chegando no dispositivo sejam obrigados a pararem e ter um tempo esclarecido específico de parada;

RESPOSTA: O software AimSun utiliza como referência principal para paradas obrigatórias os padrões europeus e americanos, nos quais as paradas obrigatórias são respeitadas mesmo na ausência de tráfego, com base na visão da via perpendicular. No entanto, no contexto brasileiro, esse

comportamento não é observado, sendo comum que os condutores ajam como se tivessem encontrado uma placa de "Dê a Preferência" ao se depararem com uma placa de "PARE". Portanto, para simular de forma mais fiel possível o comportamento dos condutores brasileiros, levando em conta a abordagem do AimSun (baseado no tráfego europeu) em sua simulação, é preferível manter a rotatória funcionando com a lógica de "Dê a Preferência", refletindo assim o que ocorreria caso a rotatória fosse implementada.

- Apresentar simulações de aumento de distância e tempo de deslocamento para quem se desloca de forma pedonal, considerar como base de partida o cruzamento da Rua Mario Wilsom Soares x Rua Rosa Maranhão Bobato e destino sendo o Colégio Estadual Juscelino Kubitschek de Oliveira, e em outra simulação repetindo o ponto 1 e traçando como destino a UBS Xingu;

RESPOSTA: Novamente, deve-se esclarecer que a rede simulada no AimSun, não inclui trajetos entre pontos específicos, mas sim a situação da rede como um todo. No entanto, ao analisar a Tabela 5-2 (que receberá esclarecimentos complementares na revisão), observamos que o tempo de viagem na simulação diminuiu em mais de 1 minuto entre os pontos pesquisados.

- No arquivo de anexo do RIT complementar está faltando os anexos, somente foram apresentados os títulos;
- Para as simulações de programação semafórica da Alameda Arpo precisamos de mais clareza de como foram utilizados os dados no software e encontramos algumas inconsistências como:
 - ✓ Foi considerado uma faixa de cada sentido para acúmulo e circulação?
 - ✓ Desconsideração da Realidade Dinâmica: O modelo ignora o caráter dinâmico da mobilidade urbana, que se altera ao longo do dia e da semana, em função de diversos fatores como horários de pico, eventos e sazonalidades. A padronização dos ciclos semafóricos em 180 segundos, independentemente da demanda real, demonstra a falta de flexibilidade e adaptabilidade do modelo;
 - ✓ Exacerbação dos Congestionamentos: A proposta de ciclos semafóricos extensos, em muitos casos chegando a 180 segundos, irá agravar os congestionamentos existentes, especialmente nos horários de pico. Essa medida resultará em longas filas de veículos, aumento do tempo de espera e, conseqüentemente, na redução da fluidez do trânsito. Inclusive foi desconsiderado a passagem exclusiva para pedestres neste modelo de programação;
 - ✓ Impacto Negativo na Mobilidade Urbana: A reprogramação semafórica proposta, ao invés de otimizar a mobilidade urbana, trará impactos negativos como:

