



3ª ETAPA DE CONCESSÕES RODOVIÁRIAS - FASE 1

Sistema Rodoviário Federal - Minas Gerais



Produto 4B

**ESTUDOS DE TRÁFEGO FINAL - Parte 1
MODELO DE DEMANDA, REDES DE SIMULAÇÃO**

Revisão 2
Outubro/08

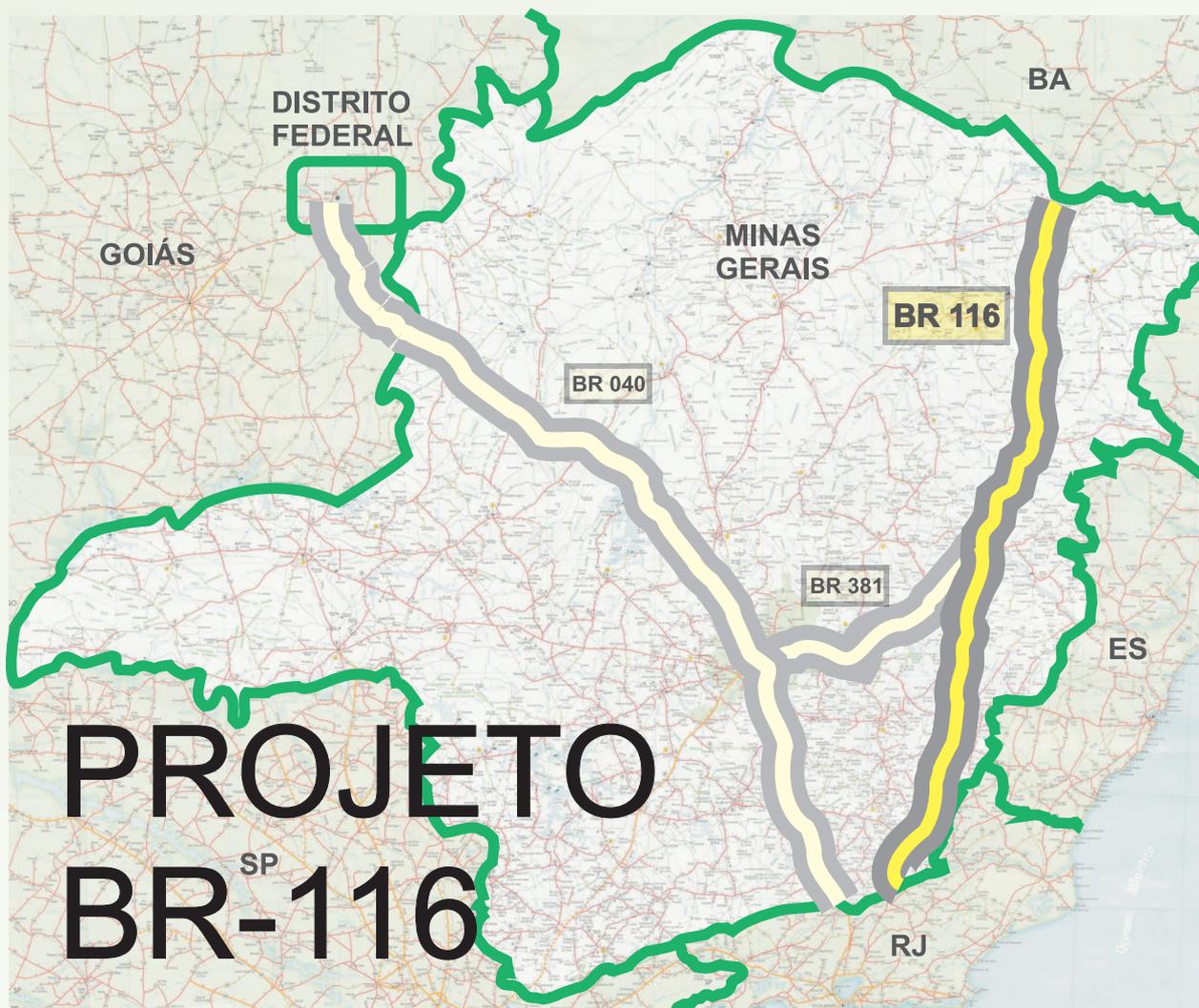


Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico de Engenharia



3ª ETAPA DE CONCESSÕES RODOVIÁRIAS - FASE 1

Sistema Rodoviário Federal - Minas Gerais



Produto 4A

**ESTUDOS DE TRÁFEGO FINAL - Parte 1
MODELO DE DEMANDA, REDES DE SIMULAÇÃO**

Revisão 2
Outubro/08



Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico de Engenharia

1. APRESENTAÇÃO	2
2. CONCEITUAÇÃO	3
2.1. Modelo de Simulação	3
2.2. Zoneamento.....	5
2.3. Rede de simulação	6
2.4. Demanda e Fatores Socioeconômicos	7
2.5. Processamentos	8
3. METODOLOGIA	10
3.1. Construção da rede	10
3.1.1. Zoneamento	10
3.1.2. Demanda	10
3.1.3. Rede.....	11
3.2. Calibração.....	15
3.3. Procedimento de simulação	18
3.3.1. Processamento Preliminar	18
3.3.2. Identificação de Rotas de Fuga	18
3.3.3. Matrizes de Tempo e Distância.....	19
3.3.4. Estimativa dos Percentuais de Fuga a Partir dos Resultados da Pesquisa de Preferência Declarada.....	19
3.3.5. Alocação Final de Matrizes Cativas do Serviço Concessionado	20
3.3.6. Matrizes Finais de Viagens por Praça de Pedágio	20
3.3.7. Estimativas das Taxas de Crescimento por Praça de Pedágio ...	20
3.3.8. Estimativas finais dos volumes por praça de pedágio	21
3.4. Mecanismos de controle	21
4. FORMULAÇÃO DE ALTERNATIVAS.....	23
4.1. Formulação de Alternativas para a BR 116	23
4.2. Resultados da Simulação para a BR 116.....	25



1. APRESENTAÇÃO

Este documento tem por objetivo apresentar o Produto 4B – Estudos de Tráfego Final – Parte I – Modelo de Demanda, Rede de Simulações, Revisão 2, integrante do trabalho relativo às pesquisas e estudos técnicos (“Estudos”) visando ao desenvolvimento do transporte rodoviário no eixo centro-leste do Estado de Minas Gerais. Isso se dará por meio de concessão pública de dois trechos rodoviários federais: toda a extensão da Rodovia BR 116 no Estado de Minas Gerais, de aproximadamente 817 km, em execução pela Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico de Engenharia – FDTE para o Banco de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, conforme Contrato OCS n.º 265/2006, firmado em 30 de novembro de 2006.

O produto 4B Parte I revisão 2 compreende a conceituação de simulação, e da simulação realizada, a metodologia utilizada, o fluxo de dados e informações para análise das fugas do sistema de pedagiamento para a BR 116

Os estudos para definição do sistema de pedagiamento para a BR 116 abordam os seguintes tópicos:

- APRESENTAÇÃO
- CONCEITUAÇÃO
- METODOLOGIA
- FORMULAÇÃO DE ALTERNATIVAS
- RESULTADOS DOS PROCESSAMENTOS

2. CONCEITUAÇÃO

2.1. Modelo de Simulação

O modelo de simulação é utilizado para a estimativa de demanda em sistemas de transportes e é uma tentativa de representar o comportamento do usuário em sistemas de oferta representados no mesmo.

Existem diversos modelos de simulação atualmente adotados nos vários estudos de transportes, e a maioria trabalha com o mesmo conceito: processo de escolha dos usuários baseados no custo generalizado que cada alternativa apresenta. O que difere em cada caso é, não só a formulação analítica adotada para composição do custo generalizado, mas também o modelo de escolha entre as alternativas disponíveis.

Para atender à metodologia selecionada e proposta foram empregados softwares especializados para a representação da rede rodoviária e da alocação dos fluxos de tráfego, com os respectivos modelos de simulação de rede de transportes, constantes do programa VISUM da empresa alemã PTV System Software and Consulting GmbH, com o intuito de agregar recursos técnicos e metodológicos ao processo de modelagem.

O VISUM é um *software* de modelagem de redes de transporte. Trabalha no nível macroscópico, integrando redes de transporte. Pode ser subdividido em duas partes: o modelador da rede propriamente dita e os vários modeladores dos impactos da alocação sobre a rede. Na modelagem da rede se introduzem os dados referentes ao zoneamento, malha viária (e respectiva capacidade) para cada modo de transporte, linhas de transporte e respectivos horários e pontos de embarque/desembarque.

A análise do desempenho se faz possível empregando o programa como ferramenta de otimização. A análise do impacto que uma dada alteração poderia ter sobre a rede fica extremamente facilitada pelo recurso de apresentação gráfica diferencial. O modelo registra o resultado das alocações antes e depois da alteração proposta e exhibe, de maneira gráfica, o efeito da alteração proposta (por exemplo: exibir em verde aqueles trechos aonde houve aumento da rentabilidade por quilômetro e em vermelho aqueles aonde houve diminuição).

O programa oferece uma ampla gama de recursos: A análise isolada de elementos específicos da rede (nós, links, regiões da malha viária, etc.), a listagem de matrizes de indicadores (níveis de serviço, tempo médio de viagem, custo operacional, etc.). É possível ainda incorporar e modelar a elasticidade de cada classe de usuário às variações de tarifa, tempo de percurso, etc. recurso que foi empregado sobre as hipóteses de localização de praças de pedágios e de tarifação de pedagiamento da rodovia.

Os algoritmos que foram empregados em termos de custos generalizados dos usuários, subdivididos em individual e de carga, expressam o comportamento dos usuários na escolha das rotas, considerando as hipóteses de tarifação, bloqueios e restrição para utilização de rotas de alternativas, que poderão se configurar como fuga e elasticidade a valor a ser aplicado.

No caso do VISUM, modelo adotado neste estudo, o software dispõe de várias alternativas para a composição do custo generalizado e também para o processo de escolha. Por outro lado, a análise dos resultados da pesquisa de preferência declarada apontou para a correlação entre diversas características das viagens e a possível escolha na hipótese de concessão da rodovia.

Assim, o modelo de simulação foi configurado de modo a refletir o comportamento identificado pela pesquisa de preferência declarada e calibrado de modo a reproduzir os resultados da pesquisa de opinião, a qual forneceu, conforme apresenta-

do em relatório anterior, o percentual da demanda que “fugiria” dos pedágios eventualmente instalados na rodovia.

