

CONCESSÃO DE SERVIÇOS



## Estudo do nível de serviço da concessão sob parceria público-privada da rodovia MG-050 / BR-265 / BR-491

### Túlio Silveira Santos

Engenheiro civil pela Escola de Engenharia da UFMG, especialista em serviços de monitoramento permanente da aferição do desempenho da concessionária da parceria público-privada na PricewaterhouseCoopers – PwC.  
E-mail: [tulio.santos@br.pwc.com](mailto:tulio.santos@br.pwc.com)

### Raquel Nogueira Mourão

Engenheira civil pela Escola de Engenharia da UFMG, especialista em planejamento estratégico de logística de transportes na Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas – Setop/MG.  
E-mail: [raquel.mourao@transportes.mg.gov.br](mailto:raquel.mourao@transportes.mg.gov.br)

O presente artigo trata da utilização do manual de capacidade rodoviária de modo a oferecer um referencial sobre o nível de serviço dos trechos sob concessão patrocinada da rodovia MG-050, BR-265 e BR-491. Esta concessão é uma parceria público-privada (PPP) licitada pelo governo de Minas, que teve início de operação em junho de 2007 e tem por objeto a exploração das rodovias em um período de 25 anos.

A presente concessão pressupõe a prestação de serviço adequado na rodovia e a qualidade é aferida pelo atendimento, ou não, da concessionária, das condições operacionais mínimas da rodovia, das intervenções obrigatórias e dos indicadores de desempenho pré-estabelecidos pelo licitante. Cabe ainda uma terceira entidade, intuída como verificador independente, que é responsável pela aferição do desempenho da concessionária.

No conceito de nível de serviço, procura-se avaliar o serviço que a estrada proporciona aos seus utilizadores. Ao número máximo de veículos que, por unidade de tempo, podem passar numa seção da estrada de forma a garantir-se uma gama de condições de circulação dá-se o nome de débito (ou volume) de serviço (Costa & Macedo, 2008).

O HCM (Highway Capacity Manual) define, qualquer que seja o tipo de infraestrutura, seis níveis de serviço designados pelas letras de A a F. O nível de serviço A corresponde ao regime de escoamento livre com condições de circulação muito boas. À medida que as condições de circulação se degradam, faz-se corresponder aos níveis B e C, ainda, um escoamento estável, sendo o nível D atribuído quando o



escoamento se aproxima da instabilidade. O nível de serviço E representa condições de escoamento já muito próximas do regime instável, resultantes dos débitos de tráfego serem elevados com valores perto da capacidade, representada pelo débito de serviço do nível E. Ao escoamento em regime de sobressaturação, correspondente a situações de congestionamento, é reservado o nível de serviço F.

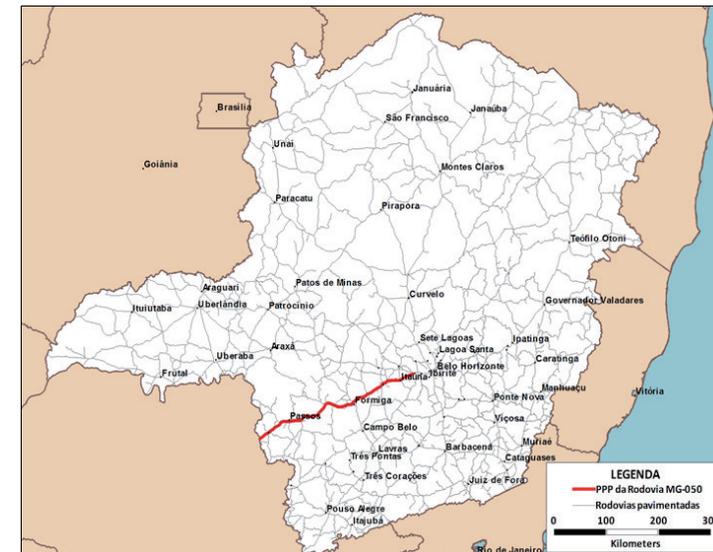
Desse modo, o dimensionamento da infraestrutura é feito não por critérios de aptidão para satisfazer unicamente a procura, mas, sim, levando em conta o desempenho que se prevê que essa infraestrutura possa ter. Isto é, pretende-se garantir certas condições de escoamento que terão exigências diferentes conforme a importância que se pretenda atribuir à rodovia em estudo.

