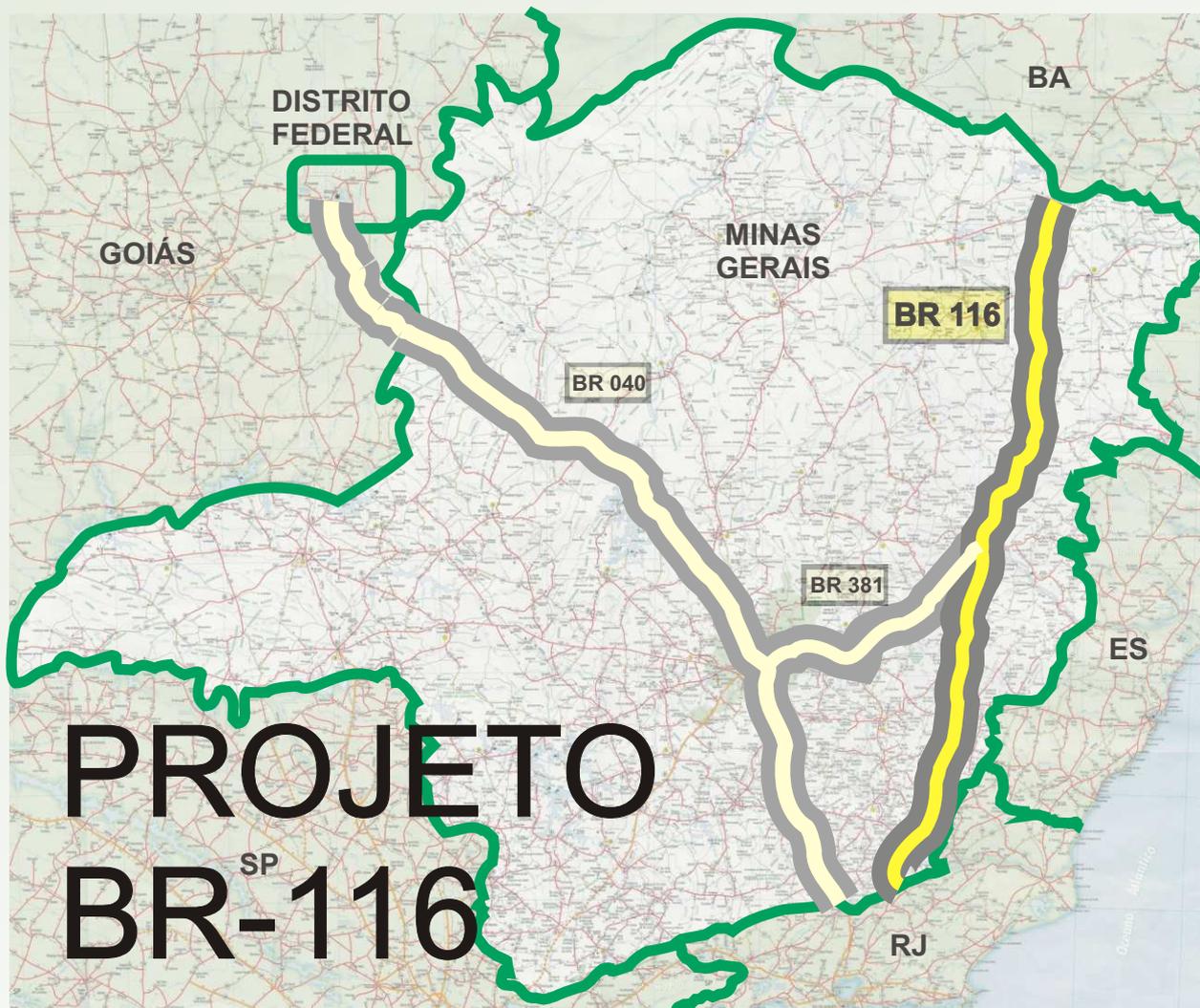




# 3ª ETAPA DE CONCESSÕES RODOVIÁRIAS - FASE 1

Sistema Rodoviário Federal  
Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal



*Produto 4B*  
**ESTUDOS DE TRÁFEGO FINAL - Parte 2**  
**ESTUDO DE LOCALIZAÇÃO DE PRAÇAS**  
**E SISTEMA DE PEDAGIAMENTO**



**Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico de Engenharia**

Revisão 3  
Out/08

## SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO.....	3
2	ESTUDOS INICIAIS DE ESTRUTURA E NÍVEL TARIFÁRIO PARA A BR 116 .....	5
2.1	Estrutura Tarifária .....	5
2.2	Nível Tarifário.....	6
2.2.1	Pesquisa de opinião – disposição a pagar.....	6
2.2.2	Tarifas praticadas no país.....	9
3	ASPECTOS GERAIS SOBRE O SISTEMA DE PEDAGIAMENTO .....	15
3.1	Localização de praças de pedágio.....	18
3.2	Espaçamento entre praças de pedágio.....	19
3.2.1	Análise da equidade/iniqüidade .....	21
3.2.2	Análise da eficiência .....	24
4	ESTUDO DE SISTEMA DE PEDAGIAMENTO PARA A BR 116.....	27
4.1	Modelo adotado na BR 116 .....	27
4.2	Análise do espaçamento entre praças de pedágio para a BR 116 .....	28
4.2.1	Dados utilizados.....	28
4.2.2	Procedimentos de cálculo.....	30
4.2.3	Resultados obtidos .....	30
4.3	Propostas de sistema de pedagiamento para a BR 116.....	31



4.4	Análise das hipóteses para sistema de pedagiamento e alternativas de configuração para a BR 116 .....	37
5	SELEÇÃO DA ALTERNATIVA DE PEDAGIAMENTO E ESPAÇAMENTO ENTRE PRAÇAS DE PEDÁGIO .....	41
6	DIMENSIONAMENTO DE PRAÇAS DE PEDÁGIO.....	45

## 1 APRESENTAÇÃO

Este documento tem por objetivo apresentar o Produto 4 B – Estudos de Tráfego Final – Parte 2, Revisão 3– Estudo de Localização de Praças de Pedágios e Sistema de Pedagiamento visando ao desenvolvimento do transporte rodoviário no eixo centro-leste do Estado de Minas Gerais por meio de uma concessão pública de aproximadamente 817 km de trechos rodoviários federais da Rodovia BR 116, 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. Este estudo é integrante das atividades da 3ª Etapa de Concessões Rodoviárias Federais, Fase 1.

O trecho em estudo da BR 116 compreende desde sua passagem pelo estado de Minas Gerais, a partir da divisa com o Estado do Rio de Janeiro, próximo ao município de Além Paraíba, até a divisa com o Estado da Bahia, próximo ao município de Divisa Alegre.

O produto 4 B compreende a proposta de sistema de pedagiamento para a BR 116. São apresentadas as análises sobre o modelo de sistema de pedagiamento proposto; estudos e proposições quanto ao espaçamento entre praças de pedágios e dimensionamento das praças de pedágio para a proposição recomendada, considerando os resultados de projeção de tráfego apresentadas no Relatório Técnico 4 B Estudos de Tráfego Final, Parte 1 Revisão 2.

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



- ESTUDOS INICIAIS DE ESTRUTURA E NÍVEL TARIFÁRIO PARA A BR 116;
- ASPECTOS GERAIS SOBRE O SISTEMA DE PEDAGIAMENTO;
- ESTUDO DE SISTEMA DE PEDAGIAMENTO PARA A BR 116;
- SELEÇÃO DE ALTERNATIVA DE PEDAGIAMENTO E ESPAÇAMENTO ENTRE PRAÇAS DE PEDÁGIO;
- DIMENSIONAMENTO DE PRAÇAS DE PEDÁGIO.

## 2 ESTUDOS INICIAIS DE ESTRUTURA E NÍVEL TARIFÁRIO PARA A BR 116

### 2.1 Estrutura Tarifária

A estrutura tarifária vigente nas concessões rodoviárias federais e na maioria dos estados brasileiros se baseia no preço cobrado para um automóvel de passeio - que corresponde a um eixo de caminhão. Já para os caminhões é cobrado um valor relativo ao número de eixos que o compõem. Este conceito, ainda que de forma simplificada, busca aplicar tarifas proporcionais à solicitação do pavimento exercida pelos diferentes tipos de veículos.

A Tabela de Categoria de Veículos apresenta os fatores da multiplicação para a Tarifa de Pedágio, para os vários tipos de veículos considerando seu respectivo número de eixos.

**Tabela 2.1: Tabela de Categoria de Veículos.**

<b>Categoria</b>	<b>Descrição dos veículos</b>	<b>Nº de eixos</b>	<b>Rodagem</b>	<b>Multiplicador</b>
1	Automóvel, caminhonete e furgão	2	Simple	1,00
2	Caminhão leve, ônibus, caminhão-trator e furgão	2	Dupla	2,00
3	Automóvel e caminhonete com semi-reboque	3	Simple	1,50
4	Caminhão, caminhão-trator, caminhão-trator com semi-reboque e ônibus	3	Dupla	3,00
5	Automóvel e caminhonete com reboque	4	Simple	2,00
6	Caminhão com reboque e caminhão-trator com semi-reboque	4	Dupla	4,00
7	Caminhão com reboque e caminhão-trator com semi-reboque	5	Dupla	5,00
8	Caminhão com reboque e caminhão-trator com semi-reboque	6	Dupla	6,00
9	Motocicletas, motonetas e bicicletas moto	2	Simple	0,50
10	Veículos oficiais e do Corpo Diplomático	-	-	Isentos

Fonte: ANTT (2007).

A Tarifa Básica é, portanto, a tarifa de pedágio para o(s) veículo(s) de categoria 1, conforme Classificação de Veículos, cujo fator multiplicador de tarifa é igual a 1,0.

A tarifa de pedágio a ser aplicada para a BR 116 deverá corresponder ao resultado do produto da Tarifa Básica de pedágio pelo fator multiplicador da tarifa correspondente a cada categoria de veículo, conforme valores apresentados na tabela 2.1. Para os veículos com mais de 6 eixos será cobrada tarifa de pedágio equivalente à categoria 8, acrescida do valor da tarifa dos veículos da categoria 1, multiplicada pelo número de eixos que excederem 6.

## **2.2 Nível Tarifário**

Neste item são discutidos aspectos iniciais para a definição do nível tarifário a ser adotado para a BR 116. Primeiramente são apresentados os resultados da pesquisa de opinião realizada concomitante a pesquisa de origem e destino em postos de pesquisa distribuídos ao longo dos trechos em estudo das duas rodovias. Posteriormente são apresentados os valores de tarifas praticados nas concessões em vigor no país. Em uma etapa final é considerada uma proposta de nível tarifário para a rodovia, de forma a dispor de valores de referência para as análises de espaçamento e número de praças de pedágios desenvolvidas na seqüência deste documento.

### **2.2.1 Pesquisa de opinião – disposição a pagar**

Para os estudos referentes ao nível tarifário a ser adotado na BR 116 foram considerados os resultados obtidos através da pesquisa de opinião, que verificou a disposição dos usuários da rodovia em pagar pedágio pela melhoria de suas características.

Nesta pesquisa foram utilizadas duas abordagens distintas:

- Pesquisa de opinião, onde foram questionados quais os atributos considerados mais importantes pelos usuários da rodovia e quanto estes se dispõem a pagar por estes atributos;
- Pesquisa de preferência declarada, onde os principais atributos são avaliados em termos do nível de importância que o entrevistado atribui aos mesmos,

permitindo também a determinação do valor do tempo do usuário e validando alguns resultados da pesquisa de opinião.

Aos usuários entrevistados foi apresentado um elenco de alternativas de disposição a pagar, com base no cálculo de valores de pedágio equivalentes às respectivas extensões das viagens e a valores unitários de tarifas quilométricas. Foi adotada como tarifa máxima o valor equivalente a 90% da tarifa de pista simples cobrada no Estado de São Paulo em 2006, e considerados multiplicadores da tarifa quilométrica diferenciados para os 3 tipos de veículo adotados na pesquisa (automóveis, caminhões de 2 e 3 eixos e caminhões com mais de 4 eixos), a partir da média dos multiplicadores adotados na tabela vigente para o mesmo estado. Desta forma, os valores de tarifa apresentados aos veículos comerciais já levavam em consideração o número de eixos destes veículos, com base nos valores multiplicadores de tarifas adotados (caminhões 2 ou 3 eixos = 2,5 e caminhões 4 ou + eixos = 5).

Para desenvolvimento desta análise, os resultados referentes à disposição a pagar para caminhões de 2, 3 e mais de 4 eixos foram, no entanto, agregados, gerando um valor de tarifa único por quilômetro para caminhões.

Os resultados obtidos para a BR 116 sobre disposição a pagar para motoristas de automóveis são mostrados nas tabelas a seguir.

