

SP 03/08/79

NT 042/79

## **Conceito de Nível de Serviço para Avaliação de Transporte Público**

**Eng.º Gabriel T. Barros Chauar**

### Introdução

A qualidade do nível de serviço em um modo de transporte apresenta-se como principal indicador de atratividade que este modo possa oferecer à população.

Este trabalho procura selecionar todas as características comuns a todos os modos de transporte, que mais refletem na qualidade de nível de serviço.

Desde que o melhor serviço é desejável em certas ocasiões, enquanto um serviço razoável é suficiente em outras, níveis de serviço de A a F são adotados para cada variável. Quando uma das variáveis relacionadas a conforto é intolerável, o nível de serviço deste modo será F.

Estas características comuns a todos os modos de transporte são:

- Tempo de percurso;
- Itinerário;
- Ocupação;
- Ventilação e temperatura;
- Aceleração;
- Arranques e trancos; e
- Ruídos

De forma geral, as quatro últimas estão ligadas diretamente ao conforto do usuário.

Outros parâmetros, tais como padrões de projeto, custo operacional, requisitos de segurança etc., relacionam-se diretamente com as variáveis de serviço.

Analisemos a seguir, sucintamente as principais variáveis de serviço que usaremos na definição de método.

A velocidade constitui uma das características básicas e o usuário comumente a associa ao automóvel. As viagens em autos particulares são feitas diretamente da origem ao destino, seguindo itinerários variados e escolhidos. O usuário do transporte público está sujeito a um itinerário determinado, locais de embarque e desembarque definidos e horários pré-fixados. Por essa razão, ao prepararmos um método de avaliação de níveis de serviço, devemos considerar primordialmente a frequência, os horários e a relação de percurso.

Outra variável importante é a densidade de passageiros. O usuário do automóvel determina essa densidade de acordo com a comodidade que deseja. Um automóvel com dois passageiros, por exemplo, apresenta uma densidade que vai de 0,75 pass./m<sup>2</sup> a 0,37 pass./m<sup>2</sup>. Nos metrô ou ônibus essa densidade é elevada ao seu valor máximo, chegando nas horas de pico a atingir 5 pass./m<sup>2</sup>. O desconforto criado nessas ocasiões faz com que muitos usuários se transfiram do sistema de transporte coletivo para sistemas individuais ou para o automóvel, mesmo que para isso tenham que despendar mais.

Outras variáveis que devem ser levadas em conta são a temperatura interna dos veículos, a circulação de ar e o tipo da suspensão e dos assentos.

Os níveis de serviço aqui estudados são gerais e aplicáveis a todos os modos de transporte, permitindo a comparação entre diferentes modos de transporte, bem como o estudo das variações dentro de um mesmo modo.

Normalmente pesquisa-se o nível de serviço nas horas de pico. Entretanto, pode-se pesquisar também esse nível entre picos, para fim de comparação.

Uma análise detalhada envolve a determinação do nível de serviço de cada trecho da linha, compreendido entre dois pontos de parada consecutivos.

Praticamente pode-se calcular o nível de serviço de uma linha a partir dos níveis de serviço calculados para alguns trechos, que caracterizam o objetivo da análise a ser feita, e adotando-se depois a média ponderada dos valores daqueles níveis em relação ao número de passageiros transportados naqueles trechos.

### Características das Variáveis de Serviço

#### Velocidade média ajustada

Dá-se o nome de velocidade média ajustada (comercial) ao valor de uma velocidade aparente que leva em conta eventuais demoras, que será utilizada no cálculo do nível de serviço.

Para determinação da velocidade média ajustada de um modo de transporte em linhas de extensão conhecidas, usa-se o tempo total gasto na viagem de um usuário padrão, desde a sua origem até seu destino, traduzido pela somatória de :

- Tempo necessário para eventual cobrança externa;
- Tempo normal de viagem nos veículos;
- Tempo gasto em transferência de veículos, e
- Intervalo entre veículos (headway).

Cobrança - A forma mais cômoda de cobrança é a automática e externa ao veículo. No estudo que ora desenvolvemos, o tempo gasto na cobrança externa só deve ser considerado se ultrapassar 30 segundos.