### PERFIL DO TRECHO

A concessão patrocinada tem por objeto a exploração da rodovia, assim considerada de forma contínua, da rodovia MG-050, trecho Entroncamento BR-262 (Juatuba) - Itáuna - Divinópolis - Formiga - Piumhi - Passos - São Sebastião do Paraíso, trecho Entrocamento MG-050/Entrocamento BR-265, da BR-491 do km 0,0 ao km 4,65 e o trecho São Sebastião do Paraíso – Divisa MG/SP da rodovia BR-265.

A localização dos trechos em análise para o estudo da capacidade rodoviária é dada conforme ilustra a figura 1.

Figura 1  
PPP da rodovia MG-050



Conforme o Anexo V – Quadro de indicadores de desempenho do contrato 007/2007 da parceria público-privada (PPP) da MG-050, a nota do indicador operacional nível de serviço é calculada para cada um dos 20 segmentos homogêneos em que a rodovia foi dividida, em termos de perfil, planta e tráfego, conforme mostra a tabela 1.

**Tabela 1**  
**Segmentos homogêneos da rodovia**

Segmento homogêneo	Rodovia	Localização		Extensão (km)
		km inicial	km final	
1	MG-050	57,6	69,4	11,8
2	MG-050	69,4	80,0	10,6
3	MG-050	80,0	86,5	6,5
4	MG-050	86,5	92,2	5,7
5	MG-050	92,2	126,0	33,8
6	MG-050	126,0	132,0	6,0
7	MG-050	132,0	143,7	11,7
8	MG-050	143,7	164,8	21,1
9	MG-050	164,8	212,8	48,0
10	MG-050	212,8	261,6	48,8
11	MG-050	261,6	284,7	23,1
12	MG-050	284,7	331,0	46,3
13	MG-050	331,0	354,6	23,6
14	MG-050	354,6	359,3	4,7
15	MG-050	359,3	369,1	9,8
16	MG-050	369,1	372,1	3,0
17	MG-050	372,1	387,7	15,6
18	MG-050	387,7	402,0	14,3
19	BR-491	0,0	4,7	4,7
20	BR-265	637,2	659,5	22,3

### **NORMATIZAÇÃO VIGENTE E USO DO HCM NA CONCESSÃO DA MG-050 / BR-265 / BR-491**

A padronização e a facilidade de compreensão do conceito de nível de serviço estabeleceu o HCM como norma técnica, definindo a obrigatoriedade do atendimento a padrões de qualidade conforme definidos pelo manual.

O Dnit, ao estabelecer diretrizes básicas para a elaboração de projetos e estudos rodoviários, recomenda a utilização do HCM na realização de

diagnósticos da condição operacional de uma rodovia e na determinação da época de realização de obras de melhoramento.

Na licitação da parceria público-privada da rodovia MG 050 / BR-265 / BR-491, definiu-se que o HCM 1994 deveria ser adotado como padrão a ser utilizado nos estudos com a ressalva de que deveria considerar a tabela de equivalentes de caminhões em automóveis no estudo de rampas específicas, constante do HCM de 1985 para veículos com a relação peso/potência de 300 lb./hp.

Salienta-se que o órgão Dnit destaca que a versão do HCM a se adotar deve ser a mais recente. Portanto, na aferição do nível de serviço para os trechos em análise deste relatório, definiu-se que o HCM 2010 deveria ser adotado como padrão a ser utilizado nos estudos.

### **MONTAGEM DO BANCO DE DADOS**

Para a composição do banco de dados usado neste estudo, foram agregadas informações de diversas fontes de dados. A lista a seguir contém as principais informações utilizadas e suas respectivas fontes:

1. Cadastro auxiliado por GPS, produzido a partir de visita em campo aos trechos em estudo.
2. Banco de dados fotográfico disponibilizado pela Google.
3. Informações fornecidas pela Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas de Minas Gerais – Setop/MG incluindo: (1) limites dos trechos homogêneos em estudo; (2) marco quilométrico dos analisadores de tráfego; (3) localização das praças de pedágio; (4) levantamento visual contínuo da rodovia.
4. Informações fornecidas pela concessionária Nascentes das Gerais incluindo: (1) contagens volumétricas horárias contínuas dos analisadores de tráfego; (2) contagens volumétricas diárias da rodovia MG-050 das praças de pedágio operacionalizadas pela concessionária; (3) localização dos acessos à rodovia; das bases de Polícia Militar Rodoviária e Corpo de Bombeiros; das unidades da concessionária (posto de atendimento ao usuário; posto geral de fiscalização; praças de pedágio e centro de controle operacional); e de pontos de referência (trevos; postos de combustível; restaurantes; pontes e viadutos; indústrias; dentre outros).