2.2. Zoneamento

Toda a representação de sistemas de transportes em softwares de planejamento é baseada em um zoneamento pré-definido com base nos objetivos do estudo que se pretende desenvolver. A escolha pelos limites das chamadas zonas de tráfego deve refletir uma segmentação da área de estudo segundo a homogeneidade das viagens. Os atributos para a caracterização dessa homogeneidade podem ser diversos e dependem da expectativa do estudo em relação às simulações. A disponibilidade de informações no nível de detalhamento do zoneamento selecionado deve ser também um critério importante na hora dessa definição.

No caso deste estudo, foi adotado como zoneamento principal para a simulação os limites dos municípios dos estados de Minas Gerais e Goiás, além do Distrito Federal, uma vez serem esses os estados brasileiros que acomodam o leito da rodovia em estudo. Por outro lado, as pesquisas origem-destino evidenciaram uma predominância de viagens internas a esses estados e um comportamento heterogêneo ao longo do trecho estudado, o que não justifica nenhum tipo de agregação desses municípios ao longo da rodovia, dentro desses estados.

As demais regiões do Brasil foram conectadas à rede de simulação por meio de entradas representativas das principais rodovias de acesso aos estados de Minas Gerais e Goiás, além do Distrito Federal, havendo uma entrada para cada mesorregião dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia, e uma entrada para cada um dos demais estados.

Note-se que esse zoneamento caracteriza um detalhamento do zoneamento de análise, apresentado no relatório de projeções e foi assim considerado para se melhor analisar os resultados das simulações.

2.3. Rede de simulação

Em modelos de planejamento de transportes a oferta é representada segundo dois aspectos: infra-estrutura e os serviços propriamente ditos (oferta). A infra-estrutura é caracterizada pela rede viária e de trilhos ou vias exclusivas por tecnologia, além de pontos notáveis de articulação dessas redes como estações, terminais de transferência, etc. O serviço refere-se aos dados operacionais relativos ao uso da infra-estrutura definida.

As redes são representadas pelos chamados “links” e nós, classificados segundo uma tipologia que caracteriza seu padrão operacional (velocidade, capacidade, desempenho, etc), o qual pode ser diferenciado por serviço que o utiliza.

Os serviços são definidos com base no padrão operacional por elemento da rede, como velocidade, capacidade, funções de desempenho em função do nível de serviço, capacidade de veículos, média de ocupação de autos, etc.

A política tarifária que complementa a caracterização dos serviços é representada por meio de tarifas fixas ou unitárias, exclusivas de cada serviço ou equivalentes a sistemas integrados, e podem ser definidas através de atributos específicos de tarifação (como pedágio, por exemplo) ou ainda criando-se artifícios que simulam os valores cobrados (custo adicional por quilometro, por exemplo).

No caso deste estudo, a rede foi representada pelos “links” exclusivamente rodoviários, conectados à área de estudo por meio de “links” fictícios designados como acessos dos centróides das zonas à rede.

A política tarifária se referiu à representação dos valores dos pedágios e foi feita de forma distinta para a rodovia em estudo e demais rodovias pedagiadas.

Na rodovia em estudo, as tarifas foram diretamente aplicadas a cada parcela da demanda, por meio do modelo determinado a partir dos resultados da pesquisa de preferência declarada, identificando-se o potencial de fuga apontado por essa pesquisa na hipótese de pedagiamento da rodovia BR 116.

No caso das demais rodovias pedagiadas, que deveriam ser corretamente consideradas como rotas de fuga, mas que também acarretariam em pagamento de pedágio, as tarifas foram representadas por meio de artifícios, com penalidade de tempo associada aos valores de tempo dos usuários, representando assim as tarifas nas rotas alternativas.

2.4. Demanda e Fatores Socioeconômicos

A demanda em modelos de transporte é sempre representada por meio das matrizes de origem e destino de viagens, normalmente quantificadas em uma hora típica (hora pico, entre picos, etc), para a simulação do desempenho dos sistemas de transportes, face a sua capacidade horária. Os dados para essa informação são normalmente provenientes de pesquisas de origem e destino realizadas em pontos estratégicos da área de estudo, selecionados de forma a abranger predominantemente a demanda de interesse ao estudo.

A análise da demanda identificada permite o desenvolvimento de modelos analíticos de projeção, a partir da correlação identificada entre o número de viagens por tipo de usuário e dados socioeconômicos que expliquem a necessidade de deslocamento de pessoas ou transporte de cargas. População, PIB e frota são atributos que, embora muitas vezes correlacionados entre si, têm sido os melhores indica-

dores de demanda por transportes. Os preços de combustível, nem sempre correlacionados a esses três atributos, também influenciam a demanda.

Os modelos de projeção podem ou não estar embutidos nos softwares de planejamento. Tradicionalmente, e também no caso deste estudo, a projeção da demanda foi feita externamente ao VISUM, conforme metodologia apresentada no Relatório 4A – Estudos de Projeções de Tráfego, Revisão 2, mas se baseou em resultados das simulações para a determinação dos fatores finais de projeção por praça de pedágio.

Assim, neste estudo as simulações da demanda no VISUM foram feitas com vistas a se estimar o percentual de fuga por praça de pedágio, para se identificar as rotas prováveis de fuga local ou de longa distância e também para avaliar o carregamento da rodovia em toda sua extensão, de uma forma geral.

O VISUM se destaca por permitir a simulação de vários segmentos de demanda simultaneamente, compartilhando o mesmo sistema de oferta. Assim, no caso deste estudo esse recurso foi utilizado não só para a representação das viagens de carga e passageiros, mas também para a identificação em cada segmento da parcela de usuários com comportamentos distintos baseados na renda de passageiros de automóveis ou tipo de caminhão no transporte de cargas.

2.5. Processamentos

O uso de um modelo de simulação requer um controle detalhado dos processamentos, assim como uma estratégia de configuração de alternativas e de depuração de erros de processamento. Para tanto é sempre necessária a definição de critérios para a nomenclatura de arquivos de entrada e saída do modelo, e a forma de articular essas informações com demais atividades do estudo.



No caso do VISUM, os recursos nativos disponíveis são ricos e facilitam os mecanismos de controle. Cada alternativa simulada pode ficar totalmente documentada por meio dos atributos de oferta e demanda registrados nos vários módulos do software. Cada simulação teve, portanto, uma codificação específica que a articulava diretamente às planilhas desenvolvidas para cálculos acessórios, designando uma determinada situação simulada. Os detalhes dessa simulação ficaram registrados no próprio arquivo de dados do VISUM e resumidos em uma planilha para controle geral.

3. METODOLOGIA

Com base na conceituação geral definida, a metodologia de uso do modelo de simulação VISUM neste estudo foi caracterizada pelas seguintes etapas de trabalho:

- Construção da rede
- Calibração do modelo
- Determinação dos procedimentos de uma simulação
- Desenvolvimento dos mecanismos de controle
- Formulação de alternativas
- Definição da estratégia de processamentos das várias simulações
- Consolidação da estrutura de avaliação
- Desenvolvimento da análise dos resultados

3.1. Construção da rede

3.1.1. Zoneamento

O zoneamento da simulação foi composto por 1152 zonas, assim caracterizadas:

Tabela 3.1 Quantidade de zonas por estado

Estado	Nível de agregação	Quantidade de Zonas
MG	Municípios	853
GO	Municípios	246
DF	Municípios	1
SP	Mesorregião	15
RJ	Mesorregião	6
ES	Mesorregião	4
BA	Mesorregião	7
Demais Estados	Estado	20
Total		1152

3.1.2. Demanda

Os segmentos de demanda foram definidos a partir da análise dos resultados das pesquisas de origem e destino, opinião e de preferência declarada, de forma a permitir a representação de grupos de usuários com comportamentos distintos no que diz respeito ao pagamento de pedágio.

Assim, foram adotados 3 segmentos de demanda principais, tanto para a BR 116:

- Automóveis de passageiros
- Caminhões de 2 ou 3 eixos
- Caminhões de 4 ou mais eixos

Além das viagens desses segmentos serem alimentadas no VISUM de forma separada, os atributos operacionais e comportamentais dos mesmos também se diferenciam na hora da representação da oferta, por meio das velocidades nos vários tipos de link e dos respectivos valores de tempo de terminados na pesquisa de preferência declarada.

3.1.3. Rede

A rede consolidada no VISUM foi composta por 9.187 “links”, correspondentes às ligações rodoviárias nos estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia, além do Distrito Federal. Procurou-se detalhar ao máximo a rede rodoviária em Minas Gerais, Goiás e no Distrito Federal, incluindo as rodovias não-pavimentadas nessas unidades da federação. Apenas não foram representadas, por irrelevantes para o estudo, as vias de caráter exclusivamente urbano.