**Tabela 2.2: Proporção de usuários da BR 116 dispostos a pagar tarifa – Automóveis.**

<b>Condição</b>	<b>Quantidade</b>	<b>%</b>
<i>Pagaria</i>	18.985	77,81%
<i>Não Pagaria</i>	5.415	22,19%

**Tabela 2.3: Resultados da Pesquisa de Opinião sobre disposição a pagar para a BR 116 - Automóveis.**

<b>Tarifa por km (R\$/km)</b>	<b>Quantidade de entrevistas</b>	<b>%</b>	<b>% Acumulada</b>
<i>mais de 0,10</i>	22	0,11%	0,11%
<i>0,10</i>	71	0,38%	0,49%
<i>0,09</i>	82	0,43%	0,92%
<i>0,08</i>	54	0,29%	1,21%
<i>0,07</i>	62	0,33%	1,53%
<i>0,06</i>	5838	30,75%	32,28%
<i>0,05</i>	2241	11,80%	44,08%
<i>0,04</i>	3875	20,41%	64,49%
<i>0,02</i>	6741	35,51%	100,00%
<b>Total</b>	<b>18.985</b>	<b>100,00%</b>	<b>-</b>

**Tabela 2.4: Tarifa média ponderada por quilômetro para a BR 116 - Automóveis.**

<b>Agrupamento</b>	<b>Tarifa (R\$/Km)</b>
<i>Todos os valores</i>	<i>0,0319</i>
<i>Eliminados os valores 0,0</i>	<i>0,0409</i>
<b>Mediana</b>	<b>0,0350</b>

Com base nos resultados obtidos, podem ser feitas as seguintes considerações:

Para os usuários de **automóveis** foram observados os seguintes resultados:

- 22,19% dos usuários não estão dispostos a pagar tarifa de pedágio;
- 44,08% dos usuários estão dispostos a pagar valores de tarifa maiores ou iguais a R\$ 0,05/km;
- 64,69% dos usuários estão dispostos a pagar valores de tarifa maiores ou iguais a R\$ 0,04/km;

A tarifa média ponderada por quilômetro (R\$/km) para usuários de automóveis, excluindo-se a parcela de usuários que não estão dispostos a pagar tarifa de pedágio, resultou em R\$ 0,04/km.

Os resultados obtidos para a BR 116 sobre disposição a pagar para motoristas de caminhões são mostrados nas tabelas a seguir.

**Tabela 2.5: Proporção de usuários da BR 116 dispostos a pagar tarifa – Caminhões.**

<b>Condição</b>	<b>Quantidade</b>	<b>%</b>
Pagaria	17.979	77,71%
Não Pagaria	5.158	22,29%

**Tabela 2.6: Resultados da Pesquisa de Opinião sobre disposição a pagar para a BR 116 – Caminhões.**

<b>Tarifa por km (R\$/km)</b>	<b>Quantidade de entrevistas</b>	<b>%</b>	<b>% Acumulada</b>
mais de 0,10	12.189	67,79%	67,79%
0,10	458	2,55%	70,34%
0,09	626	3,48%	73,83%
0,08	982	5,46%	79,29%
0,06	1.500	8,34%	87,63%
0,05	1.580	8,79%	96,42%
0,04	643	3,58%	100,00%
<b>Total</b>	<b>17.979</b>	<b>100,00%</b>	<b>-</b>

**Tabela 2.7: Tarifa média ponderada por quilômetro para a BR 116 – Caminhões.**

<b>Agrupamento</b>	<b>Tarifa (R\$/Km)</b>
Todos os valores	0,1162
Eliminados os valores 0,0	0,1496
<b>Mediana</b>	<b>0,1088</b>

Para os usuários de **caminhões** foram observados os seguintes resultados:

- 22,29% dos usuários não estão dispostos a pagar tarifa de pedágio;
- 87,63% dos usuários estão dispostos a pagar valores de tarifa maiores ou iguais a R\$ 0,06/km;
- 96,42% dos usuários estão dispostos a pagar valores de tarifa maiores ou iguais a R\$ 0,05/km;

A tarifa média ponderada por quilômetro (R\$/km) para usuários de caminhões, excluindo-se a parcela de usuários que não estão dispostos a pagar tarifa de pedágio resultou em R\$ 0,149.

## 2.2.2 Tarifas praticadas no país

As tarifas básicas para automóveis praticadas em rodovias federais sob concessão no país são apresentadas na tabela a seguir.

**Tabela 2.8: Tarifas básicas praticadas nas rodovias federais sob concessão.**

Conces.	Rodovia	Segmento	Total (km)	Tarifa –Base (R\$)
Nova Dutra	BR-116/RJ/SP	Rio de Janeiro - São Paulo	402,0	7,80
Ponte S.A	BR 101/RJ –	Ponte Presidente Costa e Silva	13,2	3,50
Concer	BR-040/MG/RJ	Juiz de Fora - Petrópolis - Rio de Janeiro	179,9	6,70
CRT	BR 116/RJ –	Além Paraíba – Teresópolis Entroncamento c/ a BR 040/RJ	142,5	6,80
Concepa	BR 290/RS -	Trecho Osório – Porto Alegre	121,0	6,00
Ecosul	BR-116, 392 e 293/RS	Pólo Rodoviário de Pelotas	623,8	5,90

Fonte: ANTT (janeiro, 2008).

Já para os trechos de rodovias federais licitados em outubro de 2007, as respectivas tarifas são apresentados na tabela a seguir.

**Tabela 2.9: Tarifas- base para trechos de rodovias federais que foram licitados em outubro/2007 e cujos contratos de concessão foram firmados em janeiro de 2008.**

Lote	Rodovia	Segmento	Total (km)	Tarifa –Base (R\$)
1	BR-153/SP	Divisa MG/SP – Divisa SP/PR	321,6	2,450
2	BR 116/PR/SC	Curitiba – Divisa SC/PR	412,7	2,540
3	BR-393/RJ	Divisa MG/RJ-Ent. BR-116	200,4	-
4	BR-101/RJ	Divisa RJ/ES – Ponte Pres. Costa e Silva	320,1	2,258
5	BR-381/MG/SP	Belo Horizonte-São Paulo (Fernão Dias)	562,1	0,997
6	BR-116-SP/PR	São Paulo –Curitiba (Régis Bitencourt)	401,6	1,364
7	BR-116/376/PR e 101/SC	Curitiba -Florianópolis	382,2	1,028
*	BR-116/324/BA	Salvador – Feira de Santana – Divisa BA/MG	637,4	2,90/1,70

Fontes: Ministério dos Transportes (julho, 2007) e ANTT (dezembro, 2007).

\*Concessão prevista para ser efetuada através de PPP. Valores de tarifas conforme Estudo de Viabilidade de PPP Sistema Rodoviário BR 116/BR324/BA – Sistema de Pedagiamento e Tarifas, Volume II, Revisão 4, junho de 2006.

Na tabela a seguir são mostradas algumas tarifas praticadas em rodovias nos estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Mato Grosso. Para o estado de São Paulo são apresentadas as tarifas para rodovias concessionadas e não-concessionadas.

**Tabela 2.10: Tarifas básicas praticadas em concessões em estados brasileiros (2008).**

Órgão	Rodovia	Município	Tarifa –Base (R\$)
<b>São Paulo (rodovias não concessionadas)</b>			
Dersa	SP-065 Rodovia Dom Pedro I	Nazaré Paulista	8,10
Dersa	SP-065 Rodovia Dom Pedro I	Itatiba	8,10
Dersa	SP-070 Rodovia Ayrton Senna	Itaquaquecetuba	8,10
Dersa	SP-070 Rodovia Ayrton Senna	Guararema	8,10
Dersa	SP-070 Rodovia Carvalho Pinto	Jacareí	4,60
Dersa	SP-070 Rodovia Carvalho Pinto	Caçapava	4,60
DER-SP	SP-209 Rodovia J. Hipólito Martins	Botucatu	-
DER-SP	SP-270 Rodovia Raposo Tavares	Pres. Bernardes	4,40
DER-SP	SP-270 Rodovia Raposo Tavares	Caiuá	4,40
DER-SP	SP-300 Rodovia Marechal Rondon	Areiópolis	7,00
DER-SP	SP-300 Rodovia Marechal Rondon	Agudos	-
DER-SP	SP-300 Rodovia Marechal Rondon	Avaí	6,30
DER-SP	SP-300 Rodovia Marechal Rondon	Pirajuí	-
DER-SP	SP-300 Rodovia Marechal Rondon	Promissão	6,50
DER-SP	SP-300 Rodovia Marechal Rondon	Glicério	-
DER-SP	SP-300 Rodovia Marechal Rondon	Guararapes	7,00
DER-SP	SP-300 Rodovia Marechal Rondon	Lavínia	-
DER-SP	SP-300 Rodovia Marechal Rondon	Castilho	5,20
DER-SP	SP-324 Rodovia Miguel Melhado Campos	Vinhedo	3,90
<b>Rio Grande do Sul</b>			
DAER-RS	RS-239 Estância Velha - Sapiranga	Campo Bom	2,40
DAER-RS	RS-135 Passo Fundo - Erechim	Coxilha	3,60
DAER-RS	RS-240 Vila Sharlau – Rincão Cascalho	Portão	4,80
DAER-RS	RS-122 Rincão do Cascalho	Portão	4,80
<b>Mato Grosso</b>			
AGER-MT	MT-242 Sorriso-Ipiranga do Norte	-	3,50
AGER-MT	MT-449 Lucas do Rio Verde-Tapurah	-	3,50

Fontes: Dersa (2008); DER/SP (2008); DAER-RS (2008), AGER-MT (2008).

**Tabela 2.11: Tarifas básicas praticadas em concessões no estado de São Paulo (2007).**

Rodovia		Pedágio		Sentido de		Tarifas	
Nomenclatura	Prefixo	Nomenclatura	km	Cobrança		Passeio	Por
AUTOBAN		LOTE - 1					Eixo
ANHANGUERA	SP-330	PERUS	026+495	NORTE	BID	R\$ 5,30	R\$ 5,30
	SP-330	PERUS	026+495	SUL	BID	R\$ 5,30	R\$ 5,30
	SP-330	VALINHOS	082+000	NORTE	BID	R\$ 5,30	R\$ 5,30
	SP-330	VALINHOS	081+000	SUL	BID	R\$ 5,30	R\$ 5,30
	SP-330	NOVA ODESSA	118+000	NORTE	BID	R\$ 4,70	R\$ 4,70
	SP-330	NOVA ODESSA	118+000	SUL	BID	R\$ 4,70	R\$ 4,70
	SP-330	LIMEIRA	152+000	NORTE	BID	R\$ 3,50	R\$ 3,50
	SP-330	LIMEIRA	152+000	SUL	BID	R\$ 3,50	R\$ 3,50
BANDEIRANTES	SP-348	CAMPO LIMPO	039+047	NORTE	BID	R\$ 5,30	R\$ 5,30
	SP-348	CAIEIRAS	036+200	SUL	BID	R\$ 5,30	R\$ 5,30