### **Visita a campo**

Segundo Hannon e Sulbaran (2008), o uso do GPS como um recurso de coleta de dados para estudos de planejamento de transportes vem se tornando gradualmente mais comum no mundo todo, sendo reco-



www.antp.org.br

mendado para um grande número de situações. Assim, o mesmo equipamento de GPS foi também empregado em fevereiro de 2013 para gravar o percurso realizado na forma de trilhas, com registros da posição geográfica a intervalos de um em um segundo.

### Tratamento dos dados

Após a visita, as trilhas registradas pelo navegador GPS foram importadas e tratadas com o auxílio do software GTM Trackmaker Pro, empregado para converter esses arquivos, na forma de base de dados geográfica e planilhas eletrônicas.

De posse das trilhas e pontos cadastrados em planilha eletrônica, foram importados os dados em ambiente Excel, com o objetivo de concatenar as informações coletadas, produzir dados adicionais e, por fim, georreferenciar o conjunto de dados completo, de forma a auxiliar a análise posterior dos trechos estudados.

### FATOR K E VOLUME DA HORA DE PROJETO

Projetar uma rodovia em condições ideais consiste em planejá-la com características para atender à máxima demanda horária prevista para o ano de projeto. Em tal situação, em nenhuma hora do ano ocorreria congestionamento. Em contrapartida, o empreendimento seria antieconômico, pois a rodovia ficaria superdimensionada durante as demais horas do ano (DNER, 1999).

Assim, o dimensionamento de uma rodovia deve permitir um certo número de horas congestionadas e a decisão de qual número é aceitável e fundamental para a adoção do volume horário de projeto (VHP).

Foi determinado para a PPP MG-050 o VHP de 50 horas, de modo que o número de horas que o segmento homogêneo possa atingir o nível de serviço E ou F seja inferior a este valor dada a periodicidade da aferição.

Com os dados de contagens horárias contínuas oriundos dos 20 analisadores de tráfego – AT que abrangem períodos de um ano inteiro, adotado julho de 2011 a junho de 2012, foi determinado o volume horário de projeto através do critério denominado “curva da enésima hora” para validar o VHP de 50 horas já consolidado, conforme mostra a tabela 2.

A média do fator K dos 20 analisadores de tráfego foi de 10,04% e esse foi o valor usado para determinar o volume da 50ª hora mais carregada nos dois sentidos da rodovia (São Paulo/Belo Horizonte e Belo Horizonte/São Paulo).



Tabela 2  
Fator K e volume da 50ª hora (julho/2011 a junho/2012)

AT	Volume total 50ª hora	Fator K (%)	SP-BH		BH-SP	
			VDMA	Volume 50ª hora	VDMA	Volume 50ª hora
1	1333	8,85%	7509	754	7546	758
2	844	9,44%	4449	447	4489	451
3	885	10,19%	3849	386	4839	486
4	779	9,81%	3335	335	4606	462
5	847	9,85%	5268	529	3328	334
6	926	9,60%	4437	445	5205	523
7	639	10,74%	2864	288	3087	310
8	553	10,48%	2571	258	2704	271
9	592	9,62%	3039	305	3114	313
10	303	11,28%	1346	135	1340	135
11	412	10,32%	1987	199	2007	202
12	341	11,42%	1519	153	1466	147
13	582	9,99%	2955	297	2871	288
14	615	10,20%	4206	422	1822	183
15	757	9,43%	4042	406	3983	400
16	810	9,31%	4325	434	4380	440
17	417	9,86%	2117	213	2113	212
18	459	10,14%	2293	230	2235	224
19	476	9,62%	2494	250	2457	247
20	354	10,67%	1631	164	1688	170

A esses valores dos volumes das 50ªs horas mais carregadas utilizaram-se fatores de expansão obtidos com base nas contagens diárias das sesi praças de pedágio em operação na rodovia (tabela 3) para determinar os valores dos volumes das 50ªs horas mais carregadas do último ano, compreendendo julho de 2012 a junho de 2013, conforme tabelas a seguir.