Os tipos de links utilizados são os seguintes:

- BR116: correspondente ao trecho da BR116 em Minas Gerais, todo ele em pista simples
- BR381: correspondente ao trecho da BR381 entre Belo Horizonte e Governador Valadares
- BR040 4 FAIXAS: Corresponde ao trecho da BR040 entre Juiz de Fora e Belo Horizonte, que é composto por 4 faixas de tráfego, duas por sentido, em pista única, sem separação por canteiro central

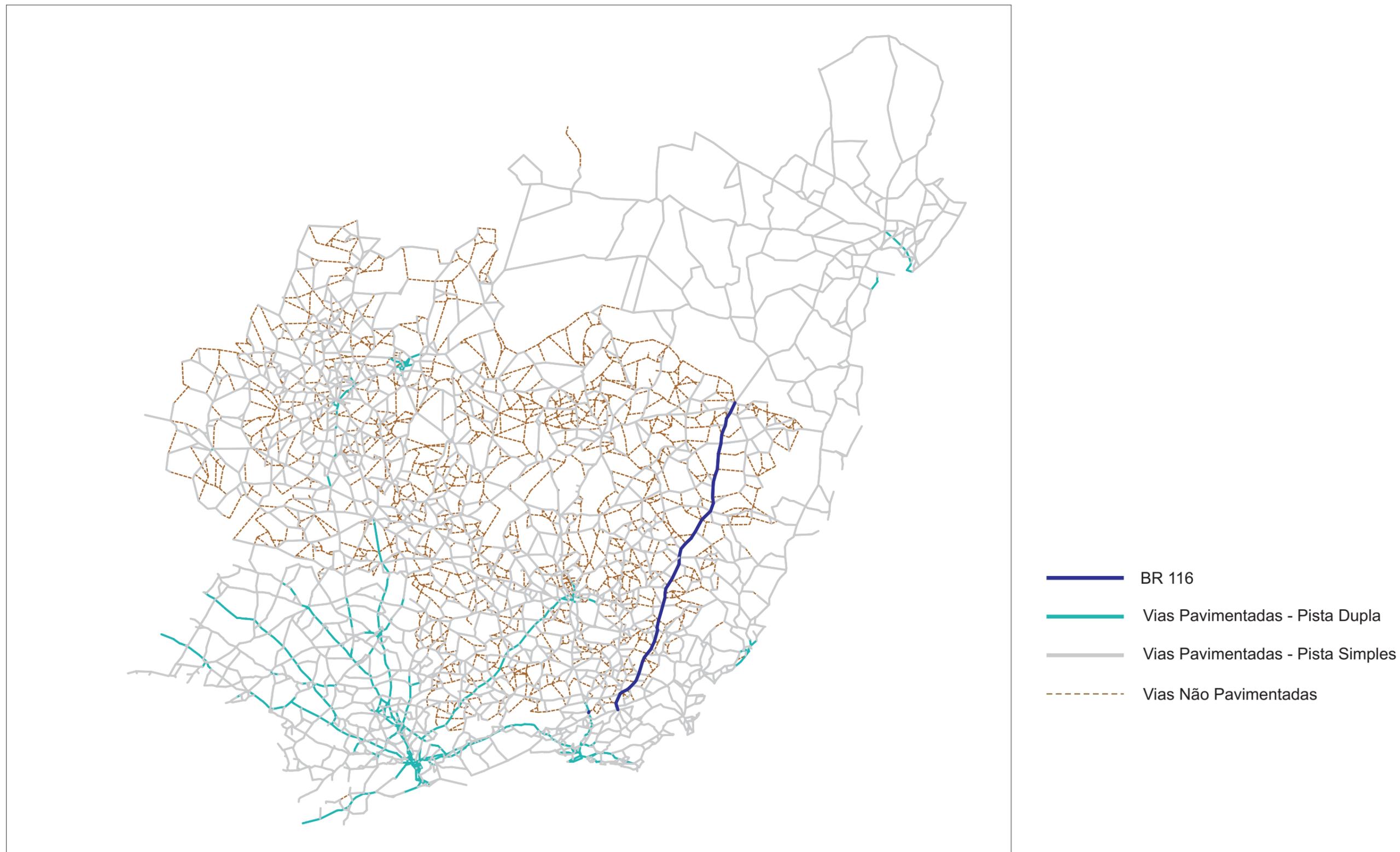
- BR040 PISTA DUPLA: Corresponde aos trechos de pista dupla entre Belo Horizonte e Sete Lagoas, e entre Luziânia e Brasília e ao trecho Sete Lagoas – BR135 (saída para Curvelo), - obra integrante do Programa de Aceleração do Crescimento - PAC;
- BR040 PISTA SIMPLES: correspondente ao trecho entre o entroncamento com a BR 135 e Luziânia
- Vias Pavimentadas – Pista Simples: Todas as rodovias pavimentadas de pista simples em Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e Distrito Federal, sejam de administração federal, estadual, do Distrito Federal e municipal.
- Vias Pavimentadas – Pista Dupla: Todas as rodovias pavimentadas de pista dupla em Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e Distrito Federal, sejam de administração federal, estadual, do Distrito Federal e municipal.
- Vias Não-pavimentadas: Rodovias em leito natural ou com revestimento primário , que, embora com más condições de tráfego, poderiam vir a ser utilizadas como rotas de fuga.

A tabela 3.2 demonstra a quantidade de “links” por tipo e unidade da federação.

Tabela 3.2 Quantidade de “links” por tipo e unidade da federação em que se situa

Tipo de Link	MG	GO	DF	SP	RJ	ES	BA	Total
BR116	51	0	0	0	0	0	0	51
BR381	25	0	0	0	0	0	0	25
BR040 4 FAIXAS	15	0	0	0	0	0	0	15
BR040 PISTA DUPLA	10	3	2	0	0	0	0	15
BR040 PISTA SIMPLES	26	5	0	0	0	0	0	31
Vias Pavimentadas - Pista Simples	1895	927	43	1799	455	229	701	6052
Vias Pavimentadas - Pista Dupla	61	31	31	731	104	19	13	990
Vias Não Pavimentadas	1471	505	16	4	3	6	6	2008
Total geral	3554	1471	92	2534	562	254	720	9187

Figura 3.1 Rede de Links Utilizada na Simulação - BR 116



A oferta de transportes foi caracterizada pelos dados operacionais dos sistemas atuando nos diversos tipos de link. Esses dados operacionais adotados são resumidos na tabela a seguir.

Tabela 3.3 Características Operacionais dos “Links” – BR 116

Tipo de Via	Capacidade (Veíc. Eq/h)	Velocidades (km/h)		
		Automóveis	Caminhões 2 ou 3 eixos	Caminhões 4 ou mais eixos
BR 116	1300	100	90	90
BR 040	1300	70	65	65
BR 381	1300	70	65	65
Vias Pavimentadas – Pista Simples	1300	30	25	25
Vias Pavimentadas – Pista Dupla	4000	80	70	70
Vias Não Pavimentadas	130	15	10	10

Tabela 3.4 Características Operacionais dos “Links” – BR 381

Tipo de Via	Capacidade (Veíc. Eq/h)	Velocidades (km/h)		
		Automóveis	Caminhões 2 ou 3 eixos	Caminhões 4 ou mais eixos
BR 381	1300	100	90	90
BR 040	1300	70	65	65
BR 116	1300	70	65	65
Vias Pavimentadas – Pista Simples	1300	30	25	25
Vias Pavimentadas – Pista Dupla	4000	80	70	70
Vias Não Pavimentadas	130	15	10	10

3.2. Calibração

A calibração da rede consiste no ajuste de parâmetros do VISUM de forma que os volumes simulados nos postos de pesquisa apresentem um comportamento semelhante ao observado nas contagens nas pesquisas de campo.

As referências, portanto, para essa calibração são os volumes resultantes das contagens automáticas de 7 dias, ajustados de forma a refletir não só a média diária, mas também a média anual, uma vez que a sazonalidade foi considerada para a determinação do volume anualizado.

Como se trata de um modelo de simulação é necessário observar as ressalvas e os limites que um instrumento dessa natureza pode apresentar, além de focar os esforços necessários à calibração, compatíveis com a precisão que o estudo necessita.

No caso de estimativas de volumes em praças de pedágio a precisão é importante para subsidiar a estimativa de arrecadação e avaliação da concessão como negócio. Para a estimativa dos investimentos necessários, que dependem da “vida útil” de cada trecho e, portanto, de uma análise de capacidade, a precisão da simulação já não é tão importante, pois a avaliação do nível de serviço baseia-se em patamares de desempenho e não em valores absolutos do volume do tráfego simulado.

Assim, a calibração do VISUM foi feita de acordo com as seguintes premissas:

- Os dados extraídos da simulação são referenciais, ou seja, é avaliado o percentual de fuga de cada praça de pedágio
- Os resultados da simulação no VISUM são basicamente matrizes de tempo e custo os quais, aplicados ao modelo calibrado com os resultados da pesquisa de preferência declarada, permitem a determinação da utilidade de cada situação (com e sem pedágio) e conseqüente probabilidade de fuga respectiva.
- Os percentuais obtidos são aplicados aos volumes observados nas contagens e ajustados para a média anual, de forma a se obter a estimativa final do volume em cada praça de pedágio

Dessa maneira, o esforço da calibração se volta aos aspectos mais importantes da simulação, relativos aos atributos das viagens, ao invés de se concentrar na calibração apenas do volume de tráfego nos “links” dos postos de pesquisa, bastando, portanto, que a rede apresente um comportamento lógico no que diz respeito a ilustrar as rotas de fuga compatíveis com os tempos e custos das viagens

Essa opção garante a simulação final da fuga, fiel ao comportamento expresso nas pesquisas de opinião e de preferência declarada. Note-se que, além do valor do tempo, atributos das viagens como freqüência e motivo da viagem de automóveis, ou propriedade do veículo e tipo de carroceria e carga, no caso de caminhões, mostraram-se relevantes na calibração do modelo de escolha a partir dos resultados da pesquisa de preferência declarada.

Os parâmetros utilizados para a determinação do custo generalizado são:

- o custo do tempo de viagem, segundo cada uma dos segmentos da demanda,
- e o custo operacional dos veículos, por unidade de distância, segundo o tipo de veículo.

A fórmula utilizada para essa determinação foi:

$$C_G = c_P * d + \sum_{i=0}^n c_T * t_{0,i} * \left(1 + \frac{q_i}{c_i}\right)$$

Onde:

C_G : Custo generalizado da viagem, em R\$

c_P : Custo operacional dos veículos, em R\$/km

d : Distância percorrida, em km

n : Número de “links” percorridos na viagem

c_T : Custo do tempo, em R\$/h

$t_{0,i}$: tempo de percurso no “link” i, na situação de fluxo livre, em h

q_i : volume de tráfego alocado no “link” i, em veículos equivalentes/h

C_i : capacidade da via, em veículos equivalentes/h

Os valores dos parâmetros C_P e C_T para os diferentes segmentos de demanda, segundo a rodovia em foco, se encontram nas tabelas a seguir, a saber: Tabela 3.5 referente à BR 116.

Tabela 3.5 Parâmetros da função de custo generalizado – BR 116

Parâmetro	Automóveis	Caminhões 2 ou 3 eixos	Caminhões 4 ou mais eixos
C_P (R\$/hora)	9,04	25,42	49,83
C_T (R\$/km)	0,74	1,24	1,24

3.3. Procedimento de simulação

Considerando-se a concepção da rede adotada, a simulação de cada situação alternativa foi desenvolvida considerando-se as seguintes etapas:

3.3.1. Processamento Preliminar

- Alocação dos quatro segmentos de demanda permitindo que os mesmos trafegassem pelos “links” dotados de praças de pedágio (simulação “a”) e inibindo os “links” de praças para o tráfego, forçando a tráfego pelas rotas de fuga (simulação “b”).