Se a cobrança é realizada no interior dos veículos, as eventuais demoras que proporciona estarão computadas nos tempos normais de viagem.

Tempo Normal de Viagem - Para a maioria dos usuários, constitui o fator principal. O tempo de viagem depende, primordialmente, da velocidade que os veículos podem desenvolver. Alguns sistemas permitem desenvolver até 120 Km/h, enquanto que os ônibus, em áreas centrais, chegam a atingir apenas 10 Km/h. Os itinerários das linhas de percurso longo numa grande cidade, em sua maioria não ultrapassam uma extensão de 30 Km, e a uma velocidade média de 60 Km/h, o tempo de viagem dessas linhas será, então, da ordem de 30 minutos para a locomoção do usuário de seu ponto de origem ao sistema de transporte público, e deste ao seu ponto de destino, teremos um tempo normal de viagem da ordem de 60 minutos. Assim pois, diríamos que, nestas condições, a velocidade média desejável para o veículo é de 60 Km/h. As linhas centrais, entretanto, atingem no máximo cerca de 8 Km de extensão. Admitindo-se a velocidade média dos veículos, nesta área, entre 10 e 22 Km/h, conclui-se que o tempo de viagem será de uma hora e meia. Assim, é de se esperar, para as áreas centrais, uma velocidade média de 22 Km/h, admitindo-se, em casos especiais, que ela seja de 10 Km/h. Pode acontecer, e é comum, que o usuário faça uso de 2 ou mais linhas de um mesmo modo de transporte, ou de modos diferentes. Deve-se então levar em consideração os tempos necessários para a transferência de veículos e o tempo de caminhada do usuário para a realização dessa transferência. Quando dentro de um mesmo modo de transporte, sua computação é simples; porém quando essa transferência é multimodal, a computação torna-se complexa.

Intervalo entre Veículos (headway) - O usuário do transporte público preocupa-se bastante com o intervalo entre veículos que, quando longo, desencoraja-o a utilizá-lo. Intervalo e densidade de passageiros estão intimamente ligados. Para o estudo em questão, o intervalo entre veículos é levado em conta no cálculo da velocidade média somando-se metade do mesmo ao tempo de viagem da linha. Entretanto, para não prejudicar sistemas especiais de transporte de baixa demanda e grandes intervalos, deve-se limitar esta variável ao valor máximo de 15 veículos.

Cálculo da Velocidade Média Ajustada - Exemplifiquemos o cálculo tomando uma viagem feita em ônibus, com extensão de 10 Km desde até o destino, e com intervalo entre carros de 12 minutos.

- Cobrança externa não existe
  - Tempo normal de viagem 30 minutos
  - Transferência de veículos não existe
  - Intervalo 0,5 x 12 = 6
- TOTAL 36 minutos ou 0,6 hora

A velocidade média ajustada será:  $\frac{10}{0,6} = 16,7/\text{hora}$

### Percursos Indesejáveis

Como vimos antes, o principal fator de interesse, sob o ponto de vista do usuário é o tempo de viagem. Influi neste tempo, obviamente, o tipo de percurso realizado por um veículo. Como os itinerários dos sistemas de transporte público são fixos e não podem ser modificados, eles devem se desenvolver da forma mais curta e direta possível entre as regiões que deve ligar.

Para fins de estudo do nível de serviço, esse fator pode ser calculado como a relação entre a extensão do itinerário real realizado pelos veículos da linha e a mais curta ligação possível entre os extremos da linha.

### Densidade de Passageiros

A densidade de passageiros é um fator que traduz primordialmente o conforto. Varia dentro de uma faixa de valores bastante extensa, conforme o modo de transporte e características dos veículos. Assim, para uma composição ferroviária de serviço local especial, com passageiros sentados apenas, pode-se ter uma densidade inferior a 0,8pass./m<sup>2</sup>. Já para um metrô, nas horas de pico pode-se ter 4,5 a 5 pass./m<sup>2</sup> entre sentados e em pé.

É comum também se usar o inverso da densidade, ou seja, o espaço médio que cada passageiro ocupa, dado por m<sup>2</sup>/passageiro.