Tabela 3  
Praças de pedágio

Praça de pedágio	Cidade	Localização (km)
P1	Itaúna	81
P2	São Sebastião do Oeste	141
P3	Córrego Fundo	219
P4	Piumhi	270
P5	Passos	333
P6	Pratápolis	389

**Tabela 4**  
Fatores de expansão de tráfego

Praça de pedágio	Volume de tráfego		Fator de expansão
	julho/11 - maio/12	julho/12 - maio/13	
P1	3.530.888	3.449.993	-2,29%
P2	2.288.983	2.338.147	2,15%
P3	990.394	988.771	-0,16%
P4	1.496.410	1.519.125	1,52%
P5	2.212.085	2.266.132	2,44%
P6	1.703.668	1.713.336	0,57%
Total	12.222.428	12.275.504	0,43%

**Tabela 5**  
Analisadores de tráfego próximos às praças de pedágio

Praça de pedágio	ATs próximos
P1	1; 2; 3; 4; 5
P2	6; 7; 8
P3	9; 10
P4	11
P5	12; 13
P6	14; 15; 16; 17; 18; 19; 20

**Tabela 6**  
Expansão dos volumes de tráfego (julho/2012 a junho/2013)

AT	Fator de expansão	SP-BH	BH-SP
		Volume 50ª hora	Volume 50ª hora
1	-2,29%	737	740
2	-2,29%	437	440
3	-2,29%	378	475
4	-2,29%	327	452
5	-2,29%	517	326
6	2,15%	455	534
7	2,15%	294	317
8	2,15%	264	277
9	-0,16%	305	312
10	-0,16%	135	134
11	1,52%	203	205
12	2,44%	156	151
13	2,44%	304	295
14	0,57%	425	184
15	0,57%	408	402
16	0,57%	437	442
17	0,57%	214	213
18	0,57%	232	226
19	0,57%	252	248
20	0,57%	165	170



www.antp.org.br

Por conseguinte, o volume correspondente a 50ª hora mais carregada dos trechos em análise deve operar em nível D ou inferior (A, B ou C).

## AFERIÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO

### Adoção do HCM 2010

Conforme já foi mencionado anteriormente, o cálculo do nível de serviço dos trechos em análise definiu que o HCM 2010 deveria ser adotado como padrão a ser utilizado nos estudos.

Como os trechos em análise são, na sua grande maioria, em pistas simples *com* ou *sem* faixa adicional, e alguns em pista dupla, foram analisadas somente as situações de *Twolane* e *Multilane*, consequentemente.

As principais alterações advindas deste HCM são dadas conforme os itens a seguir.

### Classes e critérios para determinação do nível de serviço

Acrescentou-se uma nova classe às rodovias de pista simples: classe III, que inclui trechos principais que atravessam cidades de pequeno porte, cujos limites de velocidades são menores ou com restrições.

### Análise direcional

Apenas a análise direcional é considerada, resultando em soluções mais econômicas para esse tipo de situação e evita que o tratamento no sentido efetivamente mais carregado seja subdimensionado.

### Fatores de equivalência

A versão do HCM 2010 atualizou os fatores de equivalência dos veículos pesados do HCM 2000, devido aos avanços no desempenho da frota pesquisada e à reformulação do método de cálculo. A versão recente do HCM, a de 2010, veio corrigir o método de cálculo dos fatores equivalentes, que foram estratificados segundo o volume de tráfego, em veículos por hora, eliminando a necessidade de iteração.

### Faixas adicionais / rampas descendentes

Inclusão da estimativa do efeito das faixas adicionais, abordadas apenas no âmbito teórico pelo HCM 1994.

Avaliação das rampas críticas nos dois sentidos de tráfego, sendo um deles ascendente e o outro descendente.

### Método da divisão dos segmentos homogêneos em subsegmentos

Para o cálculo do nível de serviço é importante considerar trechos de características semelhantes no que diz respeito a volume de tráfego, tipo de pista, existência de terceiras faixas e perfil do traçado.

O método para a segmentação, caracterização e classificação dos trechos homogêneos rodoviários, conforme conceituados pelo Highway Capacity Manual – HCM, foi utilizado para a avaliação da capacidade e nível de serviço em rodovias.

De modo a complementar a base de dados, o relevo das vias estudadas foi descrito pelo parâmetro *Rise & Fall* (R&F) que descreve a geometria vertical e é definido como a quantidade de subidas e descidas, em metros, percorrida a cada quilômetro de rodovia. Valores abaixo de 20 m/km estão associados a terrenos planos, enquanto um valor de 80 m/km está associado a terrenos montanhosos.