3.3.2. Identificação de Rotas de Fuga

- Visualização no VISUM da diferença dos carregamentos entre as simulações “b” e “a”, ilustrando em verde os “links” que aumentaram de volume e em vermelho os que tiveram seu volume reduzido
- Avaliação das rotas de fuga
- Ajustes de parâmetros (velocidade de “links” de rodovias municipais ou vias

de terra)

- Validação final das rotas de fuga

3.3.3. Matrizes de Tempo e Distância

- Determinação das matrizes de tempo e distância para cada par de origem e destino das matrizes de viagens alocadas, em cada situação “a” e “b”
- Avaliação das curvas de frequência de viagens por faixa de tempo e de distância da situação “a”, que corresponde aos caminhos adotados por ocasião da pesquisa de origem e destino, ou seja, ninguém fugindo da rodovia
- Comparação desses resultados com as informações da pesquisa de origem e destino
- Ajuste de atributos do VISUM de forma a aproximar as curvas de frequência simulada (“a”) e observada
- Formatação final das matrizes de tempo e distância das situações “a” e “b”

3.3.4. Estimativa dos Percentuais de Fuga a Partir dos Resultados da Pesquisa de Preferência Declarada

- Cálculo das utilidades das situações “a” e “b” considerando as respectivas matrizes de tempo, o qual é associado ao coeficiente do tempo determinado no modelo de escolha decorrente da pesquisa de preferência declarada
- Determinação das probabilidades de fuga de cada parcela da demanda, a partir da função que considera as utilidades determinadas
- Determinação dos limites mínimos e máximos de fuga de cada praça de pedágio com base em dois critérios:
 - Toda a parcela de demanda analisada (viagens de mesmo par de origem e destino, mesma renda, motivo e frequência, por exemplo) FOGE do pedágio **OU** PAGA pelo serviço da rodovia concessionada, de acordo com a probabilidade predominante
 - A demanda analisada (viagens de mesmo par de origem e destino, mesma renda, motivo e frequência, por exemplo) é dividida em duas parcelas, uma que FOGE do pedágio **E** outra que PAGA pelo serviço da rodovia concessionada, de acordo com as probabilidades determinadas

3.3.5. Alocação Final de Matrizes Cativas do Serviço Concessionado

- Alocação final dos segmentos de demanda, então subdivididos em 8 segmentos, representando a parcela que paga o pedágio ou foge dele, de cada um dos 4 segmentos originais
- Análise do carregamento da rodovia como um todo
- Ajuste de parâmetros e reprocessamento quando necessário
- Identificação final da matriz de viagens por praça de pedágio
- Identificação final dos trechos de rodovia com volumes homogêneos para efeito de análise de capacidade e de padrão operacional

3.3.6. Matrizes Finais de Viagens por Praça de Pedágio

- Tabulação final de viagens por praça de pedágio, com a determinação da participação percentual de cada zona de análise na demanda por praça
- Obs.: as zonas de análise são aquelas definidas por ocasião dos estudos de projeções, ou seja: municípios das microrregiões lindeiras à rodovia; microrregiões do restante de MG; mesorregiões dos estados vizinhos a MG, e demais estados do Brasil

3.3.7. Estimativas das Taxas de Crescimento por Praça de Pedágio

- Associação dos percentuais de contribuição de cada zona na demanda por praça às taxas de projeção de crescimento do PIB por zona (determinadas em no relatório 4A – Projeções de Tráfego, Revisão 2, específico anterior), segundo a formulação:

$$f_t = \sum_j p_j \left(\frac{PIB_{tj}}{PIB_{0j}} \right)^\eta, \text{ em que:}$$

f_t : fator de crescimento do tráfego – por praça, no ano “t” (a ser multiplicado pelo volume do ano-base para obter o volume do ano “t”);

p_j : proporção de extremos de viagem de cada praça na zona “j”;

PIB_{tj} : PIB projetado para o ano “t” para a zona “j”;

PIB_{0j} : PIB no ano-base da zona “j”;

η : elasticidade-PIB do volume de tráfego da categoria de veículo considerada (leves ou pesados)

- Determinação das taxas finais simuladas de crescimento da demanda por praça de pedágio no horizonte do estudo, a serem associadas aos volumes pesquisados anualizados.

3.3.8. Estimativas finais dos volumes por praça de pedágio

- Consiste na aplicação das taxas de crescimento obtidas no passo anterior aos volumes de tráfego que se estima que permaneçam utilizando a rodovia mesmo após a implantação dos pedágios. Para os cálculos de volumes, foram consideradas quatro categorias de veículo: automóveis, motos, ônibus e caminhões. As taxas utilizadas para as três primeiras são as estimadas para os automóveis, e para os caminhões, foram utilizadas as taxas específicas para esse segmento. Quanto às fugas dos pedágios, foi considerado que as motos e os ônibus são indiferentes aos pedágios, enquanto os automóveis e os caminhões sofrem as taxas de fuga estimadas nesse trabalho.

3.4. Mecanismos de controle

Se, por um lado, o procedimento adotado para a simulação garante uma estimativa precisa do volume por praça de pedágio, a complexidade envolvida requer a adoção de mecanismos de controle que garantam a qualidade de todo o processo.

Assim, foram considerados vários aspectos como:

- nomenclatura de arquivos, de forma a evidenciar a seqüência de arquivos utilizados, como insumos às simulações ou resultados delas;
- totalização de viagens por segmento de demanda em todas as etapas dos cálculos, sejam em planilhas Excel ou procedimentos internos ao VISUM;
- determinação das curvas de freqüência para entendimento dos fenômenos

resultantes de cada simulação, como por exemplo aumento das viagens de longa distância em uma alternativa de cobrança de pedágio;

- avaliação dos percentuais de fuga em cada alternativa, em comparação com simulações anteriores, para controle dos efeitos da tarifação em cada situação (valores distintos de tarifa e diversas configurações de localização das praças de pedágio)
- confecção no próprio VISUM dos mapas de volumes alocados e das diferenças de alocações entre duas situações; para visualização do carregamento da rodovia e identificação dos itinerários das rotas de fuga;
- comparação dos percentuais de fuga aos percentuais identificados na pesquisa de opinião

4. FORMULAÇÃO DE ALTERNATIVAS

4.1. Formulação de Alternativas para a BR 116

Conforme o relatório 4 B – Estudos de Tráfego Final – Parte 2 – Estudo de Localização de Praças de Pedágios e Sistema de Pedagiamento, Revisão 3, apenas uma hipótese de localização de praças de pedágio foi avaliada como viável para a concessão da rodovia BR 116. Segundo ela, a BR 116 contará com 8 praças de pedágio, localizadas regularmente a cada 102 km, a partir do km 95, no município de Medina.

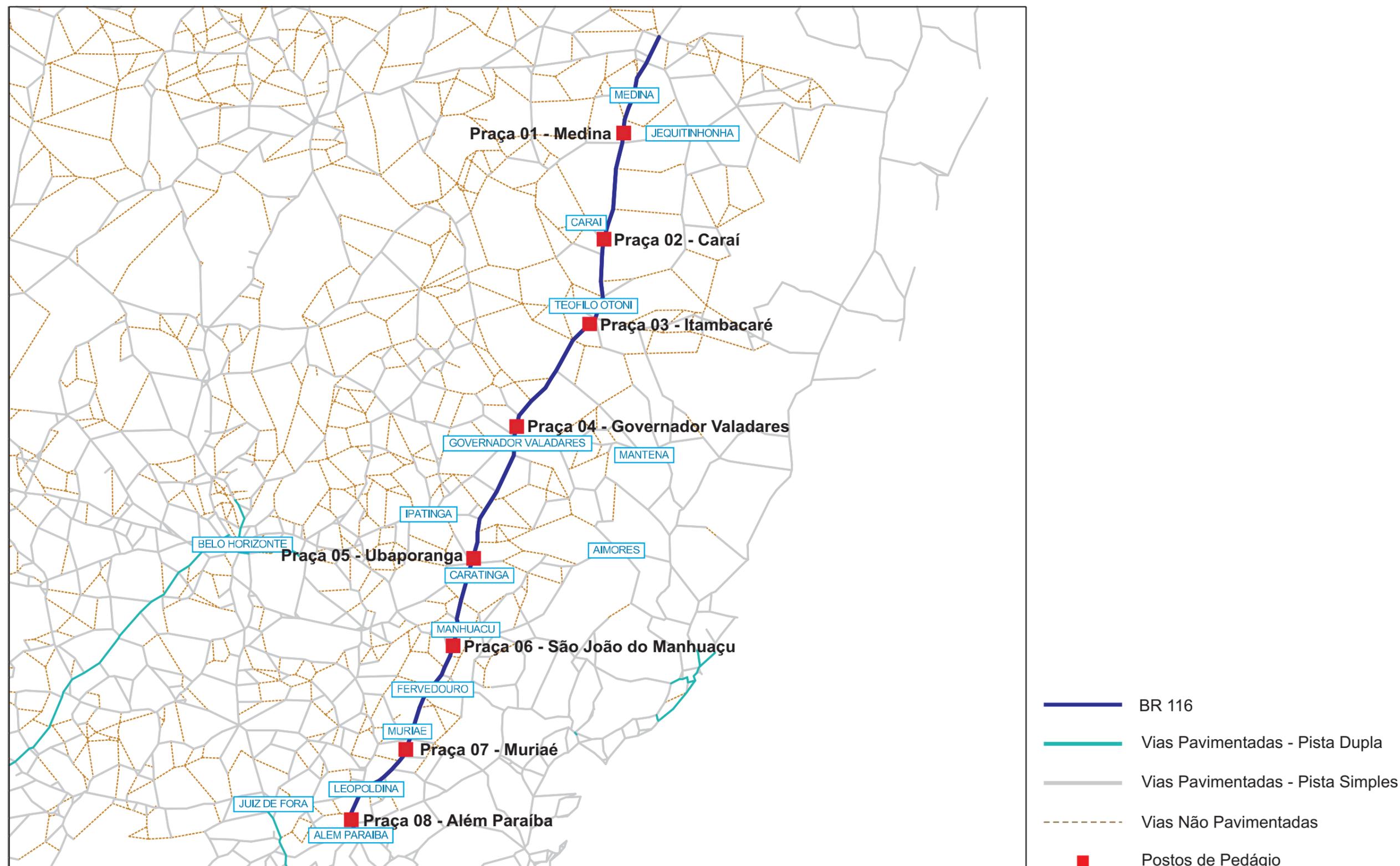
Não obstante, algumas alternativas de políticas de preço foram simuladas para verificar a variação da fuga com o valor do pedágio a ser cobrado dos usuários:

- Para a rodovia em estudo, houve uma simulação inicial com o valor de R\$ 0,04/km para veículo de passeio; o que resultou na cobrança por bloqueio (veículo de passeio) de R\$ 4,08. Posteriormente, foi realizada uma análise de sensibilidade com dois valores alternativos de tarifa, superiores ao valor inicial : R\$ 0,05 e R\$ 0,06
- Para as demais rodovias foram identificadas aquelas atualmente pedagiadas ou com previsão de concessão e pedagiamento no horizonte do estudo. Essas rodovias sofreram redução de velocidade na rede de simulação, ocasionando um aumento do tempo de viagem no tráfego que delas se utilizam como rota de fuga. Esse aumento de tempo, associado ao valor do tempo por segmento de demanda, resultou em uma penalidade de custo representativa da cobrança de pedágio nessas rodovias

Conforme já citado, essas representações foram feitas de forma distinta nos casos da rodovia em estudo ou das demais rodovias, quando se optou pelo uso de artifícios para a simulação de pedágios nas rotas de fuga, por exemplo.