	SP-348	ITUPEVA	077+430	NORTE	BID	R\$ 5,30	R\$ 5,30
	SP-348	ITUPEVA	077+430	SUL	BID	R\$ 5,30	R\$ 5,30
	SP-348	SUMARÉ	115+520	NORTE	BID	R\$ 4,70	R\$ 4,70
	SP-348	SUMARÉ	115+520	SUL	BID	R\$ 4,70	R\$ 4,70
	SP-348	LIMEIRA	159+550	NORTE	BID	R\$ 3,50	R\$ 3,50
	SP-348	LIMEIRA	159+550	SUL	BID	R\$ 3,50	R\$ 3,50
<b>TEBE</b>	<b>LOTE - 3</b>						
FARIA LIMA	SP-326	COLINA	407+000	NORTE/SUL	BID	R\$ 5,10	R\$ 5,10
COM. PEDRO MONTELEONE	SP-351	PIRANGI	184+250	LESTE/OESTE	BID	R\$ 4,80	R\$ 4,80
ORLANDO CHESINI OMETTO	SP-323	MONTE ALTO	019+810	NORTE/SUL	BID	R\$ 3,30	R\$ 3,30
<b>VIANORTE</b>	<b>LOTE - 5</b>						
ANHANGUERA	SP-330	SALES OLIVEIRA	350+000	NORTE/SUL	BID	R\$ 6,40	R\$ 6,40
	SP-330	ITUVERAVA	405+000	NORTE/SUL	BID	R\$ 7,80	R\$ 7,80
ATÍLIO BALBO	SP-322	SERTÃOZINHO	327+500	LESTE/OESTE	BID	R\$ 3,90	R\$ 3,90
ARNALDO SALLES DE OLIVEIRA	SP-322	PITANGUEIRAS	363+500	LESTE/OESTE	BID	R\$ 5,10	R\$ 5,10
<b>INTERVIAS</b>	<b>LOTE - 06</b>						
ANHANGUERA	SP-330	PIRASSUNUNG A	215+000	NORTE/SUL	BID	R\$ 4,40	R\$ 4,40
	SP-330	LEME	181+760	NORTE/SUL	BID	R\$ 4,40	R\$ 4,40
SEM DENOMINAÇÃO	SP-147	MOGI MIRIM	052+000	LESTE/OESTE	BID	R\$ 4,20	R\$ 4,20
ENGº JOÃO TOSELLO	SP-147	LIMEIRA	091+300	LESTE/OESTE	BID	R\$ 3,20	R\$ 3,20
DEP. LAERCIO CORTE	SP-147	IRACEMÁPOLIS	127+200	LESTE/OESTE	BID	R\$ 3,40	R\$ 3,40
WILSON FINARDI	SP-191	ARARAS	027+500	LESTE/OESTE	BID	R\$ 3,40	R\$ 3,40
	SP-191	RIO CLARO	059+000	LESTE/OESTE	BID	R\$ 1,80	R\$ 1,80
DOUTOR PAULO LAURO	SP-215	STA CRUZ PALMEIRAS	065+550	LESTE/OESTE	BID	R\$ 3,30	R\$ 3,30
	SP-215	DESCALVADO	104+400	LESTE/OESTE	BID	R\$ 3,40	R\$ 3,40
<b>CENTROVIAS</b>	<b>LOTE - 8</b>						
WASHINGTON LUIZ	SP-310	ITIRAPINA	216+000	NORTE	UNI	R\$ 6,00	R\$ 6,00
	SP-310	RIO CLARO	181+400	SUL	UNI	R\$ 10,00	R\$ 10,00
ENGº PAULO NILO ROMANO	SP-225	BROTAS	106+700	OESTE	UNI	R\$ 5,60	R\$ 5,60
	SP-225	DOIS CÓRREGOS	144+200	LESTE	UNI	R\$ 6,60	R\$ 6,60
COM. JOÃO RIBEIRO DE BARROS	SP-225	JAÚ	199+300	LESTE/OESTE	BID	R\$ 6,30	R\$ 6,30
<b>TRIÂNGULO DO SOL</b>	<b>LOTE - 9</b>						
WASHINGTON LUIZ	SP-310	ARARAQUARA	282+400	NORTE/SUL	BID	R\$ 9,30	R\$ 9,30
	SP-310	AGULHA	346+400	NORTE/SUL	BID	R\$ 6,30	R\$ 6,30
	SP-310	CATIGUÁ	398+500	NORTE/SUL	BID	R\$ 8,80	R\$ 8,80
BRIGADEIRO FARIA LIMA	SP-326	DOBRADA	307+600	NORTE/SUL	BID	R\$ 4,10	R\$ 4,10
	SP-326	TAIUVA	357+000	NORTE/SUL	BID	R\$ 3,70	R\$ 3,70
CARLOS TONANI	SP-333	JABOTICABAL	110+500	LESTE/OESTE	BID	R\$ 7,00	R\$ 7,00
LAURENTINO MASCARI	SP-333	ITÁPOLIS	179+700	LESTE/OESTE	BID	R\$ 4,00	R\$ 4,00

<b>AUTOVIAS</b>	<b>LOTE - 10</b>						
ANHANGUERA	SP-330	SÃO SIMÃO	281	NORTE/SUL	BID	R\$ 4,20	R\$ 4,20
	SP-330	S.RITA PASSA QUATRO	253	NORTE/SUL	BID	R\$ 4,20	R\$ 4,20
ANTONIO MACHADO SANT'ANNA	SP-255	GUATAPARÁ	046+000	NORTE/SUL	BID	R\$ 8,30	R\$ 8,30
CANDIDO PORTINARI	SP-334	BATATAIS	344+000	NORTE/SUL	BID	R\$ 5,40	R\$ 5,40
	SP-334	RESTINGA	374+500	NORTE/SUL	BID	R\$ 5,40	R\$ 5,40
<b>RENOVIAS</b>	<b>LOTE - 11</b>						
GOV.DR.ADHEMAR PEREIRA DE BARROS	SP-340	JAGUARIÚNA	123+500	NORTE/SUL	BID	R\$ 6,90	R\$ 6,90
DEP.MARIO BENI	SP-340	ESTIVA GERBI	192+840	NORTE/SUL	BID	R\$ 4,10	R\$ 4,10
PROF. BOANERGS NOGUEIRA DE LIMA	SP-340	CASA BRANCA	221+292	SUL/NORTE	BID	R\$ 3,70	R\$ 3,70
PROF. JOSÉ DE ANDRÉ DE LIMA	SP-340	MOCOCA	254+690	NORTE/SUL	BID	R\$ 3,50	R\$ 3,50
GOV.DR.ADHEMAR PEREIRA DE BARROS	SP-342	ÁGUAS DA PRATA	240+000	LESTE/OESTE	BID	R\$ 2,00	R\$ 2,00
ROD. DOM TOMAS VAQUERO	SP-344	AGUAÍ	219+000	OESTE/LESTE	BID	R\$ 2,60	R\$ 2,60
	SP-344	S. J. DA BOA VISTA	230+440	LESTE	UNI	R\$ 2,60	R\$ 2,60
GOV.DR.ADHEMAR PEREIRA DE BARROS	SP-342	PINHAL	191+890	LESTE/OESTE	BID	R\$ 5,10	R\$ 5,10
DEP. EDUARDO VICENTE NASSER	SP-350	ITOBI	252+140	NORTE	UNI	R\$ 5,00	R\$ 5,00
<b>VIAOESTE</b>	<b>LOTE - 12</b>						
RAPOSO TAVARES	SP-280	ITAPEVI	033+000	OESTE	UNI	R\$ 9,60	R\$ 9,60
PRES. CASTELLO BRANCO	SP-280	ITU	074+000	LESTE	UNI	R\$ 6,60	R\$ 6,60
	SP-280	OSASCO (MARGINAL)	018+000	OESTE	BID	R\$ 5,60	R\$ 5,60
	SP-280	BARUERI (MARGINAL)	020+000	LESTE	BID	R\$ 5,60	R\$ 5,60
JOSÉ ERMÍRIO DE MORAES	SP-075	SOROCABA	012+500	SUL	UNI	R\$ 3,60	R\$ 3,60
	SP-270	SÃO ROQUE	046+500	OESTE	UNI	R\$ 4,80	R\$ 4,80
RAPOSO TAVARES	SP-270	ALUMÍNIO	079+000	LESTE	UNI	R\$ 4,20	R\$ 4,20
	SP-270	ARAÇOIABA	111+400	OESTE	UNI	R\$ 2,10	R\$ 2,10
<b>COLINAS</b>	<b>LOTE - 13</b>						
ERMÊNIO DE OLIVEIRA PENTEADO	SP-075	INDAIATUBA	060+800	NORTE/SUL	BID	R\$ 7,60	R\$ 7,60
	SP-075	INDAIATUBA (BLOQUEIO)	062+000	NORTE/SUL	BID	R\$ 7,60	R\$ 7,60
PRES. CASTELLO BRANCO	SP-280	BOITUVA	111+300	LESTE/OESTE	BID	R\$ 5,40	R\$ 5,40
	SP-280	BOITUVA (BLOQUEIO)	110+800	LESTE/OESTE	BID	R\$ 5,40	R\$ 5,40
D. GABRIEL PAULINO BUENO	SP-300	ITUPEVA	076+680	LESTE/OESTE	BID	R\$ 4,10	R\$ 4,10
MARECHAL RONDON	SP-300	PORTO FELIZ	136+722	LESTE/OESTE	BID	R\$ 4,00	R\$ 4,00
FAUSTO SANTOMAURO	SP-127	RIO CLARO	012+625	NORTE/SUL	BID	R\$ 3,50	R\$ 3,50
CORNÉLIO PIRES	SP-127	RIO DAS PEDRAS	058+650	NORTE/SUL	BID	R\$ 5,60	R\$ 5,60
<b>SPVIAS</b>	<b>LOTE - 20</b>						
PRES. CASTELLO BRANCO	SP-280	ITATINGA	208+400	LESTE/OESTE	BID	R\$ 7,50	R\$ 7,50

	SP-280	IARAS	278+000	LESTE/OESTE	BID	R\$ 5,10	R\$ 5,10
	SP-280	QUADRA	158+300	LESTE/OESTE	BID	R\$ 7,50	R\$ 7,50
ANTONIO ROMANO SCHINCARIOL	SP-127	MORRO DO ALTO	128+900	NORTE	UNI	R\$ 6,10	R\$ 6,10
	SP-127	MORRO DO ALTO	133+900	SUL	UNI	R\$ 6,10	R\$ 6,10
PROF. FRANCISCO DA SILVA PONTES	SP-127	GRAMADÃO	196+725	NORTE/SUL	BID	R\$ 5,50	R\$ 5,50
JOÃO MELLÃO	SP-255	AVARÉ	240+300	NORTE/SUL	BID	R\$ 3,70	R\$ 3,70
RAPOSO TAVARES	SP-258	BURI	250+145	LESTE/OESTE	BID	R\$ 5,70	R\$ 5,70
FRANCISCO ALVES NEGRÃO	SP-258	ITARARÉ	326+670	LESTE/OESTE	BID	R\$ 3,60	R\$ 3,60
RAPOSO TAVARES	SP-270	ALAMBARI	135+300	LESTE	UNI	R\$ 6,20	R\$ 6,20
<b>ECOVIAS</b>	<b>LOTE - 22</b>						
CÔNEGO DOMÊNICO RANGONI	SP-055	SANTOS	250+464	OESTE	UNI	R\$ 7,20	R\$ 7,20
PADRE MANOEL DA NÓBREGA	SP-055	SÃO VICENTE	279+950	LESTE	UNI	R\$ 4,20	R\$ 4,20
ANCHIETA	SP-150	RIACHO GRANDE	031+106	SUL	UNI	R\$ 15,40	R\$ 15,40
IMIGRANTES	SP-160	DIADEMA	015+917	SUL	UNI	R\$ 1,00	R\$ 1,00
	SP-160	ELDORADO	020+100	SUL	UNI	R\$ 2,20	R\$ 2,20
	SP-160	BATISTINI	025+579	SUL	UNI	R\$ 3,40	R\$ 3,40
	SP-160	PIRATININGA	032+381	SUL	UNI	R\$ 15,40	R\$ 15,40

Fonte: ARTESP (2007).

### **3 ASPECTOS GERAIS SOBRE O SISTEMA DE PEDAGIAMENTO**

A atividade de arrecadação de pedágio visa a cobrança da tarifa de uso e se constitui em um aspecto fundamental para a viabilização de programas de concessão rodoviária, uma vez que é fator determinante para formação da receita operacional dos serviços a serem prestados. Neste sentido, a localização e espaçamento das praças de arrecadação, os níveis tarifários e as formas de cobrança são os principais condicionantes para a capacidade de financiamento do projeto, bem como para serem empreendimentos auto-sustentáveis. Assim, a escolha do sistema a ser utilizado tem por objetivo otimizar os recursos a serem arrecadados e minimizar custos operacionais e atrasos sofridos pelos usuários.

Os sistemas de arrecadação de tarifas de pedágio podem ser classificados em dois tipos: Aberto e Fechado. Segundo a sua abrangência em relação aos usuários, o Sistema Fechado é aquele em que todos os usuários da via estão sujeitos à cobrança, enquanto que no Sistema Aberto, admite-se que uma parcela dos usuários pode utilizar a via sem o correspondente pagamento da tarifa.

No Sistema Fechado a cobrança de pedágio é feita de acordo com a distância percorrida pelo veículo, o que exige que todas as entradas e saídas da rodovia sejam monitoradas. Normalmente neste sistema são instaladas praças de controle em cada acesso e praças de cobrança de pedágio em cada saída da rodovia. Ao entrar na mesma, obtém-se em uma cabine de controle um bilhete que identifica o quilômetro no qual o veículo acessou a rodovia. Ao sair da rodovia o condutor deve apresentar este bilhete na praça de pedágio, onde a distância efetivamente percorrida será registrada e será cobrada uma tarifa de pedágio proporcional a extensão do deslocamento. Com o uso de técnicas de cobrança eletrônica de pedágio esse processo pode ser totalmente automatizado.

Em função da necessidade de se construir e manter praças de controle em todas as entradas e saídas da rodovia, a cobrança de pedágio em todos esses acessos

envolve custos significativos, que usualmente serão repassados ao valor do pedágio implicando em valores mais elevados de tarifa por quilômetro.

O Sistema Aberto corresponde ao sistema praticado na maioria das rodovias, principalmente nas brasileiras, caracterizado por uma via com acessos livres e praças de pedágio com bloqueio transversal localizado na própria pista, distribuídas ao longo dos trechos sob concessão. Desta forma, é necessário definir para cada rodovia os locais onde serão construídas as praças de pedágio assim como o valor do pedágio a ser cobrado em cada praça.