### Aceleração Horizontal

Aceleração ou desaceleração elevadas geram um desconforto imediato no usuário, e, evidentemente, atuam mais intensamente no passageiro que está em pé.

Essas acelerações processam-se em diferentes planos e decorrem da variação de velocidade do veículo, das curvas, das trepidações e dos balanços. De forma geral para o passageiro em pé, o nível de conforto em relação à aceleração horizontal chega ao valor máximo de 1,3 m/seg.<sup>2</sup>.

### Arranques e Trancos

O arranque correspondente à variação da aceleração do veículo e seu efeito são sentidos segundo o eixo longitudinal; constituem, igualmente, fatores de conforto e seus efeitos são notados principalmente pelos passageiros sentados em bancos laterais.

Existem também os trancos relativos à aceleração vertical, provenientes de defeitos do pavimento, ondulações etc. O arranque ou o tranco podem ser relativamente controlados através do tipo de suspensão, dos tipos de comandos do veículo e da atuação do operador. A fixação do seu valor limite é empírica, e pode ser expresso em  $m/seg^3$ .

### Temperatura

É desejável que os veículos coletivos sejam dotados de aparelhos de ar condicionado, especialmente em regiões de excessivo calor. Entretanto, tais aparelhos são bastante onerosos, não havendo interesse em sua utilização nos veículos de transporte público de nível popular. Nesses casos deve ser prevista uma ventilação eficiente, forçada ou não, para amenizar a temperatura interior. A máxima temperatura interna aceitável deve ser de  $35^{\circ}C$ , sendo desejável que ela permaneça entre  $18^{\circ}$  e  $25^{\circ}C$ .

### Ventilação

A remoção do ar do veículo é um fator importante relacionado com o conforto. Em geral uma boa ventilação é representada pela renovação de 1,3 vezes o volume de ar interno em 1 minuto. Na prática expressa-se o padrão de renovação de ar em  $m^3/minuto/passageiro$  durante a maior permanência do usuário no veículo.

### Ruídos

O ruído interno do veículo, ao qual o usuário é obrigado a se sujeitar, constitui um fator de conforto bastante importante. De acordo com os padrões internacionais, o nível de ruído não deve ultrapassar 90 db, sendo que, se uma pessoa ficar sujeita a um nível de 100db durante 2 horas ou mais por dia, sofrerá danos irreversíveis no sistema auditivo.

### Fixação dos Valores das Variáveis

Os níveis de serviços propostos neste estudo foram estabelecidos através da fixação de valores para as variáveis de serviço entre limites desejáveis e indicados para cada um.

O valor desejado de todas as características pode ser diferente, pois considera-se a média desses valores. Entretanto, nem todas as características têm igual importância. Para sua homogeneização adotou-se um sistema de pesos, de tal forma que o enquadramento de um determinado serviço em um nível é obtido através da somatória direta dos pontos calculados.

### Padrões e Pesos Escolhidos para cada Nível de Serviço

No quadro abaixo estão indicadas as correspondentes faixas de variação das diferentes variáveis de serviço e os respectivos pesos percentuais que deverão multiplicar os valores de projeto ou medidas.

Faixa e Variação e Pesos Percentuais para as Variáveis de Serviço

Níveis	A		B		C		D		E		F	
Variáveis	Faixa	Peso	Faixa	Peso	Faixa	Peso	Faixa	Peso	Faixa	Peso	Faixa	Peso
Velocidade ajustada (Km/h)	> 60	30	60-40	24	40-22	18	22-10	12	10-6	6	6-0	0
Densidade passageiros (pass./m2)	< 0,8	20	0,8-1,5	20	1,5-2,5	15	2,5-4,0	10	4,5-5,0	5	> 5,0	0
Relação de percurso	< 1,1	10	1,1-1,2	8	1,2-1,3	6	1,3-1,5	4	1,5-2,0	2	> 2,0	0
Aceleração horizontal (m/seg <sup>2</sup> )	<0,55	10	0,55-0,75	8	0,75-0,95	6	0,95-1,15	4	1,15-1,30	2	>1,30	0
Temperatura (C°)	22-25	10	20-27	8	18-30	6	14-32	4	10-36	2	<10 ou > 36	0
Arranques e trancos (m/seg)	< 0,3	5	0,3-0,6	4	0,6-0,9	3	0,9-1,4	2	1,4-1,85	1	>1,85	0
Ventilação (m3/min/pass)	< 1,0	5	0,85-1,0	4	0,7-0,85	3	0,55-0,7	2	0,4-0,55	1	< 0,4	0
Ruído interno (db)	< 60	5	60-75	4	75-85	3	85-90	2	90-95	1	>95	0
Variação total	100 a 90		90 a 70		70 a 50		50 a 30		30 a 10		10 a 0	