A Figura 4.1 ilustra a localização das praças da BR 116.

Figura 4.1 Localização das Praças de Pedágio - BR 116



4.2. Resultados da Simulação para a BR 116

Os resultados apresentados para caminhões e ônibus revelam-se altamente contrastantes. Observa-se que as taxas de fuga de automóveis se situam globalmente ao redor de 46%, muito diferente das taxas de fuga apresentadas de caminhões que ficam ao por volta de 0,4%. O valor adotado de tarifa foi de R\$ 0,04/km. Essa tarifa foi escolhida por ser a mais baixa, entre automóveis e caminhões, que garante que mais de 50% dos motoristas dispostos a pagar pedágio o fariam em troca dos benefícios da concessão, conforme consta do relatório 4B – Estudos de Tráfego Final – Parte 2. Para os caminhões, conforme a simulação, a tarifa de R\$ 0,04/km praticamente garante que todos eles continuarão a utilizar a BR 116 com a implantação dos pedágios. Os valores de fuga detalhados por praça de pedágio estão respectivamente nas tabelas 5.1 para automóveis e 5.2 para caminhões. Conforme o item 4.1 desse relatório houveram simulações com outros dois valores de tarifa.

As taxas de crescimento anual da demanda das praças de pedágio, estimadas segundo a metodologia proposta no relatório 4A – Estudos de Projeções de Tráfego, Revisão 2, estão disponíveis nas tabelas 5.3 para os automóveis e 5.7 para os caminhões. Por outro lado, os volumes decorrentes da aplicação dessas taxas aos volumes diários médios anualizados obtidos a partir das contagens de tráfego, que constam do relatório 2 – Estudos de Tráfego Preliminares – Parte B, resultam nos valores encontrados nas tabelas 5.4, 5.5 e 5.6, contendo respectivamente, volumes de automóveis, motos e ônibus. A tabela 5.8 contém os volumes estimados para todos os caminhões, e as tabelas 5.9 a 5.14 apresentam os volumes estimados de caminhões divididos por número de eixos (2, 3, 4, 5, 6 e 7 ou mais eixos). Por fim a tabela 5.15 apresenta a os volumes de veículos de passeio e comerciais ao longo dos 35 anos da parceria público-privada ora em estudo.

As rotas de fuga estão exibidas na figura 5.1, onde se observa que no trecho Governador Valadares – Divisa MG/RJ há um misto de fugas de longa distância e fugas locais. A figura 5.2 mostra a alocação total dos três segmentos de demanda postos na simulação, automóveis, caminhões de 2 ou 3 eixos e caminhões de 4 ou mais eixos.

Tabela 4.1 Taxas de fuga estimadas – Automóveis – BR 116

Igualdade de Origem	Praça	Fogem dos pedágios		Passam pelos pedágios		Total	
		Volume	%	Volume	%	Volume	%
Origem coincidente com o Destino	1	44	63.77%	25	36.23%	69	100,00%
	2	51	62.96%	30	37.04%	81	100,00%
	3	598	58.23%	429	41.77%	1.027	100,00%
	5	370	61.26%	234	38.74%	604	100,00%
	6	18	50.00%	18	50.00%	36	100,00%
	7	46	59.74%	31	40.26%	77	100,00%
	8	44	59.46%	30	40.54%	74	100,00%
Subtotal		1.171	59.50%	797	40.50%	1.968	100,00%
Origem diferente do Destino	1	369	33.73%	725	66.27%	1.094	100,00%
	2	430	33.67%	847	66.33%	1.277	100,00%
	3	97	4.36%	2129	95.64%	2.226	100,00%
	4	2.799	42.89%	3727	57.11%	6.526	100,00%
	5	1.012	21.83%	3623	78.17%	4.635	100,00%
	6	389	23.05%	1299	76.95%	1.688	100,00%
	7	430	24.00%	1362	76.00%	1.792	100,00%
	8	426	25.65%	1235	74.35%	1.661	100,00%
Subtotal		5.952	28.48%	14,947	71.52%	20.899	100,00%
Total Geral		7.123	31.15%	15,744	68.85%	22,867	100,00%

Tabela 4.2 Taxas de fuga estimadas – Caminhões – Alternativa 1 (12 praças de pedágio)

Igualdade de Origem	Praça	Fogem dos pedágios		Passam pelos pedágios		Total	
		Volume	%	Volume	%	Volume	%
Origem coincidente com o Destino	1	17	34,7%	32	65,3%	49	100,00%
	2	17	34,7%	32	65,3%	49	100,00%
	3	0	0,0%	0	0,0%	0	0,00%
	5	26	40,6%	38	59,4%	64	0,00%
	6	4	44,4%	5	55,6%	9	100,00%
	7	6	42,9%	8	57,1%	14	100,00%
	8	9	40,9%	13	59,1%	22	100,00%
Subtotal		79	38,2%	128	61,8%	207	100,00%
Origem diferente do Destino	1	44	1,9%	2.220	98,1%	2.264	100,00%
	2	44	2,0%	2.209	98,0%	2.253	100,00%
	3	97	3,4%	2.723	96,6%	2.820	100,00%
	4	319	10,7%	2.660	89,3%	2.979	100,00%
	5	129	6,2%	1.944	93,8%	2.073	100,00%
	6	300	9,3%	2.935	90,7%	3.235	100,00%
	7	280	11,1%	2.234	88,9%	2.514	100,00%
8	388	16,1%	2.022	83,9%	2.410	100,00%	
Subtotal		1.601	7,8%	18.947	92,2%	20.548	100,00%
Total Geral		1.680	8,1%	19.075	91,9%	20.755	100,00%

Tabela 4.3 Taxas de crescimento anual do volume de tráfego por praça de pedágio – Automóveis, motos e ônibus – BR116 – em % a.a.

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	TGCA	
1	3,29	2,81	2,82	2,74	2,84	2,76	2,61	2,78	2,55	2,79	2,71	2,64	2,64	2,71	2,64	2,70	2,63	2,74	2,73	2,66	2,76	2,79	2,77	2,80	2,82	2,84	2,91	2,92	2,88	3,02	3,02	3,05	3,08	3,14	3,12	2,77%	
2	3,19	2,92	2,84	2,76	2,76	2,77	2,62	2,84	2,48	2,90	2,55	2,69	2,68	2,61	2,67	2,71	2,70	2,74	2,67	2,70	2,68	2,82	2,79	2,81	2,87	2,83	2,89	2,89	2,98	2,93	3,08	2,99	3,08	3,14	3,18	2,77%	
3	2,57	2,35	2,17	2,18	2,14	2,12	2,08	2,04	2,02	1,98	1,97	1,93	1,94	1,91	1,92	1,88	1,92	1,88	1,87	1,90	1,91	1,87	1,90	1,91	1,91	1,91	1,95	1,95	1,97	1,97	1,98	2,02	2,03	2,04	2,06	2,06	1,95%
4	2,56	2,31	2,25	2,24	2,20	2,16	2,12	2,12	2,08	2,08	2,02	2,03	2,00	2,02	1,99	1,98	1,97	1,97	1,97	1,97	1,98	1,98	1,97	1,98	1,98	2,01	1,98	2,01	2,02	2,03	2,03	2,06	2,07	2,08	2,09	2,11	2,02%
5	4,29	3,82	3,62	3,51	3,44	3,35	3,33	3,16	3,23	3,04	3,08	3,00	2,96	2,89	2,88	2,82	2,81	2,77	2,72	2,71	2,69	2,65	2,63	2,61	2,60	2,57	2,55	2,54	2,53	2,50	2,50	2,49	2,47	2,47	2,45	2,82%	
6	3,99	3,48	3,42	3,42	3,25	3,25	3,10	3,10	3,06	2,92	2,97	2,93	2,85	2,85	2,85	2,73	2,85	2,73	2,76	2,76	2,79	2,78	2,73	2,78	2,74	2,78	2,85	2,80	2,80	2,83	2,88	2,87	2,87	2,93	2,96	2,87%	
7	3,01	2,64	2,63	2,56	2,55	2,53	2,47	2,37	2,50	2,34	2,38	2,32	2,35	2,34	2,29	2,32	2,22	2,25	2,31	2,26	2,28	2,26	2,28	2,26	2,24	2,29	2,21	2,31	2,26	2,24	2,24	2,33	2,22	2,28	2,28	2,32%	
8	3,14	2,78	2,71	2,70	2,63	2,62	2,55	2,55	2,48	2,53	2,41	2,46	2,45	2,39	2,43	2,47	2,32	2,44	2,38	2,41	2,40	2,42	2,40	2,39	2,41	2,42	2,44	2,41	2,46	2,47	2,44	2,45	2,45	2,48	2,48	2,45%	

Tabela 4.4 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Automóveis – BR116