Tanto no Sistema Aberto como no Sistema Fechado, as tarifas a serem pagas podem ser diferentes em cada praça de pedágio (proporcionais à extensão realmente percorrida ou a trechos da via), ou podem ser iguais em todas as praças de pedágio (correspondentes a segmentos de distâncias iguais, independente de corresponderem a trechos reais da via).

Evidentemente, o sistema mais justo é o Sistema Fechado, no qual todos os usuários pagam, e este pagamento é proporcional à utilização da rodovia. Esse sistema, no entanto, só é possível de ser utilizado em auto-estradas do tipo fechada (sem acessos diretos à rodovia e com controle de acessos através de dispositivos de entroncamento tecnicamente dispostos).

Nos casos das rodovias do tipo múltiplas faixas (com acessos diretos à via), dada a impossibilidade da implantação do sistema de cobrança do tipo fechado, deve-se adotar um Sistema Aberto de cobrança que procure atingir os seguintes objetivos:

- Apresentar uma grande abrangência, no sentido de que o menor número de usuários utilize a via sem pagamento da respectiva tarifa;
- Permitir o pagamento de uma tarifa que seja a mais proporcional ao trecho utilizado pelos usuários;
- As praças de pedágio deverão ser em número tal que não implique em paradas sucessivas, gerando desconforto e perda de tempo ao usuário e

custos de implantação e operação mais elevados para a entidade responsável pela via.

Dessa forma, a distribuição das praças deve apresentar uma configuração que atenda ao máximo possível esses objetivos.

No que se refere ao objetivo de maior abrangência, fica claro que a distribuição das praças deve incluir o maior número possível de trechos homogêneos (trechos entre pontos de origem e destino bem caracterizados, com aspectos geométricos uniformes e mesmo VDM). Deve-se destacar que maior abrangência significa também maior receita de pedágio, aspecto imprescindível para a viabilização do projeto.

No que se refere ao pagamento de valor proporcional à utilização da via pelo usuário, isto geralmente implica na adoção de tarifas variáveis para cada praça, resultante do produto da tarifa básica por quilometro, pela extensão do respectivo trecho homogêneo. Essa configuração (menor espaçamento entre praças e tarifas diferenciadas), no entanto, só se mostra interessante em rodovias de pequena ou média extensão, dependendo da região em que se desenvolvam, do controle de da ocupação junto à faixa de domínio, da proximidade a cidades ou áreas urbanizadas, entre outros aspectos.

Na situação oposta, encontram-se as rodovias de grande extensão, com cidades bem distanciadas, trechos homogêneos longos, com uma componente residual de tráfego de passagem significativa, e para as quais, o mais razoável é a adoção da configuração aberta, com praças de pedágio equidistantes e tarifas iguais, correspondentes a iguais extensões.

No que diz respeito ao sistema de cobrança do pedágio, são identificados três tipos:

- Sistema de cobrança manual;
- Sistema de cobrança semi-automática;

- Sistema de cobrança automática (IAV – Identificação Automática do veículo).

O sistema de cobrança manual é a solução tradicionalmente empregada. Para cada cabine de cobrança utiliza-se um arrecadador que tem como função classificar o veículo, recolher o valor do pedágio diretamente dos motoristas, emitir o troco e o recibo.

No sistema de cobrança semi-automática a tecnologia mais adequada envolve os denominados “cartões inteligentes” com ou sem contato, somente de leitura ou ainda de leitura/escrita. Quanto à forma de pagamento, pode-se utilizar tanto o pré-pagamento quanto o pós-pagamento.

Para o funcionamento do sistema de cobrança automática (IAV – Identificação Automática do Veículo) é necessário instalar a bordo dos veículos um pequeno dispositivo identificador que, nas proximidades da praça, interage com a rede telemática e registra as informações necessárias para a definição da respectiva tarifa. A tarifa é então debitada da conta bancária do usuário ou do crédito adquirido antecipadamente, equivalente a um número de passagens previamente estabelecido.

### ***3.1 Localização de praças de pedágio***

As praças de pedágio devem ser localizadas de forma a evitar um grande efeito de fuga em função do início da cobrança de pedágio, além de evitar fortes impactos sobre a demanda, em função do valor da tarifa.

Sua localização deve priorizar o pagamento de tarifa sobre o tráfego que utiliza o sistema, evitando proximidade aos principais núcleos urbanos. Desta forma, busca-se canalizar o ônus do pagamento da tarifa para os usuários que utilizam maiores extensões rodoviárias (viagens de média e longa distância) e ampliar a aceitação por parte da comunidade ao reduzir os impactos do pedagiamento sobre as viagens entre os núcleos urbanos mais próximos.

Sob a ótica de uma distribuição justa do custo de manter e operar o sistema, o ideal seria localizar as praças a intervalos pequenos e com tarifas menores, ampliando a conformidade entre a distância percorrida e a tarifa paga pelo usuário. No entanto, praças de pedágio muito próximas implicam em aumento dos custos de implantação, operação e manutenção das mesmas, acarretam em interrupções freqüentes dos fluxos de tráfego causando desconforto para o usuário e aumento do tempo de viagem, além de acarretar em maiores impactos sobre as viagens mais curtas, em áreas de concentração urbana.

Para a localização mais adequada de praças de pedágio devem ser considerados os seguintes aspectos, conforme recomendações do DNIT:

- Evitar os trechos urbanos não apenas para minimizar problemas com as comunidades locais, mas também para reduzir os custos com desapropriação;
- Observar as condições topográficas e geotécnicas às margens da rodovia, reduzindo os custos do alargamento da via e dando preferência aos trechos de aterro por facilidades construtivas;
- Evitar localização em trechos de rodovia que coincidam com vias alternativas e a fuga do pedágio pela passagem auxiliar da praça de arrecadação;
- Procurar trechos com greide em torno de 1%, preferencialmente com fluxos chegando na praça em rampa ascendente, facilitando a manobra de desaceleração;
- Trechos com tangente mínima em torno de 800 metros;
- Trechos que não apresentem obras-de-arte, de modo a minimizar os custos para o alargamento da pista;
- Observar a localização das praças de pedágio previstas ou em operação nos segmentos adjacentes ou em rodovias transversais.

### **3.2 *Espaçamento entre praças de pedágio***

Um dos enfoques para a análise de sistemas de pedagiamento concentra-se na análise do espaçamento entre as praças de pedágio, uma vez que este é fator

condicionante para a formação da receita e conseqüentemente para avaliação da capacidade de financiamento do projeto.

A análise do espaçamento das praças de pedágio tem como base os seguintes aspectos:

- A eqüidade (ou a falta de eqüidade) do processo;
- A eficiência do processo de arrecadação.

A análise da eqüidade aborda as eventuais disparidades no tratamento dos usuários no que diz respeito à distância percorrida no sistema e o valor pago. Estas disparidades ocorrem em função do sistema de pedagiamento aberto adotado, que não permite o pagamento de tarifa de acordo com a distância percorrida pelo usuário.

Neste caso, alguns usuários podem pagar proporcionalmente mais do que lhes caberia, enquanto outros poderão até mesmo utilizar a rodovia sem pagar. Desta forma, o princípio da eqüidade prega que a diferença entre os valores pagos por quilômetro percorrido entre usuários da mesma categoria deve ser a menor possível. Ou seja, usuários iguais (possuidores de veículos pertencentes à mesma categoria) devem pagar o mesmo valor pela mesma quantidade de serviço consumido.

Em contrapartida, iniquidade é a diferença entre o valor pago por um veículo em seu percurso na via (que corresponde à tarifa multiplicada pelo total de praças de pedágio pelas quais passa) e o valor correspondente ao produto da extensão de seu percurso e o valor de tarifa estabelecido por quilômetro (ou seja, o valor correspondente ao trecho efetivamente utilizado pelo usuário).

A análise da eficiência do processo de arrecadação envolve os custos de implantação, operação e manutenção da infra-estrutura para cobrança de pedágio nas rodovias.

Os princípios de equidade e eficiência são, no entanto, conflitantes. A cobrança de pedágio com base na distância percorrida pelo veículo possibilita a satisfação do princípio da equidade, uma vez que o usuário irá pagar somente pelo trecho de via efetivamente utilizado. No entanto, em função dos custos adicionais necessários para a implantação de sistemas fechados, que permitem o controle do acesso e saída dos veículos e o registro da distância por ele percorrida, pode implicar em tarifas quilométricas médias para os usuários pagantes mais elevadas do que aquelas que resultariam de uma cobrança de pedágio com poucas praças de pedágio. Assim, é recomendável que se busque o equilíbrio entre a eficiência e a equidade, obtido através da definição de um número de praças ótimo e da localização adequada das mesmas.

### **3.2.1 Análise da equidade/iniqüidade**

Para a análise da iniquidade foram analisados diversos estudos sobre concessões rodoviárias, nacionais e internacionais, cuja conclusão conduziu a utilização de critérios e metodologias similares aquela adotada no Estudo de Viabilidade de PPP para o Sistema Rodoviário BR 116/BR 324 no Estado da Bahia, desenvolvido em junho de 2006 pelo BNDES. O estudo envolve inclusive uma continuidade do trecho de rodovia de interesse aos Projetos BR Minas Gerais em análise, bem como é adaptado às especificidades das condições brasileiras, seja em termos das características funcionais e operacionais da rodovia, seja nas condições de receitas e custos envolvidos.

### **HIPÓTESES BÁSICAS**

As hipóteses básicas compreendem um conjunto de simplificações e considerações adotadas para desenvolvimento da análise da equidade/iniqüidade e são assim definidas:

- Cada trecho de via opera com volume constante ao longo de toda a sua extensão;

- Cada trecho de via contribui com a mesma proporção de percursos de veículos, segundo sua extensão na via;
- Os volumes e proporções de percursos segundo extensão não variam com o espaçamento entre praças de pedágio ou a tarifa cobrada, ou seja, não há fugas ou alteração na demanda;
- É arrecadado um valor fixo por veículo equivalente pedagiado, definido com base em determinado valor por quilômetro, multiplicado pelo espaçamento entre praças de pedágio;
- A cada praça de pedágio está associado um custo total fixo por unidade de tempo, necessário à sua implantação e manutenção.

### **PROCEDIMENTOS DE CÁLCULO**

Com base nas hipóteses adotadas, o cálculo da iniquidade compreende as seguintes atividades:

- Cálculo da iniquidade média por faixa de extensão (I) através da aplicação das fórmulas definidas a seguir;
- Cálculo da iniquidade média ( $I_m$ );
- Cálculo do total de percursos na via por dia ( $T_p$ );
- Cálculo da iniquidade total ( $I_t$ );
- Cálculo da arrecadação total diária da via ( $A_v$ );
- Cálculo do fator de iniquidade (Fator I).

Os parâmetros e formulações para cálculo destes elementos são assim definidos:

- V - volume em veículos equivalentes, que corresponde ao número total de veículos pedagiados, considerando seus respectivos fatores multiplicadores de tarifa. O número de veículos equivalentes é obtido tendo como referência o automóvel de passeio;
- c - valor a ser cobrado dos veículos por quilômetro (R\$/km);
- E – extensão total da via (km);

- D - distância adotada entre praças de pedágio sucessivas (km). Uma vez que a distância entre praças é constante, corresponde ao quociente entre a extensão total da via (E) e o número de praças de pedágio adotadas;
- y - extensão do percurso do veículo na via (km). Nesta análise simplificada adota-se para cada uma das faixas de extensão estabelecidas, a distância média da respectiva faixa. Para cada percurso de extensão y é identificada a proporção de veículos equivalentes (%) que percorrem as respectivas distâncias;
- $y_m$  - extensão média dos percursos. Corresponde a distância média ponderada entre as extensões dos percursos dos veículos na via (y) e as respectivas proporções de veículos equivalentes que percorrem estas distâncias;
- $T(D) = cD$   
Valor da tarifa a ser cobrada por veículo em uma praça de pedágio, considerando o valor cobrado por quilômetro (c) e a distância entre praças de pedágio sucessivas (D);
- $k = \text{int}(y/D)$   
Menor número de praças de pedágio pelas quais passa um percurso de extensão y se a distância entre praças é igual a D. O  $\text{int}(y/D)$  indica o maior inteiro menor ou igual ao quociente entre a extensão do percurso e a distância entre as praças. Se o espaçamento entre as praças é igual a D, então um percurso de extensão y passa pode passar por k praças de pedágio ou k+1 praças de pedágio, dependendo de onde tenha iniciado seu percurso na via;
- $P = \frac{(k + 1)D - y}{D}$   
Proporção dos percursos de extensão y que passa por k praças de pedágio (considerando a hipótese que há geração homogênea de percursos segundo extensão ao longo da via). O restante dos percursos de extensão y, ou seja, a proporção 1- P passa por k+1 praças de pedágio;

- $R = (k+1)T(D) - cy$

Diferença entre o valor efetivamente pago por um veículo que efetua um percurso de extensão  $y$  e que passa por  $k+1$  praças de pedágio e o valor que deveria pagar considerando o valor por quilômetro ( $c$ ) e a extensão do percurso na via ( $y$ );

- $I = (1 - P)R$

Valor de iniquidade gerada em média por percurso de extensão  $y$  na via com distância  $D$  entre praças de pedágio. Corresponde à proporção dos veículos que pagam a mais  $(1 - P)$  vezes a diferença que pagam a mais ( $R$ ).