* Aumento do tempo de deslocamento dos usuários, impactando na

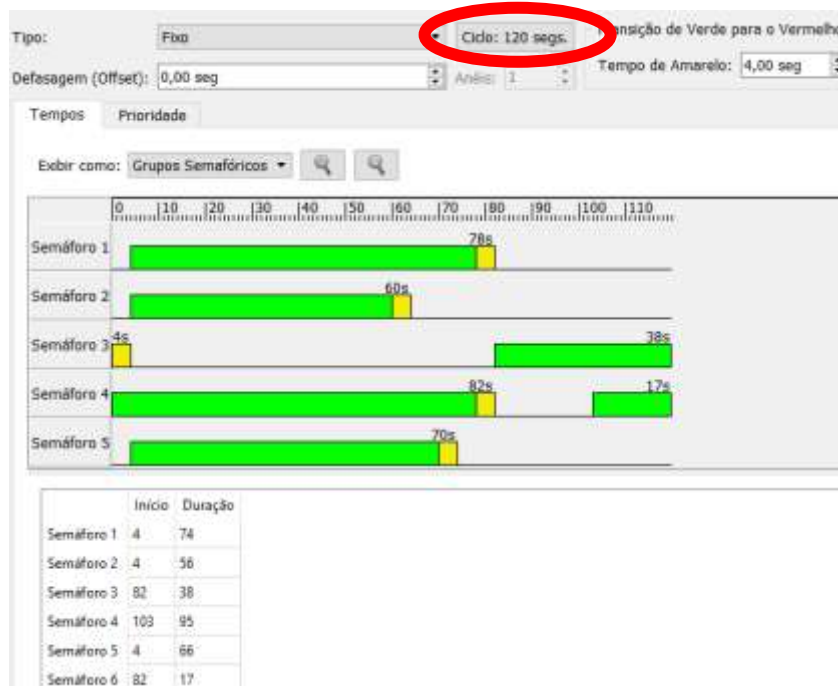
produtividade e qualidade de vida das pessoas;

- * Elevação dos níveis de poluição atmosférica e sonora, em decorrência do aumento do tempo de espera e do tráfego lento;
- * Incremento do risco de acidentes, devido ao aumento da impaciência e da agressividade dos motoristas.

- Utilizar para as simulações de cruzamento semaforizado o maior fluxo levantado na contagem do cruzamento no cenário atual, somado ao maior fluxo levantado na contagem da Rua Constante Moro Sobrinho, indicando de forma clara o número de veículos em ambos cenários.

RESPOSTA: A rede reproduz fielmente o cenário atual; quaisquer alterações são propostas pelo Relatório de Impacto de Trânsito (RIT);

A programação semafórica foi ajustada para o horário de pico da tarde, quando o problema de tráfego é mais significativo. O objetivo do estudo é resolver esse momento crítico e propor uma base de programação semafórica que possa ser ajustada pelo técnico responsável pela região para refletir a dinâmica real. O ciclo semafórico proposto é de 120 segundos, não de 180 segundos.



A programação semafórica base inclui o funcionamento dos semáforos de pedestres de forma atuada. Isso foi considerado na criação da programação semafórica das interseções. Como não há dados de contagem de pedestres na região, não podemos assumir que os semáforos de pedestres serão ativados em todos os ciclos. No entanto, a programação semafórica proposta permite que o tempo semafórico

para pedestres seja facilmente implementado após o fechamento dos Semáforos 1 e 4, por quanto tempo o técnico responsável achar necessário.

- Impacto Negativo na Mobilidade Urbana:

* Não há previsão de aumento no tempo de deslocamento para pedestres ou veículos. Para pedestres, os semáforos continuarão ativados como atualmente. Para veículos, conforme indicado na Tabela 52, o tempo de viagem na simulação diminuiu em mais de 1 minuto entre os pontos pesquisados.

* A simulação demonstra que não ocorrerá congestionamento, conforme indicado pelos Níveis de Serviço.

* Com a redução do tempo de deslocamento e das filas, é esperado que o comportamento de tráfego melhore em relação ao cenário atual.

- O horário de pico selecionado considera o momento de maior volume de tráfego em todo o sistema, levando em conta variações a cada 15 minutos. Além disso, o AimSun possui um modelo que varia a curva de volume na rede durante o horário de pico, o que ajuda a capturar as variações de volume que podem ocorrer em diferentes dias. Selecionar os maiores volumes em todas as aproximações não refletiria a realidade da região, mas sim um cenário atípico.



PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS

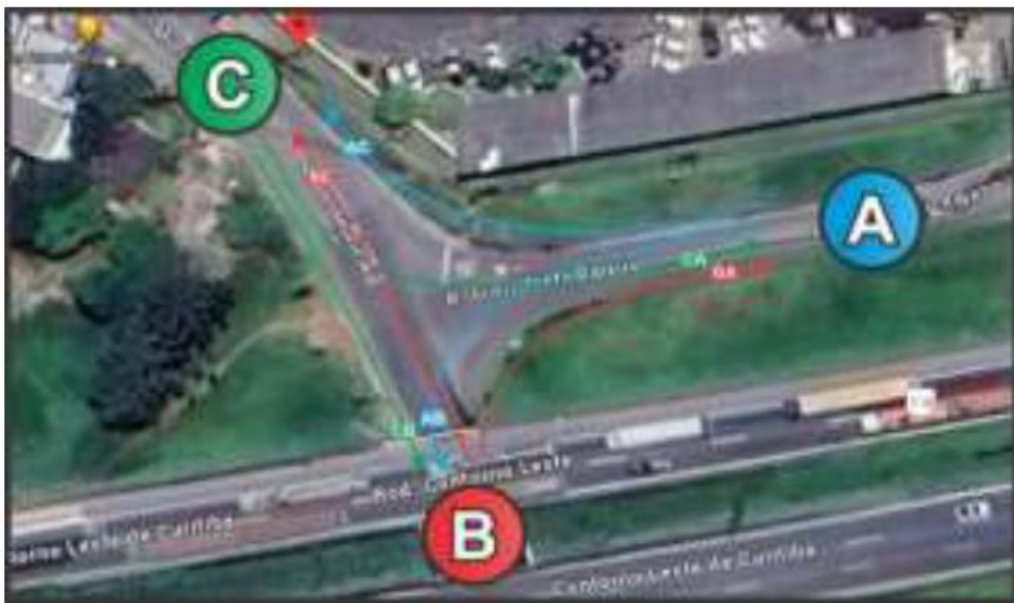
SECRETARIA MUNICIPAL DE TRANSPORTES E TRÂNSITO

transporte.transito@sjp.pr.gov.br – fone: 3381-6337

Seguem os questionamentos e pedidos de complementação em relação ao RIT apresentado no EIV da CCR Aeroportos:

- Não foram identificados os volumes considerados para cada movimento nas interseções no horário de pico utilizado na simulação. Desta maneira, solicita se que seja realizado o complemento da informação para cada um dos cenários. Abaixo segue uma sugestão do ponto 05.

05: Rua Dr. Murici X Rua Silvio Pinto Ribeiro



Ponto 5 - Movimento Hora Pico Simulado

Movimento	Cenário Atual	Cenário com empreendimento	Cenário com medidas mitigadoras
AB			
AC			
BA			
BC			
CA			
CB			

- Em relação a simulação, não foram identificadas algumas informações utilizadas no modelo. Solicita-se a inclusão dessas informações dos parâmetros utilizados para os cenários, tais como: Capacidade da via, velocidade da via, faixas, movimentos permitidos por interseção, comportamento dos condutores, características dos veículos, entre outros.
- Não se identificou a análise do aumento do tempo de viagem e quilometragem dos veículos devido ao novo desvio. Esta informação é importante para



PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS

SECRETARIA MUNICIPAL DE TRANSPORTES E TRÂNSITO

transporte.transito@sjp.pr.gov.br – fone: 3381-6337

compreender os impactos e determinação das medidas mitigadoras. Para essa análise são destacados dois movimentos:

- Variação do tempo de viagem entre o ponto 1 e 5 no cenário atual e futuros.
- Variação da quilometragem e tempo de viagem devido ao fechamento da R. Constante Moro Sobrinho, conforme mapa abaixo (em amarelo trajeto atual e em roxo trajeto futuro)



- Em relação aos resultados apresentados dos cenários, solicita-se justificativa para a não utilização do método ICU para as interseções não semaforizadas conforme sugestão apresentada no parecer técnico;
- Há desencontro na informação no dia do levantamento do tráfego, qual o correto? Dia 13/04/2024 (pag. 18) ou 13/03/2024 (pag. 25);
- Resolução das imagens com os dados do levantamento de tráfego das páginas 19 a 24 estão ilegíveis, com baixa resolução. Apresentar em um formato com melhor resolução para que possa ser feito a análise dos dados;



PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS

SECRETARIA MUNICIPAL DE TRANSPORTES E TRÂNSITO

transporte.transito@sjp.pr.gov.br – fone: 3381-6337

- Está claro que foi feita simulação do cenário atual e cenário futuro, com a utilização dos dados do estudo inicial da contagem de veículos na Rua Constante Moro Sobrinho, entretanto, não aparecem novas tabelas com essa somatória de número de veículos ou simulação contemplando a soma de número de veículos, dado utilizado no cenário pós fechamento da via, pois na primeira versão do RIT que é a única versão que apresenta a contagem da Rua Constante Moro, os dados são apresentados através de gráficos, necessitamos que seja apresentado tabelas com as contagens, assim como foi feito na segunda versão (complementar) dos demais pontos, necessitamos de clareza dos dados que foi importado do relatório anterior, não está compreendido se foram referenciados os montantes acrescidos de veículos que geraram o cenário futuro;
- Considerar o método de estudo de tráfego para rotatória partindo do princípio de cruzamento convencional com paradas obrigatórias, ou seja, no cenário que todos os movimentos chegando no dispositivo sejam obrigados a pararem e ter um tempo esclarecido específico de parada;
- Apresentar simulações de aumento de distância e tempo de deslocamento para quem se desloca de forma pedonal, considerar como base de partida o cruzamento da Rua Mario Wilsom Soares x Rua Rosa Maranhão Bobato e destino sendo o Colégio Estadual Juscelino Kubitschek de Oliveira, e em outra simulação repetindo o ponto 1 e traçando como destino a UBS Xingu;
- No arquivo de anexo do RIT complementar está faltando os anexos, somente foram apresentados os títulos;
- Para as simulações de programação semafórica da Alameda Arpo precisamos de mais clareza de como foram utilizados os dados no software e encontramos algumas inconsistências como:
 - Foi considerado uma faixa de cada sentido para acúmulo e circulação?
 - Desconsideração da Realidade Dinâmica: O modelo ignora o caráter dinâmico da mobilidade urbana, que se altera ao longo do dia e da semana, em função de diversos fatores como horários de pico, eventos e sazonalidades. A padronização dos ciclos semafóricos em 180 segundos, independentemente da demanda real, demonstra a falta de flexibilidade e adaptabilidade do modelo;
 - Exacerbação dos Congestionamentos: A proposta de ciclos semafóricos extensos, em muitos casos chegando a 180 segundos, irá agravar os congestionamentos existentes, especialmente nos horários de pico. Essa medida resultará em longas filas de veículos, aumento do tempo de espera e, conseqüentemente, na redução da fluidez do trânsito. Inclusive foi desconsiderado a passagem exclusiva para pedestres neste modelo de programação;
 - Impacto Negativo na Mobilidade Urbana: A reprogramação semafórica proposta, ao invés de otimizar a mobilidade urbana, trará impactos negativos como:
 - * Aumento do tempo de deslocamento dos usuários, impactando na produtividade e qualidade de vida das pessoas;
 - * Elevação dos níveis de poluição atmosférica e sonora, em decorrência do aumento do tempo de espera e do tráfego lento;



PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS

SECRETARIA MUNICIPAL DE TRANSPORTES E TRÂNSITO

transporte.transito@sjp.pr.gov.br – fone: 3381-6337

- * Incremento do risco de acidentes, devido ao aumento da impaciência e da agressividade dos motoristas.

- Utilizar para as simulações de cruzamento semaforizado o maior fluxo levantado na contagem do cruzamento no cenário atual, somado ao maior fluxo levantado na contagem da Rua Constante Moro Sobrinho, indicando de forma clara o número de veículos em ambos cenários.