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
1	776	798	820	843	867	891	914	940	964	991	1.017	1.044	1.072	1.101	1.130	1.160	1.191	1.224
2	906	932	958	985	1.012	1.040	1.067	1.098	1.125	1.157	1.187	1.219	1.252	1.285	1.319	1.355	1.391	1.429
3	2.623	2.684	2.743	2.803	2.863	2.923	2.984	3.045	3.106	3.168	3.230	3.293	3.357	3.421	3.487	3.553	3.620	3.689
4	3.823	3.912	4.000	4.089	4.179	4.269	4.360	4.452	4.545	4.639	4.733	4.829	4.926	5.025	5.125	5.226	5.329	5.435
5	4.045	4.199	4.351	4.505	4.660	4.816	4.976	5.134	5.299	5.461	5.629	5.797	5.969	6.142	6.319	6.497	6.679	6.864
6	1.371	1.419	1.468	1.517	1.567	1.617	1.668	1.719	1.772	1.824	1.878	1.933	1.988	2.045	2.103	2.161	2.222	2.283
7	1.498	1.538	1.578	1.619	1.660	1.702	1.744	1.786	1.830	1.873	1.918	1.962	2.008	2.055	2.102	2.150	2.199	2.249
8	1.325	1.362	1.399	1.437	1.475	1.513	1.552	1.592	1.632	1.672	1.713	1.756	1.798	1.842	1.886	1.932	1.978	2.026

Tabela 4.4 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Automóveis (continuação)

Praça	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
1	1.257	1.291	1.326	1.363	1.401	1.440	1.481	1.523	1.567	1.613	1.660	1.710	1.761	1.815	1.871	1.930	1.990
2	1.467	1.507	1.548	1.591	1.635	1.681	1.729	1.778	1.830	1.883	1.939	1.996	2.057	2.119	2.185	2.253	2.324
3	3.758	3.829	3.902	3.976	4.051	4.128	4.207	4.288	4.371	4.457	4.544	4.634	4.726	4.821	4.919	5.019	5.123
4	5.542	5.651	5.762	5.876	5.992	6.111	6.233	6.357	6.485	6.616	6.750	6.888	7.029	7.175	7.324	7.477	7.635
5	7.051	7.242	7.436	7.633	7.834	8.038	8.247	8.459	8.675	8.895	9.120	9.348	9.582	9.820	10.063	10.311	10.565
6	2.346	2.411	2.478	2.546	2.616	2.689	2.763	2.840	2.920	3.002	3.086	3.174	3.265	3.359	3.456	3.557	3.661
7	2.300	2.352	2.406	2.460	2.516	2.573	2.631	2.691	2.751	2.814	2.877	2.943	3.009	3.078	3.147	3.219	3.292
8	2.074	2.124	2.175	2.227	2.281	2.336	2.392	2.450	2.510	2.571	2.634	2.698	2.764	2.832	2.902	2.973	3.047

Tabela 4.5 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Motos – BR116

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
1	153	157	162	166	171	176	180	185	190	195	201	206	211	217	223	229	235	241	248	254	261	269	276	284	292	300	309	318	327	337	347	358	369	380	392
2	127	131	135	138	142	146	150	154	158	163	167	171	176	180	185	190	195	201	206	212	217	223	230	236	243	250	257	264	272	280	289	297	306	316	326
3	403	413	422	431	440	450	459	468	478	487	497	506	516	526	536	546	557	567	578	589	600	611	623	635	647	659	672	685	699	712	727	741	756	772	787
4	2.933	3.001	3.068	3.137	3.206	3.275	3.345	3.416	3.487	3.559	3.631	3.705	3.779	3.855	3.932	4.010	4.089	4.169	4.251	4.335	4.421	4.508	4.597	4.688	4.782	4.877	4.975	5.076	5.179	5.284	5.393	5.504	5.619	5.736	5.857
5	1.015	1.054	1.092	1.130	1.169	1.208	1.249	1.288	1.330	1.370	1.412	1.455	1.498	1.541	1.585	1.630	1.676	1.722	1.769	1.817	1.866	1.915	1.965	2.017	2.069	2.122	2.176	2.232	2.288	2.345	2.404	2.464	2.525	2.587	2.650
6	176	182	188	195	201	208	214	221	228	234	241	248	255	262	270	277	285	293	301	309	318	327	336	345	354	364	375	385	396	407	419	431	443	456	470
7	182	186	191	196	201	206	211	216	222	227	232	238	243	249	255	261	266	272	279	285	291	298	305	312	319	326	333	341	349	356	364	373	381	390	399
8	77	79	81	83	85	88	90	92	94	97	99	101	104	106	109	112	114	117	120	123	126	129	132	135	138	141	145	148	152	156	160	163	167	172	176

Tabela 4.6 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Ônibus – BR116

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
1	144	148	152	156	160	165	169	173	178	183	188	193	198	203	209	214	220	226	232	239	245	252	259	266	274	282	290	298	307	317	326	336	347	358	144
2	135	139	143	147	151	155	159	163	168	172	177	181	186	191	196	202	207	213	218	224	231	237	244	251	258	265	273	281	289	298	307	316	326	337	135
3	173	176	180	184	188	192	196	200	204	208	212	216	220	224	228	233	237	241	246	251	255	260	265	270	275	281	286	292	298	303	310	316	322	329	173
4	297	304	311	318	325	331	338	345	353	360	367	374	382	389	397	405	413	421	429	438	447	455	464	474	483	493	503	513	523	534	545	556	568	580	297
5	295	306	316	327	338	349	360	372	383	395	407	419	431	444	456	469	482	495	508	522	536	550	564	579	594	609	624	640	656	672	689	706	724	741	295
6	153	158	164	169	175	180	186	191	197	203	209	215	221	227	233	240	246	253	260	267	275	282	290	298	306	315	324	333	342	352	362	372	383	395	153
7	140	144	147	151	155	159	162	166	170	174	178	183	187	191	196	200	204	209	214	219	224	229	234	239	245	250	256	262	267	273	280	286	292	299	140
8	111	114	117	120	123	126	129	132	136	139	142	146	149	153	157	160	164	168	172	176	181	185	189	194	199	203	208	213	219	224	230	235	241	247	111

Tabela 4.7 Taxas de crescimento anual do volume de tráfego por praça de pedágio – Caminhões – BR116 – em % a.a.

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	TGCA
1	4,53	4,20	4,12	4,07	4,06	4,05	3,92	4,08	3,85	4,02	3,89	3,92	3,88	3,90	3,88	3,88	3,88	3,87	3,88	3,88	3,88	3,89	3,91	3,89	3,92	3,92	3,94	3,96	3,97	3,98	4,01	4,02	4,03	4,06	4,08	3,93%
2	4,55	4,18	4,10	4,09	4,04	4,07	3,94	4,06	3,84	4,04	3,88	3,91	3,90	3,89	3,87	3,87	3,90	3,86	3,87	3,88	3,88	3,89	3,91	3,89	3,92	3,93	3,94	3,95	3,98	3,98	4,00	4,03	4,04	4,06	4,08	3,93%
3	4,19	3,84	3,73	3,70	3,66	3,62	3,58	3,60	3,48	3,54	3,47	3,48	3,46	3,46	3,43	3,40	3,42	3,41	3,39	3,39	3,39	3,39	3,38	3,38	3,38	3,39	3,38	3,39	3,38	3,40	3,39	3,39	3,39	3,40	3,44%	
4	3,95	3,62	3,49	3,54	3,45	3,53	3,25	3,65	3,10	3,58	3,25	3,38	3,32	3,31	3,32	3,30	3,30	3,28	3,28	3,28	3,29	3,28	3,26	3,26	3,26	3,26	3,27	3,24	3,26	3,24	3,25	3,23	3,25	3,22	3,23	3,31%
5	5,04	4,61	4,41	4,35	4,30	4,24	4,18	4,13	4,14	4,05	4,02	3,99	3,96	3,96	3,89	3,88	3,84	3,82	3,80	3,76	3,76	3,73	3,72	3,71	3,67	3,67	3,65	3,63	3,62	3,62	3,59	3,60	3,58	3,57	3,55	3,85%
6	5,02	4,58	4,45	4,40	4,36	4,26	4,29	4,11	4,26	4,04	4,10	4,03	4,01	3,97	3,95	3,91	3,90	3,86	3,84	3,81	3,79	3,76	3,75	3,74	3,70	3,70	3,68	3,66	3,65	3,64	3,63	3,61	3,61	3,59	3,58	3,89%
7	5,80	5,32	5,21	5,13	5,18	4,83	5,47	4,19	5,74	4,18	5,03	4,62	4,63	4,56	4,51	4,41	4,34	4,26	4,19	4,12	4,04	3,95	3,89	3,79	3,72	3,66	3,55	3,50	3,40	3,33	3,25	3,18	3,11	3,05	2,97	4,20%
8	5,70	5,26	5,08	4,99	5,13	4,59	5,52	3,74	5,97	3,73	5,01	4,47	4,46	4,37	4,33	4,24	4,15	4,09	4,01	3,94	3,86	3,77	3,70	3,62	3,54	3,47	3,38	3,30	3,22	3,15	3,07	3,00	2,92	2,85	2,79	4,03%

Tabela 4.8 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Caminhões – BR116

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
1	2.355	2.454	2.555	2.659	2.767	2.879	2.992	3.114	3.234	3.364	3.495	3.632	3.773	3.920	4.072	4.230	4.394	4.564
2	2.344	2.442	2.542	2.646	2.753	2.865	2.978	3.099	3.218	3.348	3.478	3.614	3.755	3.901	4.052	4.209	4.373	4.542
3	2.838	2.947	3.057	3.170	3.286	3.405	3.527	3.654	3.781	3.915	4.051	4.192	4.337	4.487	4.641	4.799	4.963	5.132
4	2.766	2.866	2.966	3.071	3.177	3.289	3.396	3.520	3.629	3.759	3.881	4.012	4.145	4.282	4.424	4.570	4.721	4.876
5	2.083	2.179	2.275	2.374	2.476	2.581	2.689	2.800	2.916	3.034	3.156	3.282	3.412	3.547	3.685	3.828	3.975	4.127
6	3.119	3.262	3.407	3.557	3.712	3.870	4.036	4.202	4.381	4.558	4.745	4.936	5.134	5.338	5.549	5.766	5.991	6.222
7	2.517	2.651	2.789	2.932	3.084	3.233	3.410	3.553	3.757	3.914	4.111	4.301	4.500	4.705	4.917	5.134	5.357	5.585
8	2.300	2.421	2.544	2.671	2.808	2.937	3.099	3.215	3.407	3.534	3.711	3.877	4.050	4.227	4.410	4.597	4.788	4.984