- $I_m$  – iniquidade média para todas as faixas de extensão, ponderando as iniquidades médias de cada faixa ( $I$ ) pela correspondente proporção veículos equivalentes que percorrem os percursos de extensão  $y$ ;

- $T_p = (V/ym)E$

Total de percursos na via;

- $I_t = I_m T_p$

Iniquidade total da via, correspondente ao produto da iniquidade média para todas as faixas de extensão ( $I_m$ ) e o total de percursos na via ( $T_p$ );

- $A_v = V_c E$

Arrecadação total da via igual ao produto do volume diário, pela tarifa por quilômetro e a extensão da via;

- Fator  $I = 1 - (I_t/A_v)$

Fator de iniquidade. De forma a permitir a comparação entre equidade e eficiência, adotou-se medir a equidade como proporção do valor arrecadado. No entanto, isto não significa que se pode comparar os valores absolutos de iniquidade e arrecadação.

### 3.2.2 Análise da eficiência

A eficiência do processo de arrecadação pode ser avaliada por meio da proporção do valor total arrecadado menos o custo de realizar a arrecadação, em relação ao total arrecadado, composto por parcelas correspondentes a investimento,

operação e manutenção das praças de pedágio, inclusive para realizar a arrecadação.

O cálculo da eficiência é definido pelas fórmulas:

- $Ef = 1 - (A/A_p)$

Eficiência do processo de arrecadação, onde A é o custo diário de uma praça de pedágio (dependendo do número de cabines e do sistema de cobrança de pedágio adotada);

- $A_p = VcD$

Arrecadação diária de uma praça de pedágio, que corresponde ao produto do volume diário médio da via (V), da tarifa empregada por quilômetro (c) e a distância entre praças de pedágio (D).

Valores negativos de eficiência indicam custo de arrecadação superior ao valor da própria arrecadação.

A eficiência pode ser avaliada também com base no conceito de Momento de Transporte, que corresponde a produto do VDM pelo espaçamento entre praças, medido em veículos/dia x km.

A exceção de variações significativas na composição do tráfego, o Momento de Transporte guarda estreita proporção com a receita de pedágio. Desta forma, com base no produto do Momento de Transporte e da tarifa adotada por quilômetro, é possível comparar a estimativa de arrecadação diária para cada praça de pedágio e o custo diário da respectiva praça, obtendo-se os valores de eficiência por praça e para a rodovia como um todo (considerando o número total de praças adotado).

A equidade e a eficiência podem ser analisadas em termos da diferença (positiva ou negativa) de equidade correspondente à perda de eficiência em termos marginais, verificando as perdas ou ganhos ocorridos ao se passar de um número k de praças de pedágio para um número k+1 de praças.



A escolha do número de praças de pedágio, com base nos parâmetros avaliados, deverá buscar atender aos seguintes critérios:

- Eficiência positiva, preferencialmente superior a 80%;
- Ganho marginal de equidade positivo, evitando assim perda tanto de equidade quanto de eficiência.

## 4 ESTUDO DE SISTEMA DE PEDAGIAMENTO PARA A BR 116

Neste item são abordados aspectos referentes ao sistema de pedagiamento proposto para a BR 116. Inicialmente são apresentadas as características gerais do modelo adotado para a rodovia, descrevendo seus principais parâmetros técnicos e funcionais. Posteriormente é feita uma análise preliminar do número e espaçamento entre as praças de pedágio, que geraram subsídios para a proposição de alternativas para o sistema de pedagiamento da BR 116. Em uma etapa final, as alternativas propostas para cada rodovia são analisadas de forma comparativa a fim de evidenciar seus aspectos positivos e negativos.

### 4.1 Modelo adotado na BR 116

O sistema de pedagiamento proposto para a BR 116 compreende um sistema do tipo aberto, com praças de arrecadação em forma de barreira, com cobrança de uma tarifa fixa, diferenciada por categoria de veículo. As praças de pedágio deverão ser equidistantes e, conseqüentemente, deverão ser cobradas tarifas iguais para todas elas.

A cobrança deverá ser bidirecional, evitando assim valores de tarifas mais elevados, em função da cobrança em um único sentido, e o aumento das fugas por meio de rotas alternativas ou mudança no comportamento dos usuários com a redução do número de viagens.

O sistema de arrecadação compreenderá as seguintes tecnologias:

- Sistema de cobrança manual ou semi-automática, com parada do veículo;
- Sistema de cobrança automática, sem necessidade de parada do veículo.

O número de cabines de arrecadação por praça de pedágio e o número correspondente de arrecadadores, considerando as hipóteses de cobrança manual e automática, são dimensionados em função do volume de tráfego por período do dia e dias de maior demanda, ao longo do horizonte do projeto, da

performance de cada uma das modalidades de arrecadação, e da adesão progressiva ao longo do período de concessão, por parte dos usuários, em relação aos sistemas de cobrança semi-automático e automático. Estes aspectos estão apresentados no Capítulo 6 deste relatório.

## **4.2 Análise do espaçamento entre praças de pedágio para a BR 116**

De forma a orientar o estudo de alternativas para o sistema de pedagiamento da BR 116 foi feita inicialmente, uma análise geral e simplificada (adotando-se valores médios e estimativas para os parâmetros de cálculo) do número de praças de pedágio e seu respectivo espaçamento. Esta análise baseou-se nas hipóteses e procedimentos de cálculo descritos nos itens 3.2.1 e 3.2.2, culminado na análise da equidade/iniquidade e eficiência para o intervalo entre 8 e 16 praças de pedágio.

### **4.2.1 Dados utilizados**

Para desenvolvimento da avaliação foram utilizados os seguintes dados:

- $V = 14.950$  veículos equivalentes em unidade de carros de passeio, ou seja, automóveis, correspondente a média dos volumes obtidos para os postos de pesquisa distribuídos ao longo do trecho em estudo da BR 116. Para cálculo do número de veículos equivalentes foram utilizados os fatores multiplicadores de tarifa, conforme mostra a tabela 2.1;
- Proporção de veículos equivalentes por extensão de percurso na via ( $y$ ), obtida a partir dos resultados da pesquisa de origem e destino efetuada na rodovia, conforme mostra a tabela a seguir.

**Tabela 4.1: Proporção de veículos equivalentes segundo faixas de extensão – BR 116.**

<b>Faixas de extensão</b>		<b>Distância Média (km)</b>	<b>% Veículos Equivalentes</b>
<b>Limite Inferior</b>	<b>Limite Superior</b>		
-	50	25	16,14%
50	100	75	6,69%
100	200	150	8,97%
200	300	250	5,89%
300	400	350	3,78%
400	500	450	4,51%
500	600	550	3,04%
600	700	650	3,76%
700	800	750	47,22%

Fonte: Pesquisa de Origem e Destino, 2007

- $c = R\$ 0,040/\text{veículo}$ , conforme valores de referência obtidos na pesquisa de opinião e disposição a pagar, realizada no âmbito dos estudos em pauta;
- $E = 816,7 \text{ km}$ ;
- Distância entre praças de pedágio ( $D$ ) variando entre 102,1 km (8 praças de pedágio) e 51,04 km (16 praças de pedágio);
- Distância média adotada para as faixas de percurso ( $y$ ), conforme tabela 4.1;
- $y_m = 466,07 \text{ km}$ , correspondente à extensão média dos percursos ponderada pela proporção de veículos equivalentes;
- Em relação ao custo de uma praça de pedágio ( $A$ ) adotou-se a seguinte configuração: cada praça será composta por 5 pistas de cobrança manual, sendo a pista central reversível e uma pista lateral de cobrança IVA, que corresponde a configuração tipo definida para trechos de rodovia de pista simples. Com essa configuração admite-se o funcionamento aos moldes de 4 cabines de arrecadação. Em relação ao custo de implantação, operação e manutenção buscou-se informações sobre os custos observados nas rodovias concessionadas na malha rodoviária brasileira, em particular, aquelas relativas ao Estado de São Paulo. Com base nessas informações, estimou-se um custo de implantação por cabine de arrecadação de R\$ 351.000,00. No que diz respeito aos custos de operação e manutenção das praças de pedágio, a análise das informações indica que estes se situam entre 3% a 6%

do custo de implantação dos equipamentos de cobrança (cabines e pistas automáticas). Adotou-se o valor médio de 5% para fins de estimativa dos custos operacionais por praça de pedágio. O valor resultante do custo diário de operação, manutenção e implantação da praça de pedágio representativa do modelo adotado é de R\$ 4.040,00, a preços de dezembro de 2007.

#### 4.2.2 Procedimentos de cálculo

Para o cálculo da iniquidade e da eficiência foram desenvolvidos os procedimentos detalhados nos itens 3.2.1 e 3.2.2.

O cálculo do fator de iniquidade foi realizado para situações contendo entre 8 a 16 praças de pedágio. Posteriormente foi calculada a eficiência para cada situação e comparados os parâmetros iniquidade e eficiência através do ganho marginal resultante da variação entre o número de praças de pedágio.

#### 4.2.3 Resultados obtidos

Os resultados obtidos para a iniquidade e eficiência para o intervalo entre 8 e 16 praças de pedágio para a BR 116 são mostrados na tabela a seguir.

**Tabela 4.2: Resultados para cálculo de Iniquidade e Eficiência – BR 116.**

<b>Nº de Praças</b>	<b>Espaçamento (km)</b>	<b>Fator I (%)</b>	<b>Eficiência (%)</b>	<b>Ganho Marginal Eqüidade/Eficiência</b>
8	102,09	4,88%	93%	0,29
9	90,75	3,47%	93%	1,70
10	81,67	2,66%	92%	0,98
11	74,25	1,91%	91%	0,91
12	68,06	1,57%	90%	0,42
13	62,82	1,73%	89%	-0,20
14	58,34	2,08%	88%	-0,42
15	54,45	2,24%	88%	-0,19
16	51,04	2,10%	87%	0,17

O Ganho Marginal de Eqüidade e Eficiência representa o ganho de eqüidade correspondente à perda de eficiência em termos marginais, com a adição de uma praça de pedágio. Como por exemplo, no caso de se passar de 8 praças de pedágio para 9, há um ganho de eqüidade de 1,41 pontos percentuais (iniquidade

passando de 4,88% para 3,47%), lembrando que redução do fator de iniquidade representa ganhos em termos de equidade, para uma correspondente manutenção da eficiência, resultando em ganho marginal de 1,70.

Com base nestes resultados e nos critérios para seleção do número de praças de pedágio apresentados no item 3.2.2 podem ser feitas as seguintes considerações:

- A eficiência de arrecadação para o intervalo entre 8 e 16 praças de pedágio mostra-se alta, superando o valor mínimo aceitável de 80%;
- No que diz respeito ao ganho marginal, verifica-se que as situações com 13, 14 e 15 praças não seriam razoáveis, uma vez que apresentam ganho marginal negativo, correspondendo a perda simultânea de equidade e eficiência.

#### **4.3 Propostas de sistema de pedagiamento para a BR 116**

A análise do número e espaçamento de praças de pedágio forneceu subsídios para a proposição de alternativas para o sistema de pedagiamento da BR 116, aliada a consideração de características específicas da rodovia.

A partir destas premissas foram estudadas configurações para a distribuição de praças de pedágio para a BR 116, adotando-se algumas distâncias entre praças consideradas razoáveis diante da extensão do trecho em estudo, com o seguinte objetivo:

- Evitar uma configuração com número de praças elevado, o que poderia acarretar em desconforto para o usuário no processo de pagamento, especialmente em viagens de longa distância, contribuindo para ampliar seu tempo de viagem;
- Buscar uma configuração onde o número de praças não seja tão pequeno a ponto de reduzir em muito a abrangência da cobrança, implicando, ao mesmo tempo, num aumento do valor da tarifa. Cabe lembrar que a tarifa é igual ao valor da tarifa básica por quilômetro multiplicada pelo trecho de cobertura da praça, considerando inclusive que as praças são equidistantes.

Para atender a esses dois pressupostos foi estabelecido como critério que o número de praças seja tal, que o espaçamento entre elas varie entre 100 km e 70 km. Uma vez estabelecidos os espaçamentos entre praças foi fixada a localização da praça inicial e, a partir dessa, feita a distribuição das demais.