De posse do perfil vertical dos trechos estudados, foram determinados os subsegmentos genéricos e os subsegmentos em rampas específicas. Segundo o HCM (TRB, 2010), segmentos com inclinação inferior a 3% e comprimento superior a 800 metros, ou inclinação igual ou maior do que 3% e comprimento superior a 400 metros devem ser considerados como rampas específicas.

Um dos principais critérios de divisão dos trechos homogêneos é a localização das terceiras faixas. Usualmente, na rodovia MG-050, as terceiras faixas estão em trechos em aclive para permitir a ultrapassagem dos veículos pesados pelos veículos leves. Ressalta-se que nos trechos opostos, ou seja, em declive, nem sempre há terceiras faixas pois o próprio relevo permite velocidades mais elevadas aos veículos. Portanto, esses dois trechos devem ser analisados separadamente.

Ao todo, foram determinados 226 subsegmentos no sentido Belo Horizonte/São Paulo e 210 subsegmentos no sentido São Paulo/Belo Horizonte, resultando em um total de 436 subsegmentos.

### RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação do nível de serviço dos trechos sob concessão na modalidade concessão patrocinada da rodovia MG-050 / BR-265 / BR-491 foi feita nos dois sentidos de tráfego da rodovia – Belo Horizonte/São Paulo e São Paulo/Belo Horizonte – nos quais foram identificados os níveis de serviço de acordo com a extensão total do trecho conforme ilustram as figuras 2 e 3.



Figura 2  
Níveis de serviço no sentido BH-SP

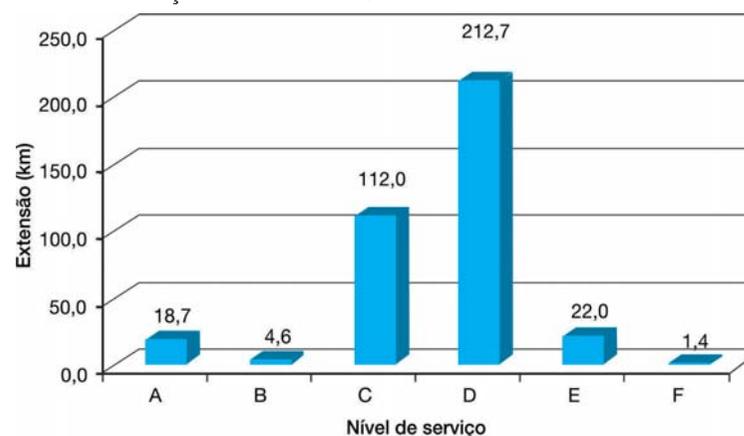
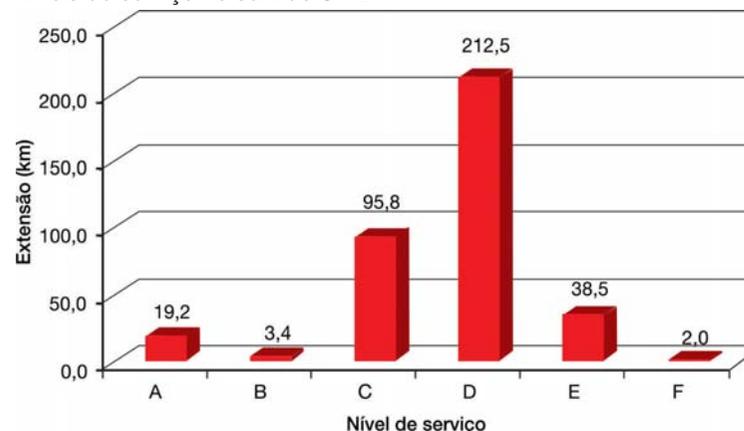


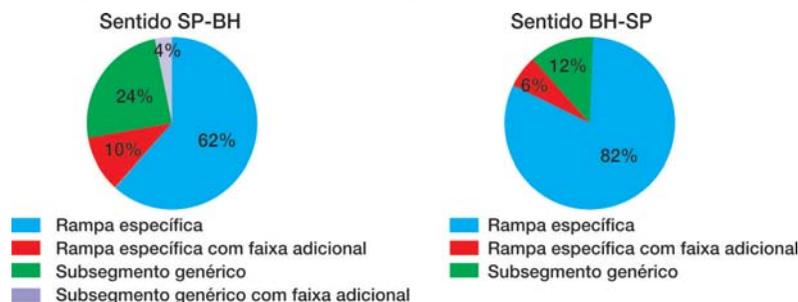
Figura 3  
Níveis de serviço no sentido SP-BH



Observa-se que os trechos sob concessão na modalidade concessão patrocinada da rodovia MG-050 / BR-265 / BR-491 possuem subsegmentos que não atendem ao nível de serviço adequado para as condições de trafegabilidade, somando uma extensão de 23,4 km no sentido Belo Horizonte/São Paulo (6,3% da extensão total do trecho) e de 40,5 km no sentido São Paulo/Belo Horizonte (10,9% da extensão total do trecho), havendo a necessidade de intervenções de obras de melhoria e/ou aumento de capacidade, tal como implantação de faixa adicional ou duplicação de trecho.