Tabela 4.8 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Caminhões – BR116 (continuação)

Praça	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
1	4.741	4.925	5.116	5.315	5.523	5.738	5.963	6.197	6.441	6.696	6.962	7.239	7.529	7.832	8.148	8.479	8.825
2	4.718	4.901	5.091	5.289	5.496	5.710	5.934	6.167	6.410	6.663	6.928	7.204	7.492	7.794	8.109	8.438	8.782
3	5.306	5.486	5.672	5.864	6.062	6.267	6.479	6.698	6.925	7.159	7.402	7.652	7.912	8.180	8.457	8.744	9.041
4	5.036	5.201	5.372	5.548	5.729	5.916	6.109	6.308	6.514	6.725	6.944	7.169	7.402	7.641	7.889	8.143	8.406
5	4.284	4.445	4.612	4.784	4.962	5.146	5.335	5.531	5.733	5.941	6.156	6.379	6.608	6.846	7.091	7.344	7.605
6	6.461	6.707	6.961	7.223	7.494	7.774	8.062	8.360	8.668	8.985	9.313	9.652	10.002	10.363	10.737	11.122	11.520
7	5.819	6.059	6.304	6.553	6.808	7.066	7.329	7.597	7.867	8.142	8.419	8.699	8.982	9.268	9.556	9.847	10.139
8	5.184	5.388	5.596	5.807	6.022	6.240	6.461	6.685	6.911	7.139	7.369	7.601	7.834	8.069	8.305	8.542	8.780

Tabela 4.9 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Caminhões - 2 eixos – BR 116

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
1	274	285	297	309	322	335	348	362	376	391	406	422	439	456	473	492	511	531	551	573	595	618	642	667	693	720	749	778	809	842	875	910	947	986	1.026
2	305	318	331	344	358	373	387	403	419	436	452	470	488	507	527	547	569	591	614	638	662	688	715	743	772	802	834	867	901	937	975	1.014	1.055	1.098	1.142
3	622	646	670	695	720	746	773	801	828	858	888	918	950	983	1.017	1.051	1.087	1.124	1.163	1.202	1.243	1.285	1.328	1.373	1.420	1.468	1.517	1.569	1.622	1.677	1.734	1.792	1.853	1.916	1.981
4	1.285	1.331	1.378	1.427	1.476	1.528	1.578	1.635	1.686	1.746	1.803	1.864	1.926	1.989	2.055	2.123	2.193	2.265	2.340	2.416	2.496	2.577	2.661	2.748	2.838	2.930	3.026	3.124	3.226	3.330	3.439	3.550	3.665	3.783	3.905
5	590	617	644	672	701	731	761	793	825	859	893	929	966	1.004	1.043	1.084	1.125	1.168	1.213	1.258	1.305	1.354	1.405	1.457	1.510	1.566	1.623	1.682	1.743	1.806	1.870	1.938	2.007	2.079	2.153
6	509	533	557	581	606	632	659	686	716	745	775	806	839	872	906	942	979	1.016	1.055	1.096	1.137	1.180	1.224	1.270	1.317	1.366	1.416	1.468	1.521	1.577	1.634	1.693	1.754	1.817	1.882
7	596	628	660	694	730	766	808	841	890	927	974	1.019	1.066	1.114	1.164	1.216	1.269	1.323	1.378	1.435	1.493	1.552	1.612	1.673	1.736	1.799	1.863	1.928	1.994	2.060	2.127	2.195	2.263	2.332	2.401
8	368	387	407	427	449	470	496	514	545	565	593	620	648	676	705	735	766	797	829	862	895	929	963	998	1.033	1.069	1.105	1.141	1.178	1.215	1.253	1.290	1.328	1.366	1.404

Tabela 4.10 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Caminhões - 3 eixos – BR 116

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
1	667	695	723	753	783	815	847	881	915	952	989	1.028	1.068	1.110	1.153	1.197	1.244	1.292	1.342	1.394	1.448	1.504	1.563	1.624	1.688	1.754	1.823	1.895	1.971	2.049	2.131	2.217	2.306	2.400	2.498
2	671	699	727	757	788	820	852	887	921	958	995	1.034	1.074	1.116	1.159	1.204	1.251	1.299	1.350	1.402	1.456	1.513	1.572	1.634	1.698	1.764	1.834	1.906	1.982	2.061	2.143	2.230	2.320	2.414	2.512
3	1.072	1.113	1.155	1.197	1.241	1.286	1.332	1.380	1.428	1.479	1.530	1.583	1.638	1.695	1.753	1.813	1.875	1.938	2.004	2.072	2.142	2.215	2.290	2.367	2.447	2.530	2.616	2.704	2.796	2.890	2.988	3.090	3.194	3.303	3.415
4	965	1.000	1.034	1.071	1.108	1.147	1.184	1.228	1.266	1.311	1.353	1.399	1.446	1.493	1.543	1.594	1.646	1.700	1.756	1.814	1.873	1.935	1.998	2.063	2.130	2.200	2.272	2.345	2.422	2.500	2.581	2.665	2.751	2.840	2.932
5	559	585	611	637	664	693	722	751	783	814	847	881	916	952	989	1.027	1.067	1.108	1.150	1.193	1.238	1.284	1.332	1.381	1.432	1.484	1.539	1.594	1.652	1.712	1.773	1.837	1.903	1.971	2.041
6	1.309	1.369	1.430	1.493	1.558	1.624	1.694	1.763	1.838	1.913	1.991	2.071	2.154	2.240	2.328	2.420	2.514	2.611	2.711	2.814	2.921	3.031	3.145	3.262	3.383	3.508	3.637	3.770	3.908	4.050	4.197	4.349	4.505	4.667	4.834
7	876	922	970	1.020	1.073	1.125	1.186	1.236	1.307	1.362	1.430	1.496	1.565	1.637	1.711	1.786	1.864	1.943	2.024	2.108	2.193	2.280	2.368	2.458	2.550	2.643	2.737	2.832	2.929	3.026	3.125	3.224	3.324	3.426	3.527
8	733	771	810	851	894	935	987	1.024	1.085	1.126	1.182	1.235	1.290	1.346	1.405	1.464	1.525	1.587	1.651	1.716	1.782	1.850	1.918	1.987	2.058	2.129	2.201	2.274	2.347	2.421	2.495	2.570	2.645	2.721	2.796

Tabela 4.11 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Caminhões - 4 eixos – BR 116

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
1	220	229	238	248	258	269	279	291	302	314	326	339	352	366	380	395	410	426	443	460	478	496	516	536	557	578	601	625	650	676	703	731	761	791	824
2	209	217	226	236	245	255	265	276	286	298	310	322	334	347	361	375	389	404	420	436	453	471	489	508	528	549	571	593	617	641	667	694	722	751	782
3	273	284	295	305	317	328	340	352	364	377	390	404	418	432	447	462	478	495	511	529	547	565	584	604	624	645	667	690	713	737	762	788	815	843	871
4	203	211	218	226	233	242	249	259	267	276	285	295	305	315	325	336	347	358	370	382	395	408	421	435	449	463	479	494	510	527	544	561	580	598	618
5	120	125	131	136	142	148	155	161	168	174	181	189	196	204	212	220	228	237	246	255	265	275	285	296	307	318	330	341	354	367	380	393	408	422	437
6	396	414	433	452	472	492	513	534	557	579	603	627	652	678	705	733	761	791	821	852	884	918	952	988	1.024	1.062	1.101	1.142	1.183	1.226	1.271	1.317	1.364	1.413	1.464
7	240	253	266	280	295	309	326	339	359	374	393	411	430	449	470	490	512	533	556	579	602	626	650	675	700	726	751	778	804	831	858	885	913	940	968
8	205	216	226	238	250	261	276	286	303	315	330	345	361	376	393	409	426	444	461	480	498	517	536	556	575	595	615	636	656	677	697	718	739	760	782

Tabela 4.12 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Caminhões - 5 eixos – BR 116

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
1	781	813	847	881	917	954	992	1.032	1.072	1.115	1.158	1.204	1.251	1.299	1.350	1.402	1.456	1.513	1.571	1.632	1.696	1.762	1.831	1.902	1.977	2.054	2.135	2.219	2.308	2.399	2.496	2.596	2.701	2.810	2.925
2	749	780	812	845	879	915	951	990	1.028	1.069	1.111	1.154	1.199	1.246	1.294	1.344	1.397	1.451	1.507	1.565	1.626	1.689	1.755	1.824	1.895	1.969	2.047	2.128	2.213	2.301	2.393	2.489	2.590	2.695	2.805
3	974	1.011	1.049	1.088	1.128	1.168	1.210	1.254	1.297	1.343	1.390	1.438	1.488	1.540	1.592	1.647	1.703	1.761	1.821	1.882	1.946	2.012	2.080	2.150	2.223	2.298	2.376	2.456	2.540	2.626	2.715	2.807	2.902	3.000	3.102
4	724	751	777	804	832	861	889	922	950	984	1.016	1.051	1.086	1.121	1.159	1.197	1.236	1.277	1.319	1.362	1.407	1.453	1.500	1.549	1.600	1.652	1.706	1.761	1.819	1.877	1.938	2.001	2.066	2.133	2.201
5	428	447	467	487	508	530	552	575	599	623	648	674	700	728	756	786	816	847	879	912	947	982	1.019	1.056	1.095	1.135	1.177	1.220	1.264	1.309	1.356	1.405	1.456	1.508	1.561
6	1.411	1.476	1.542	1.609	1.680	1.751	1.826	1.901	1.982	2.062	2.147	2.233	2.323	2.415	2.511	2.609	2.711	2.815	2.923	3.035	3.150	3.268	3.391	3.517	3.648	3.783	3.922	4.065	4.214	4.367	4.526	4.689	4.858	5.032	5.212
7	854	899	946	995	1.046	1.097	1.157	1.205	1.275	1.328	1.395	1.459	1.527	1.596	1.668	1.742	1.817	1.895	1.974	2.055	2.139	2.223	2.310	2.397	2.486	2.577	2.669	2.762	2.856	2.951	3.047	3.144	3.242	3.340	3.440
8	728	766	805	845	888	929	980	1.017	1.078	1.118	1.174	1.226	1.281	1.337	1.395	1.454	1.515	1.577	1.640	1.704	1.770	1.837	1.905	1.974	2.044	2.115									