A localização da praça inicial foi estabelecida de forma que a distribuição das demais praças atendesse à premissa de incluir trechos de maior abrangência (ou seja, maior VDM). Além disso, buscou-se que os respectivos segmentos de cobertura correspondessem a trechos significativos em relação às principais localidades (acesso às cidades, entroncamentos com outras rodovias, etc) partindo sempre do trecho inicial entre a divisa dos estados da Bahia e Minas Gerais e o entroncamento com a BR 367.

A partir daí foram analisadas 5 hipóteses, de 8 a 12 praças distribuídas ao longo da rodovia e, portanto, com espaçamento médio entre 102 km a 68 km, respectivamente.

As diferentes hipóteses consideradas são mostradas nas tabelas a seguir. Para cada hipótese foram calculados os respectivos momentos de transporte em veículos/dia x km.

**Tabela 4.3: Hipótese 1 - 8 praças de pedágio.**

<b>Nº de Praças</b>	<b>Espaçamento</b>	<b>Local Primeira Praça</b>
8	102 km	km 95

<b>Praça</b>	<b>Km da Rodovia</b>	<b>Local</b>	<b>VDM</b>	<b>Momento de Transporte</b>
	0,0	<b>Divisa BA/MG</b>		
<b>1</b>	<b>95,0</b>		<b>3.752</b>	382.704
	117,0	BR367	3.752	
<b>2</b>	<b>197,0</b>		<b>3.903</b>	398.106
	273,6	<b>Teófilo Otoni</b>	3.903	
<b>3</b>	<b>299,0</b>		<b>6.622</b>	675.444
	337,0	MG311	6.622	
	400,1	BR259	5.819	
<b>4</b>	<b>401,0</b>		<b>12.642</b>	1.289.484
	422,1	<b>Governador Valadares</b>	12.642	
<b>5</b>	<b>503,0</b>		<b>8.615</b>	878.730
	525,9	<b>BR 474 Caratinga</b>	8.615	
<b>6</b>	<b>605,0</b>		<b>5.272</b>	537.744
	607,1	BR262	5.272	
	650,5	<b>BR 482 Fervedouro</b>	4.831	
	702,2	<b>Muriae</b>	4.697	
<b>7</b>	<b>707,0</b>		<b>6.068</b>	618.936
	773,0	<b>Leopoldina</b>	6.068	
<b>8</b>	<b>809,0</b>		<b>4.338</b>	442.476
	816,7	<b>Divisa MG/RJ</b>	4.338	
<b>Total</b>				<b>5.223.624</b>

**Tabela 4.4: Hipótese 2 - 9 praças de pedágio.**

<b>Nº de Praças</b>	<b>Espaçamento</b>	<b>Local Primeira Praça</b>
9	90 km	km 50

<b>Praça</b>	<b>Km da Rodovia</b>	<b>Local</b>	<b>VDM</b>	<b>Momento de Transporte</b>
	0,0	<b>Divisa BA/MG</b>		
<b>1</b>	<b>50,0</b>		<b>3.752</b>	337.680
	117,0	BR367	3.752	
<b>2</b>	<b>140,0</b>		<b>3.903</b>	351.270
<b>3</b>	<b>230,0</b>		<b>3.903</b>	351.270
	273,6	<b>Teófilo Otoni</b>	3.903	
<b>4</b>	<b>320,0</b>		<b>6.622</b>	595.980
	337,0	MG311	6.622	
	400,1	BR259	5.819	
<b>5</b>	<b>410,0</b>		<b>12.642</b>	1.137.780
	422,1	<b>Governador Valadares</b>	12.642	
<b>6</b>	<b>500,0</b>		<b>8.615</b>	775.350
	525,9	<b>BR 474 Caratinga</b>	8.615	
<b>7</b>	<b>590,0</b>		<b>5.272</b>	474.480
	607,1	BR262	5.272	
	650,5	<b>BR 482 Fervedouro</b>	4.831	
<b>8</b>	<b>680,0</b>		<b>4.697</b>	422.730
	702,2	<b>Muriaé</b>	4.697	
<b>9</b>	<b>770,0</b>		<b>6.068</b>	546.120
	773,0	<b>Leopoldina</b>	6.068	
	816,7	<b>Divisa MG/RJ</b>	4.338	
<b>Total</b>				<b>4.992.660</b>

**Tabela 4.5: Hipótese 3 - 10 praças de pedágio.**

<b>Nº de Praças</b>	<b>Espaçamento</b>	<b>Local Primeira Praça</b>
10	82 km	km 75

<b>Praça</b>	<b>Km da Rodovia</b>	<b>Local</b>	<b>VDM</b>	<b>Momento de Transporte</b>
	0,0	<b>Divisa BA/MG</b>		
<b>1</b>	<b>75,0</b>		<b>3.752</b>	307.664
	117,0	BR367	3.752	
<b>2</b>	<b>157,0</b>		<b>3.903</b>	320.046
<b>3</b>	<b>239,0</b>		<b>3.903</b>	320.046
	273,6	<b>Teófilo Otoni</b>	3.903	
<b>4</b>	<b>321,0</b>		<b>6.622</b>	543.004
	337,0	MG311	6.622	
	400,1	BR259	5.819	
<b>5</b>	<b>403,0</b>		<b>12.642</b>	1.036.644
	422,1	<b>Governador Valadares</b>	12.642	
<b>6</b>	<b>485,0</b>		<b>8.615</b>	706.430
	525,9	<b>BR 474 Caratinga</b>	8.615	
<b>7</b>	<b>567,0</b>		<b>5.272</b>	432.304
	607,1	BR262	5.272	
<b>8</b>	<b>649,0</b>		<b>4.831</b>	396.142
	650,5	<b>BR 482 Fervedouro</b>	4.831	
	702,2	<b>Muriaé</b>	4.697	
<b>9</b>	<b>731,0</b>		<b>6.068</b>	497.576
	773,0	<b>Leopoldina</b>	6.068	
<b>10</b>	<b>813,0</b>		<b>4.338</b>	355.716
	816,7	<b>Divisa MG/RJ</b>	4.338	
<b>Total</b>				<b>4.915.572</b>

Tabela 4.6: Hipótese 4 – 11 praças de pedágio.

Nº de Praças	Espaçamento	Local Primeira Praça
11	75 km	km 45

Praça	Km da Rodovia	Local	VDM	Momento de Transporte
	0,0	<b>Divisa BA/MG</b>		
<b>1</b>	<b>45,0</b>		<b>3.752</b>	281.400
	117,0	BR367	3.752	
<b>2</b>	<b>120,0</b>		<b>3.903</b>	292.725
<b>3</b>	<b>195,0</b>		<b>3.903</b>	292.725
	268,0	<b>Teófilo Otoni</b>	3.903	
<b>4</b>	<b>270,0</b>		<b>6.622</b>	496.650
	337,0	MG311	6.622	
<b>5</b>	<b>345,0</b>		<b>5.819</b>	436.425
	400,1	BR259	5.819	
<b>6</b>	<b>420,0</b>		<b>12.642</b>	948.150
	422,1	<b>Govovernador Valadares</b>	12.642	
<b>7</b>	<b>495,0</b>		<b>8.615</b>	646.125
	525,9	<b>BR474 Caratinga</b>	8.615	
<b>8</b>	<b>570,0</b>		<b>5.272</b>	395.400
	607,1	BR262	5.272	
<b>9</b>	<b>645,0</b>		<b>4.831</b>	362.325
	650,5	<b>BR482 Fervedouro</b>	4.831	
	702,2	<b>Muriaé</b>	4.697	
<b>10</b>	<b>720,0</b>		<b>6.068</b>	455.100
	773,0	<b>Leopoldina</b>	6.068	
<b>11</b>	<b>795,0</b>		<b>4.338</b>	325.350
	816,7	<b>Divisa MG/RJ</b>	4.338	
<b>Total</b>				<b>4.932.375</b>

**Tabela 4.7: Hipótese 5 – 12 praças de pedágio.**

<b>Nº de Praças</b>	<b>Espaçamento</b>	<b>Local Primeira Praça</b>
12	68 km	km 67

<b>Praça</b>	<b>Km da Rodovia</b>	<b>Local</b>	<b>VDM</b>	<b>Momento de Transporte</b>
	0,0	<b>Divisa BA/MG</b>		
<b>1</b>	<b>67,0</b>		<b>3.752</b>	255.136
	117,0	BR367	3.752	
<b>2</b>	<b>135,0</b>		<b>3.903</b>	265.404
<b>3</b>	<b>203,0</b>		<b>3.903</b>	265.404
	268,0	<b>Teófilo Otoni</b>	3.903	
<b>4</b>	<b>271,0</b>		<b>6.622</b>	450.296
	337,0	MG311	6.622	
<b>5</b>	<b>339,0</b>		<b>5.819</b>	395.692
	400,1	BR259	5.819	
<b>6</b>	<b>407,0</b>		<b>12.642</b>	859.656
	422,1	<b>Governador Valadares</b>	12.642	
<b>7</b>	<b>475,0</b>		<b>8.615</b>	585.820
	525,9	<b>BR474 Caratinga</b>	8.615	
<b>8</b>	<b>543,0</b>		<b>5.272</b>	358.496
	607,1	BR262	5.272	
<b>9</b>	<b>611,0</b>		<b>4.831</b>	328.508
	650,5	<b>BR482 Fervedouro</b>	4.831	
<b>10</b>	<b>679,0</b>		<b>4.697</b>	319.396
	702,2	<b>Muriaé</b>	4.697	
<b>11</b>	<b>747,0</b>		<b>6.068</b>	412.624
	773,0	<b>Leopoldina</b>	6.068	
<b>12</b>	<b>815,0</b>		<b>4.338</b>	294.984
	816,7	<b>Divisa MG/RJ</b>	4.338	
<b>Total</b>				<b>4.791.416</b>

#### **4.4 Análise das hipóteses para sistema de pedagiamento e alternativas de configuração para a BR 116**

Para se ter um parâmetro do desempenho de cada uma das diversas configurações de praças resultantes foram calculados os respectivos momentos de transporte e obtidos os valores de eficiência a partir do mesmo, tendo como base a expectativa de arrecadação diária das praças de pedágio e os custos diários de manutenção e operação das mesmas, para a totalidade do trecho (conforme número total de praças).

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 4.8 a seguir onde é apresentado o quadro comparativo entre as hipóteses de quantidade de praças de pedágio estudadas.

**Tabela 4.8: Quadro comparativo das alternativas para pedagiamento da BR 116.**

Hipo.	Nº de Praças	Espaçam. (km)	Praça Inicial (km)	Momento de Transp.	Ranking Momento Transporte	Eficiência Total
1	8	102	95	5.223.624	1	84,53%
2	9	90	50	4.992.660	2	81,79%
3	10	82	75	4.915.572	4	79,45%
4	11	75	45	4.932.375	3	77,48%
5	12	68	67	4.791.416	5	74,70%

Sobre os resultados obtidos cabem as seguintes observações:

Entre todas, a hipótese 1, com 8 praças de pedágio, espaçamento de 102 km e a primeira praça de pedágio na altura do km 95, antes do entroncamento com a BR 367 é a que apresenta o maior momento de transporte (5.223.624 veículos/dia x km) e, portanto, apresenta a maior receita potencial.

Segundo a análise da equidade/inequidade e eficiência a hipótese 1, com 8 praças de pedágio, apresenta ainda Fator de Inequidade igual a 4,88%, eficiência de 93% (a maior entre todas as alternativas avaliadas) e Ganho Marginal de Equidade e Eficiência positivo, correspondente a 0,29. Estes fatores confirmam o bom desempenho da hipótese.

As hipóteses seguintes, com 9, 10 e 11 praças, apresentaram desempenho muito semelhante, com momento de transporte correspondente a 95% do obtido para a hipótese 1. Isso mostra que o aumento do número de praças reduz ligeiramente, e na mesma proporção, a expectativa de receita.