A figura 4 leva em consideração somente os subsegmentos críticos de acordo com o tipo de subsegmento, ou seja, os subsegmentos que não atendem ao nível de serviço (nível de serviço E ou F).

Figura 4  
Subsegmentos críticos (nível de serviço E ou F)



Nota-se que a maioria dos subsegmentos que não atende o nível de serviço é subsegmento de rampa específica. Ressalta-se que nos trechos com faixa adicional que não atenderam o nível de serviço, a medida mitigadora mais adequada deva ser a implantação de vias marginais nos perímetros urbanos ou a duplicação nos trechos rurais.

Toda essa necessidade de intervenção nos subsegmentos críticos deve ser avaliada segundo uma matriz de prioridades, devendo-se considerar ao menos os seguintes itens: custo de investimento da intervenção, valor de desapropriação, volume de tráfego, percentual de veículos pesados, definição de obra nova e critério de postergação de obras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANEXO V – Quadro de indicadores de desempenho do contrato 007/2007 da parceria público-privada (PPP) da MG-050.
- COSTA, A. H. P. e MACEDO, J. M. G. *Manual de acessibilidades e da gestão viária*. Níveis de serviço em estradas e autoestradas. Porto, Portugal, 2008.
- DNER. *Manual de projeto geométrico de rodovias rurais*. Rio de Janeiro, RJ, 1999.
- DNIT. *Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários*. Escopos básicos/instruções de serviço. Rio de Janeiro, RJ, 2006.
- HANNON, J. J. e SULBARAN, T. Information technology for efficient project delivery, *NCHRP Synthesis 385*. Washington, D.C, USA: Transportation Research Board, The National Academies, 2008.
- TRB. Highway capacity manual. *Special Report 209*. Washington, D.C, USA: Transportation Research Board, 1985.
- TRB. *Highway Capacity Manual 2000*. Washington, D.C, USA: Transportation Research Board, National Research Council, 2000.
- TRB. *Highway Capacity Manual 2010*. Washington, D.C, USA: Transportation Research Board, The National Academies, 2010.



www.antp.org.br

## Revista dos Transportes Públicos - ANTP

### Orientação para os autores de artigos

A *Revista dos Transportes Públicos* está aberta à publicação de artigos sobre transportes públicos e trânsito, nas diversas áreas listadas abaixo:

- temas transversais: planejamento e gestão urbana; gestão da qualidade; marketing; desenvolvimento tecnológico; meio ambiente; transporte não motorizado; história e memória;
- transporte público: gestão / políticas de transporte público; economia do transporte público; planejamento e concepção de sistemas; implantação e operação do serviço de transporte público;
- trânsito: restrição de acesso e circulação de veículos; circulação urbana da carga; programas e políticas de segurança no trânsito; operação de trânsito.

O autor deve indicar qual o tema e o subtema a que seu artigo deve ser relacionado. O artigo deve ter, no máximo, 25 laudas digitadas (20 linhas com 70 toques cada uma), acompanhado de um resumo de seu conteúdo, em no máximo cinco linhas de 70 toques. As ilustrações e gráficos já estão contabilizados neste tamanho.

O artigo e o resumo devem ser enviados para o e-mail revista@antp.org.br ou em cd por correio para a ANTP - Rua Marconi, 34, 2º andar, conj. 21 e 22, República, CEP 01047-000, São Paulo, SP. No cd devem ser discriminados o programa, sua versão e os nomes dos arquivos.

O artigo expressa a opinião do(s) seu(s) autor(es) e, portanto, é de responsabilidade do(s) mesmo(s). Os autores não recebem nenhuma remuneração da ANTP e todos os direitos autorais do(s) artigo(s) são cedidos à ANTP sem ônus para nenhuma das partes.

A publicação de um artigo fica a critério do Conselho Editorial, podendo ser reproduzido, bastando, para tanto, mencionar como fonte a *Revista dos Transportes Públicos*, da ANTP.