Tabela 4.13 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Caminhões - 6 eixos – BR 116

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
1	279	291	303	315	328	341	354	369	383	398	414	430	447	464	482	501	520	540	561	583	606	629	654	679	706	734	763	793	824	857	892	927	965	1.004	1.045
2	267	279	290	302	314	327	340	354	367	382	397	412	428	445	462	480	499	518	538	559	581	603	627	651	677	704	731	760	790	822	855	889	925	963	1.002
3	348	362	375	389	403	418	433	448	464	480	497	514	532	551	570	589	609	630	651	673	696	720	744	769	795	822	850	879	908	939	971	1.004	1.038	1.073	1.110
4	258	268	277	287	297	307	317	329	339	351	362	374	387	400	413	427	441	455	470	485	501	518	535	552	570	589	608	628	648	669	691	713	736	760	785
5	153	160	167	174	182	190	198	206	214	223	232	241	251	261	271	281	292	303	315	327	339	351	365	378	392	406	421	436	452	469	485	503	521	540	559
6	503	526	549	573	598	624	651	677	706	735	765	796	828	860	894	929	966	1.003	1.041	1.081	1.122	1.164	1.208	1.253	1.300	1.348	1.397	1.448	1.501	1.556	1.612	1.670	1.731	1.793	1.857
7	305	321	337	355	373	391	413	430	455	474	497	520	545	569	595	621	648	676	704	733	763	793	824	855	887	919	952	985	1.019	1.053	1.087	1.121	1.156	1.192	1.227
8	259	273	287	301	317	331	350	363	384	399	419	437	457	477	497	519	540	562	585	608	631	655	679	704	729	754	780	805	831	857	884	910	937	963	990

Tabela 4.14 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Caminhões – Tou mais eixos – BR 116

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
1	135	141	147	153	159	165	172	179	186	193	201	209	217	225	234	243	253	262	272	283	294	305	317	330	343	356	370	385	400	416	433	450	468	487	507
2	132	137	143	149	155	161	167	174	181	188	195	203	211	219	228	236	246	255	265	275	286	297	309	321	333	346	360	374	389	405	421	438	456	474	493
3	169	176	182	189	196	203	210	218	225	233	242	250	259	268	277	286	296	306	316	327	338	350	362	374	386	399	413	427	441	456	472	488	504	521	539
4	126	130	135	139	144	149	154	160	165	171	176	182	188	194	201	207	214	221	229	236	244	252	260	268	277	286	296	305	315	325	336	347	358	369	381
5	76	79	83	86	90	94	98	102	106	110	115	119	124	129	134	139	144	150	156	161	167	174	180	187	194	201	208	216	223	232	240	249	257	267	276
6	244	255	266	278	290	303	316	329	343	357	371	386	402	418	434	451	469	487	505	525	544	565	586	608	631	654	678	703	728	755	782	811	840	870	901
7	148	156	164	172	181	190	200	209	221	230	242	253	264	277	289	302	315	328	342	356	371	385	400	415	431	446	462	479	495	511	528	545	562	579	596
8	125	132	139	145	153	160	169	175	186	192	202	211	221	230	240	250	261	271	282	293	305	316	328	340	352	364	376	389	401	414	427	439	452	465	478

Tabela 4.15 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Veículos Passeio e Comerciais– BR 116

Praça	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
1	3.424	3.553	3.685	3.820	3.961	4.106	4.251	4.408	4.561	4.728	4.896	5.070	5.249	5.436	5.628	5.828	6.034	6.249
2	3.508	3.640	3.774	3.912	4.054	4.202	4.350	4.510	4.664	4.836	5.004	5.181	5.364	5.552	5.747	5.950	6.161	6.379
3	6.033	6.217	6.398	6.584	6.773	6.966	7.162	7.363	7.565	7.774	7.986	8.203	8.426	8.654	8.888	9.126	9.373	9.625
4	9.813	10.076	10.338	10.608	10.880	11.158	11.432	11.726	12.006	12.310	12.605	12.913	13.224	13.544	13.870	14.203	14.544	14.893
5	7.427	7.727	8.024	8.325	8.632	8.943	9.263	9.582	9.917	10.248	10.592	10.941	11.298	11.661	12.033	12.411	12.799	13.195
6	4.814	5.016	5.221	5.433	5.649	5.870	6.098	6.328	6.572	6.813	7.067	7.326	7.592	7.866	8.149	8.437	8.738	9.044
7	4.333	4.515	4.702	4.894	5.096	5.296	5.524	5.717	5.975	6.184	6.435	6.679	6.934	7.196	7.465	7.741	8.022	8.310
8	3.810	3.973	4.138	4.308	4.488	4.661	4.867	5.028	5.265	5.439	5.662	5.876	6.098	6.324	6.558	6.798	7.040	7.291

Tabela 4.16 Volumes diários médios anualizados de tráfego (VDMA) estimados por praça de pedágio – Veículos Passeio e Comerciais– BR 116 (continuação)

Praça	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
1	6.472	6.702	6.942	7.192	7.452	7.721	8.002	8.294	8.599	8.917	9.247	9.593	9.954	10.331	10.724	11.136	11.565
2	6.604	6.838	7.080	7.334	7.598	7.871	8.157	8.453	8.762	9.083	9.420	9.769	10.136	10.517	10.916	11.333	11.769
3	9.883	10.150	10.425	10.706	10.996	11.295	11.603	11.920	12.249	12.587	12.937	13.296	13.668	14.052	14.448	14.857	15.280
4	15.250	15.616	15.993	16.379	16.773	17.179	17.598	18.025	18.467	18.920	19.386	19.864	20.358	20.865	21.388	21.924	22.478
5	13.599	14.012	14.436	14.868	15.311	15.765	16.230	16.706	17.193	17.692	18.204	18.728	19.266	19.819	20.385	20.966	21.561
6	9.361	9.687	10.024	10.371	10.728	11.098	11.477	11.870	12.278	12.696	13.128	13.575	14.038	14.515	15.008	15.518	16.046
7	8.607	8.910	9.220	9.535	9.858	10.185	10.518	10.859	11.201	11.553	11.907	12.265	12.628	12.999	13.370	13.748	14.129
8	7.546	7.807	8.073	8.344	8.620	8.900	9.185	9.475	9.769	10.066	10.368	10.674	10.982	11.294	11.609	11.928	12.250

Figura 5.1 Alocação do tráfego - BR 116

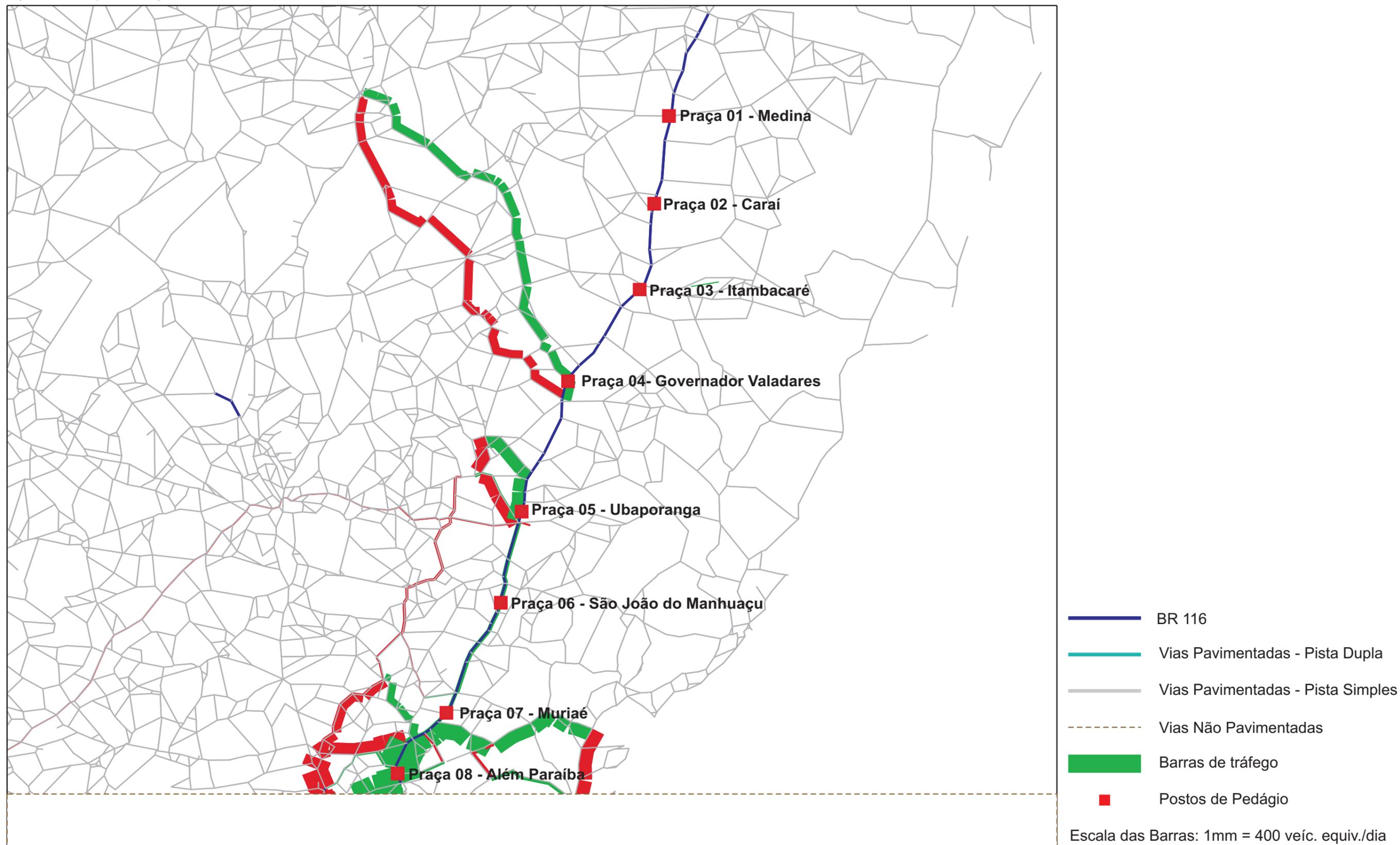


Figura 5.2 Alocação do tráfego - BR 116