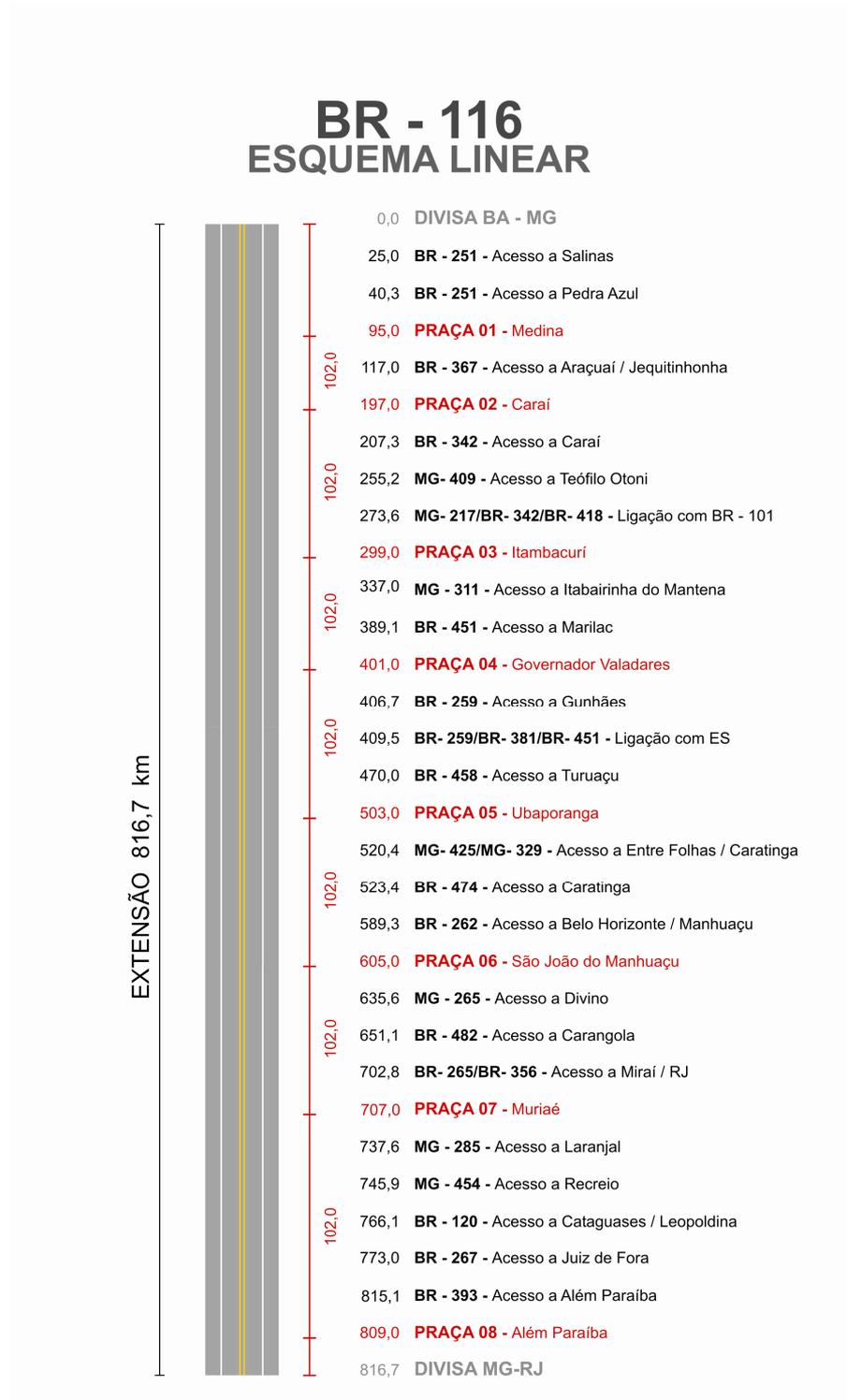
Essa possibilidade de se operar com número maior de praças, como já observado anteriormente, tem como vantagem a fixação de uma tarifa menor por praça, sobrecarregando menos os usuários locais. Porém, traz um aumento do custo operacional além, é claro, de implicar em maiores investimentos para sua implantação.

Por outro lado, fica praticamente descartada a hipótese 5, com 12 praças, cujo momento de transporte é quase 10% inferior ao da hipótese 1.

Em relação à configuração da hipótese 1, conforme se pode observar no Esquema Linear da BR 116 seguinte, de um modo geral, as praças de pedágio estão bem localizadas em relação aos principais trechos da rodovia.

No trecho da divisa entre o Estado da Bahia e o Estado de Minas Gerais até a cidade de Governador Valadares estão previstas 4 praças, sendo 2 entre a divisa e a cidade de Teófilo Otoni, e outras 2 entre Teófilo Otoni e Governador Valadares. No trecho entre Governador Valadares e a divisa entre os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, situam-se as outras 4 praças, entre Governador Valadares, Caratinga, Muriaé, Leopoldina e a Divisa MG/RJ respectivamente.

Figura 4.1: Unifilar esquemático – Hipótese 1 para a BR 116.



## 5 SELEÇÃO DA ALTERNATIVA DE PEDAGIAMENTO E ESPAÇAMENTO ENTRE PRAÇAS DE PEDÁGIO

Neste documento foram discutidos aspectos referentes ao sistema de pedagiamento para a BR 116. Inicialmente foram feitas algumas considerações sobre as características dos sistemas de pedagiamento e apresentada uma abordagem geral e simplificada para análise de suas características, aplicável a qualquer rodovia. Posteriormente foram discutidos aspectos específicos para o sistema de pedagiamento da BR 116.

Para o desenvolvimento das análises associadas ao número e distribuição de praças de pedágio, foi feito um estudo preliminar para a estrutura e nível tarifário a ser adotado para cada rodovia. Este estudo forneceu estimativas da tarifa de pedágio por quilômetro para BR 116, utilizada como parâmetro para análise do espaçamento entre praças de pedágio.

A partir da abordagem simplificada e dos resultados obtidos para o número e espaçamento de praças de pedágio, foram estudadas configurações específicas para o sistema de pedagiamento da BR 116, considerando suas características físicas e volumes de tráfego. Para as alternativas foram calculados o fator de Iniquidade, Eficiência, Ganho Marginal de Equidade, Momentos de Transporte e Eficiência com base no Momento de Transporte Total.

A hipótese que se apresentou os melhores resultados no conjunto dos aspectos avaliados sobre equidade, eficiência e momento de transporte, é aquela composta por 8 praças de pedágio, com espaçamento de 102 km e a primeira praça localizada nas proximidades do km 95/MG da rodovia BR 116, em função dos seguintes aspectos:

- Apresenta valores de Eficiência igual 93% (o maior de todas as alternativas avaliadas) e Ganho Marginal (positivo) igual a 0,29, o que indica ganho tanto de equidade como de eficiência.

- Apresenta maior momento de transporte (igual a 5.223.624 veículos/dia x km) se comparada às demais alternativas e, portanto, maior receita em potencial;
- Apresenta maior eficiência obtida com base no momento de transporte total, igual a 84,53%;
- A localização das praças de pedágio se mostra compatível com as principais características dos trechos que compõem a rodovia, conforme mostrado no unifilar esquemático da BR 116.

No que diz respeito ao nível tarifário, a partir dos resultados da pesquisa de opinião (disposição a pagar) e tendo como balizadores os valores de tarifas aplicados nas rodovias concessionadas do país, é proposto o nível tarifário a ser adotado na BR 116.

O nível tarifário único proposto deve se desenvolver sobre a estrutura tarifária apresentada no item 2.1. O nível tarifário único é o modelo usualmente adotado nas concessões das rodovias federais, apresentando as vantagens de simplicidade e menor problema de rejeição para os aumentos de tarifa provocados pela duplicação de rodovias.

Os estudos iniciais indicam a adoção de uma tarifa igual a R\$ 0,040/km, correspondente a tarifa média ponderada por quilômetro para automóveis, excluídos os usuários não dispostos a pagar tarifa de pedágio. Este valor atende praticamente 65% dos usuários, os quais se mostraram dispostos a pagar valores de tarifa maiores ou iguais a R\$ 0,040/km.

Cabe destacar, no entanto, que o nível tarifário proposto consiste em uma estimativa para os estudos de concessão para o trecho da Rodovia BR 116 contido no Estado de Minas Gerais, o qual foi utilizado como valor de referência para as simulações e para as análises relativas ao número e espaçamento entre praças de pedágio. Desta forma, os valores de tarifa finais para a BR 116 só serão obtidos, validados e consolidados após a conclusão das análises

econômica e financeira, a serem desenvolvidas em uma etapa posterior dos estudos.

A tabela a seguir mostra os resultados preliminares para a o sistema de tarifação da BR 116, servindo apenas para visualização inicial da estrutura que deverá ser validade e consolidada para a rodovia, através de estudos mais detalhados. Os valores encontram-se arredondados para baixo, para múltiplos de R\$ 0,10. Para estimativas dos valores de tarifa foi considerada a distância entre praças de pedágio de 102 km.

**Tabela 5.1: Proposta inicial para os valores de tarifa para a BR 116 – Espaçamento entre praças igual a 102 km.**

<b>Cat.</b>	<b>Descrição dos veículos</b>	<b>Nº de eixos</b>	<b>Multiplicador</b>	<b>Tarifa (R\$)</b>
1	Automóvel, caminhonete e furgão	2	1	4,00
2	Caminhão leve, ônibus, caminhão-trator e furgão	2	2	8,10
3	Automóvel e caminhonete com semi-reboque	3	1,5	6,10
4	Caminhão, caminhão-trator, caminhão-trator com semi-reboque e ônibus	3	3	12,20
5	Automóvel e caminhonete com reboque	4	2	8,10
6	Caminhão com reboque e caminhão-trator com semi-reboque	4	4	16,30
7	Caminhão com reboque e caminhão-trator com semi-reboque	5	5	20,40
8	Caminhão com reboque e caminhão-trator com semi-reboque	6	6	24,40
9	Motocicletas, motonetas e bicicletas moto	2	0,5	2,00
10	Veículos oficiais e do Corpo Diplomático	-	Isentos	-
-	Veículos Especiais	7	-	28,40
-	Veículos Especiais	8	-	32,40
-	Veículos Especiais	9	-	36,40

A Figura 5.1 a seguir mostra a localização das praças de pedágio ao longo da rodovia BR 116.

**Figura 5.1: Localização das Praças de Pedágio ao longo da Rodovia BR 116.**



## **6 DIMENSIONAMENTO DE PRAÇAS DE PEDÁGIO**

A partir da configuração indicada com 8 praças de pedágio, e com base nos volumes de tráfego obtidos através dos estudos de projeção foi feito o dimensionamento das praças de pedágio a serem implantadas ao longo da rodovia BR 116.

Os principais parâmetros definidos para dimensionamento das praças de pedágio são apresentados a seguir:

- A operação das praças de pedágio deverá ser feita por meio de pistas manuais e automáticas (sistema AVI), conforme definidas no item 3;
- Foi considerado um aumento da participação das pistas AVI ao longo do período de operação das praças de pedágio, considerando uma participação inicial de 10% do volume de veículos pedagiados, chegando a valores próximos a 50% após o 5º ano de operação;
- Para as pistas manuais foi adotada a capacidade de 200 veículos/hora. Já para as pistas AVI foi considerada a capacidade de 1000 veículos/hora.

O dimensionamento foi feito com base no volume no horário de pico, estimado como o volume correspondente a 10% do VDM projetado para cada praça de pedágio, por ano, ao longo do período de concessão, considerando motos, automóveis, ônibus e caminhões. Para cálculo dos volumes em horário de pico foram descontadas as parcelas associadas a eventuais fugas que poderão ocorrer em função do início da cobrança de pedágio na rodovia, obtendo desta forma o volume de veículos pedagiados. Os dados referentes aos volumes de tráfego são apresentados no documento Produto 4 A – Estudos de Projeções de Tráfego. Na tabela a seguir são apresentados os volumes no horário de pico estimados ao longo do período de concessão (25 anos), utilizados para fins de dimensionamento das praças de pedágio.

**Tabela 6.1: Estimativa dos volumes em horário de pico ao longo do período de concessão.**

Praça	PISTA	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	SIMPLES/DUPLA <sup>1</sup>	355	369	382	396	411	425	441	456	473	490	507	525	544
2	SIMPLES/DUPLA <sup>2</sup>	364	377	391	405	420	435	451	466	484	500	518	536	555
3	SIMPLES/DUPLA <sup>3</sup>	622	640	658	677	697	716	736	757	777	799	820	843	865
4	DUPLA <sup>4</sup>	1.008	1.034	1.061	1.088	1.116	1.143	1.173	1.201	1.231	1.261	1.291	1.322	1.354
5	SIMPLES/DUPLA <sup>5</sup>	773	802	833	863	894	926	958	992	1.025	1.059	1.094	1.130	1.166
6	SIMPLES/DUPLA <sup>6</sup>	502	522	543	565	587	610	633	657	681	707	733	759	787
7	SIMPLES/DUPLA <sup>7</sup>	452	470	489	510	530	552	572	598	618	644	668	693	720
8	SIMPLES/DUPLA <sup>8</sup>	397	414	431	449	466	487	503	527	544	566	588	610	632

Praça	PISTA	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
1	SIMPLES/DUPLA	563	583	603	625	647	670	694	719	745	772	800	829
2	SIMPLES/DUPLA	575	595	616	638	660	684	708	733	760	787	816	845
3	SIMPLES/DUPLA	889	913	937	963	988	1.015	1.043	1.071	1.100	1.130	1.160	1.192
4	DUPLA	1.387	1.420	1.454	1.489	1.525	1.562	1.599	1.638	1.677	1.718	1.760	1.803
5	SIMPLES/DUPLA	1.203	1.241	1.280	1.320	1.360	1.401	1.444	1.487	1.531	1.577	1.623	1.671
6	SIMPLES/DUPLA	815	844	874	904	936	969	1.002	1.037	1.073	1.110	1.148	1.187
7	SIMPLES/DUPLA	747	774	802	831	861	891	922	954	986	1.019	1.052	1.086
8	SIMPLES/DUPLA	656	680	704	729	755	781	807	834	862	890	919	948

<sup>1</sup> Duplicação prevista para o ano de 2033.

<sup>2</sup> Duplicação prevista para o ano de 2032.

<sup>3</sup> Duplicação prevista para o ano de 2016.

<sup>4</sup> Previsão de duplicação do trecho no primeiro ano do prazo de concessão.

<sup>5</sup> Duplicação prevista para o ano de 2014.

<sup>6</sup> Duplicação prevista para o ano de 2020.

<sup>7</sup> Duplicação prevista para o ano de 2017.

<sup>8</sup> Duplicação prevista para o ano de 2027.

Com base nas premissas adotadas e observando as características físicas e operacionais da via foi definido um conjunto de tipologias que representam combinações de pistas manuais e automáticas, dimensionadas para situações de pista simples e dupla. As tipologias foram definidas de forma a minimizar o número de combinações possíveis, padronizar as configurações adotadas para as praças de pedágio da BR 116 e racionalizar as ampliações das praças de pedágio ao longo do período de concessão, as quais deverão ocorrer em função do aumento dos volumes de tráfego e duplicações de trechos da rodovia.

Todos os equipamentos e serviços de vinculados as praças e ao sistema de arrecadação foram dimensionados considerando as variações para os trechos de pista simples e dupla, quando aplicáveis. Já no período inicial da concessão o trecho compreendido entre a BR 259 e o acesso principal ao município de Governador Valadares deverá ser duplicado, (que contém a Praça 4 conforme pode ser visualizado na Figura 5.1) que é considerada como obra de duplicação de caráter obrigatório, que deverá estar concluída até o final do segundo ano do prazo de concessão.

Em relação aos demais trechos em estudo da Rodovia BR 116, conforme constante nos Estudos de Ampliação de Capacidade e Melhorias, Relatório 5.A Parte 5 – Revisão 1, para efeito de análise do desempenho da rodovia em seus vários trechos, adotou-se a metodologia preconizada no Highway Capacity Manual – HCM versão 2000, publicada pelo TRB – Transportation Research Board, que vem sendo adotado como referência de análise de desempenho nas principais concessões de rodovias brasileiras.

Este método classifica o desempenho da rodovia em diferentes “Níveis de Serviço”, variando de “A” até “F”, no qual A seria o estado em que a rodovia apresenta baixos volumes em relação a sua capacidade, e F seria o momento em que a via estaria completamente saturada.

Foi adotado como padrão mínimo de desempenho admitido para as rodovias analisadas, o **Nível de Serviço “C”**, propondo-se assim, o aumento da capacidade no momento da mudança do nível “C” para o nível “D”.

Dessa forma a necessidade de duplicação deverá ocorrer no momento que ocorrer esta mudança. No entanto para efeito de dimensionamento dos equipamentos de operação, da capacidade de atendimento das praças de pedágios, dos serviços a serem ofertados para os usuários relativos ao SAU, foi necessário estimar com base nos volumes de tráfego projetados, quando que a mesma ocorreria. Esta análise indicou necessidade de ocorrência de duplicação da rodovia nos subtrechos mostrados na tabela a seguir, juntamente com a praça de pedágio que inclui e o respectivo ano de duplicação.

**Tabela 6.2: Previsão de duplicação dos subtrechos da Rodovia BR 116 e respectivas praças de pedágio.**

Subtrecho	km início	km fim	De	Para	Praça	Localização	Ano Duplicação
1	0,0	117,0	Divisa BA/MG	BR367	1	95,0MG	2032
2	117,0	273,6	BR367	Teófilo Otoni	2	197,0MG	2031
3	273,6	337,0	Teófilo Otoni	MG311	3	299,0MG	2015
4	337,0	400,1	MG311	BR259			
5	400,1	422,1	BR259	Gov. Valadares	4	401,0MG	2009
6	422,1	525,9	Gov. Valadares	BR474 Caratinga	5	503,0MG	2013
7	525,9	607,1	BR474 Caratinga	BR262	6	605,0MG	2019
8	607,1	650,5	BR262	BR482 Fervedouro	7	707,0MG*	2018
9	650,5	702,2	BR482 Fervedouro	Muriae			
10	702,2	773,0	Muriae	Leopoldina	8	809,0MG	2026
11	773,0	816,7	Leopoldina	Divisa MG/RJ			

Deve-se destacar que esses períodos de duplicação são meramente indicativos e utilizados para estimativa de equipamentos e serviços de operação, e por consequência quadro de pessoal em atividades operacionais requeridas. Para a estimativa da aquisição dos equipamentos, o funcionamento operacional pleno das novas instalações e serviços, admitiu-se uma situação média de um ano após o início das obras.

A tabela 6.3 mostra as configurações definidas para o sistema de pedagiamento da rodovia, bem como sua respectiva capacidade em veículos/hora, considerando

ainda a participação diferenciada das pistas AVI ao longo do tempo. As configurações representadas por números representam variações em termos do número de pistas manuais adotadas. As configurações representadas por números e letras (Tipo “A”) representam variações em termos do número de pistas AVI.

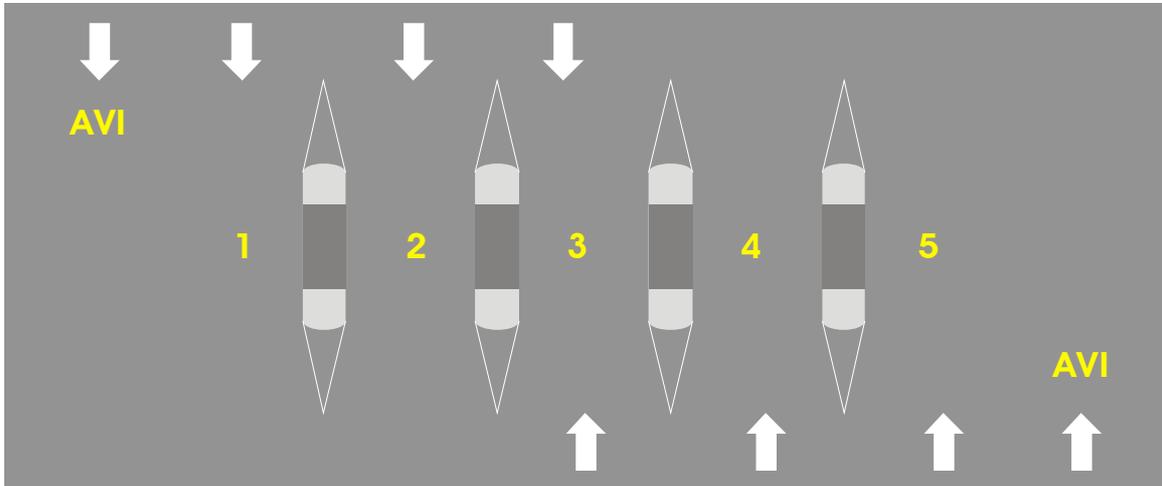
As figuras 6.1 e 6.2 ilustram as configurações Tipo 1 e Tipo 2, definidas como configurações básicas para as situações de pista simples e pista dupla, respectivamente. A configuração do Tipo 1 contempla 5 pistas manuais e duas pistas laterais AVI, pressupondo o funcionamento de 4 cabines de arrecadação. A configuração do Tipo 2 contempla 11 pistas manuais e 2 pistas laterais AVI, pressupondo o funcionamento de 8 cabines de arrecadação.

**Tabela 6.3: Configurações propostas para o sistema de pedagiamento da Rodovia BR 116.**

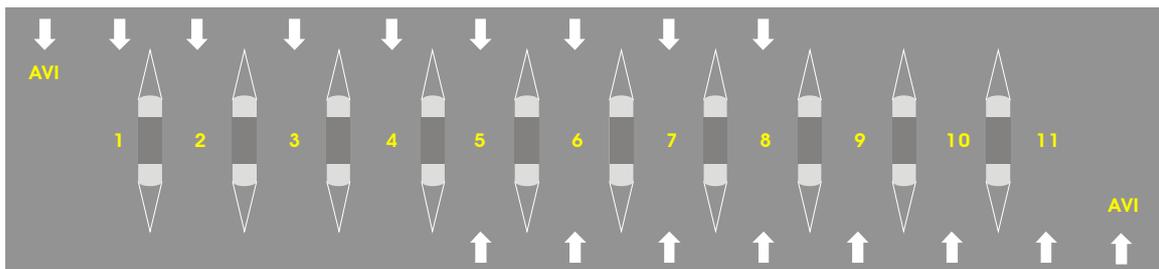
Tipo	Configuração		Participação (%)		Capacidade (veic/h)		
	Pistas Manuais	Pistas AVI	Pistas Manuais	Pistas AVI	Pistas Manuais	Pistas AVI	Total
1	5	2	90%	10%	1.000	111	1.111
			75%	25%	1.000	333	1.333
			50%	50%	1.000	1.000	2.000
1A	3	4	90%	10%	600	67	667
			75%	25%	600	200	800
			50%	50%	600	600	1.200
2	11	2	90%	10%	2.200	244	2.444
			75%	25%	2.200	733	2.933
			50%	50%	2.200	2.200	4.400
2A	9	4	90%	10%	1.800	200	2.000
			75%	25%	1.800	600	2.400
			50%	50%	1.800	1.800	3.600
			40%	60%	1.800	2.700	4.500
3	16	2	90%	10%	3.200	356	3.556
			75%	25%	3.200	1.067	4.267
			50%	50%	3.200	3.200	6.400
3A	14	4	90%	10%	2.800	311	3.111
			75%	25%	2.800	933	3.733
			50%	50%	2.800	2.800	5.600
4	20	2	90%	10%	4.000	444	4.444
			75%	25%	4.000	1.333	5.333
			50%	50%	4.000	4.000	8.000
4A	18	4	90%	10%	3.600	400	4.000
			75%	25%	3.600	1.200	4.800
			50%	50%	3.600	3.600	7.200
5	22	6	90%	10%	4.400	489	4.889
			75%	25%	4.400	1.467	5.867
			50%	50%	4.400	4.400	8.800
			40%	60%	4.400	6.600	11.000
6*	9	2	90%	10%	1.800	200	2.000
			75%	25%	1.800	600	2.400
			50%	50%	1.800	1.800	3.600
			40%	60%	1.800	2.700	4.500

\* Variação da configuração Tipo 2, adequada para situações de volumes de tráfego mais baixos, em trechos de pista dupla.

**Figura 6.1. Sistema de Pedagiamento - Configuração Tipo 1.**



**Figura 6.2. Sistema de Pedagiamento - Configuração Tipo 2.**



Definidas as configurações e com base nos volumes nos horário de pico foi feita a associação das diferentes tipologias para cada praça de pedágio, observando as características da via (pista simples ou dupla) ao longo do período de concessão, e a capacidade de cada configuração. Os resultados, para todas as praças de pedágio são mostrados na tabela a seguir.



Tabela 6.6: Dimensionamento do número de pistas manuais automáticas e cabines de arrecadação por praça de pedágio.

Ano	2009			2010			2011			2012			2013			2014			2015			2016			2017			2018			2019			2020			2021			2022														
Praças	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C									
1	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4						
2	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4			
3	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8			
4	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8			
5	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8			
6	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8			
7	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8			
8	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>16</b>	<b>36</b>	<b>48</b>	<b>16</b>	<b>40</b>	<b>48</b>	<b>16</b>	<b>40</b>	<b>52</b>	<b>16</b>	<b>44</b>	<b>56</b>	<b>16</b>	<b>48</b>	<b>56</b>	<b>16</b>	<b>48</b>	<b>56</b>	<b>16</b>	<b>48</b>	<b>60</b>	<b>16</b>	<b>52</b>																														

Ano	2023			2024			2025			2026			2027			2028			2029			2030			2031			2032			2033								
Praças	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C			
1	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	9	2	8	9	2	8			
2	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	9	2	8	9	2	8	9	2	8			
3	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8
4	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8
5	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8
6	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8
7	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8
8	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8	9	2	8
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>16</b>	<b>52</b>	<b>64</b>	<b>16</b>	<b>56</b>	<b>68</b>	<b>16</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>16</b>	<b>52</b>	<b>72</b>	<b>16</b>	<b>64</b>																								

Valores Médios: Pistas manuais – 57 Pistas AVI – 16 Cabines - 49