Observações

O processo de avaliação adotado, bem como a aplicação de pesos conferidos às diversas variáveis permite, no caso da análise de sistemas existentes, determinar-se rapidamente qual a melhoria ou modificação que deve ser introduzida com a finalidade de se obter um nível de serviço mais elevado.

Uma mesma linha pode apresentar um baixo nível de serviço em um determinado trecho, e um elevado nível em outro trecho. Neste acaso deve-se analisá-la sob um aspecto mais global, levando-se em consideração que um nível de serviço mais baixo pode ser admitido desde que a viagem seja de curta duração.

Viagens Multimodais

O presente método de avaliação pode ser aplicado no caso de viagens multimodais, mediante a utilização de pesos médios de cada modo de transporte e assumindo um mesmo tempo de viagem em cada modo. Deve-se ainda computar os tempos gastos na transferência de modos de transporte, incluindo-se alguma tolerância para eventuais atrasos, ao ser recalculada a velocidade média ajustada do sistema.

Aplicação

A título de exemplo, façamos a análise de um serviço de transporte por ônibus, na hora de pico, cujas variáveis características são as seguintes:

Extensão da linha	7,8 Km
Intervalo entre veículos	10.0 minutos
Cobrança	interna
Transferência	não existe
Tempo de viagem	30 minutos

Cálculo da velocidade ajustada

Tempo de viagem		30 minutos
Intervalo		0,5 x 10 = 5,0 min.
Tempo total		35 min. ou 0,583 h
Velocidade ajustada	=	$\frac{7,8}{0,583} = 13,37 \text{ Km/h}$

Cálculo da densidade de passageiros

Considerando a média de 3 trechos consecutivos da linha, no sentido origem/destino da viagem

Área interna útil do veículo		21 m <sup>2</sup>
Número de passageiros no trecho 1		98
Número de passageiros no trecho 2		82
Número de passageiros no trecho 3		92
Densidade média	=	$\frac{98 + 82 + 92}{3} \times \frac{1}{21} = 4,32 \text{ pass./m}^2$

Cálculo da relação do percurso

Se o trajeto entre o ponto inicial e o ponto final da linha fosse percorrido por vias principais, objetivando o caminho mais curto, a extensão da linha seria 5,6 Km.

$$\text{- relação de percurso} = \frac{10.000}{3.600} \times \frac{1}{3,2} = 0.868 \text{ m/seg}^2$$

Variação da temperatura interna

Os valores extremos correspondem ao máximo e ao mínimo registrados durante a viagem, medidos no local mais desfavorável destinado a passageiros.

Temperatura máxima - 31° C

Temperatura mínima - 28° C

Medição do arranque máximo

Com um aparelho (acelerômetro gráfico) instalado no interior do veículo mediu-se um tranco máximo horizontal de 0,5/seg<sup>3</sup>.

Cálculo da ventilação

De acordo com o fabricante do veículo, a circulação de ar é forçada e a renovação é de 55 trocas por hora.

Sendo o volume interno do veículo de 46 m<sup>3</sup> e considerando a média dos passageiros transportados nos 3 trechos tem-se:

$$\text{Ventilação} = \frac{55 \times 46}{60 \times \frac{(98+82+92)}{3}} = 0,465 \text{ m}^3/\text{min/pass.}$$

Ruído

Verificou-se, durante a viagem, que o ruído interno atingiu uma intensidade máxima de 87 db.

Cálculo do nível de serviço global

Varáveis	valor	peso	nível
Velocidade ajustada	13,37	12	D
Densidade de passageiros	4,32	5	E
Relação de percursos	1,40	4	D
Aceleração horizontal	0,868	6	C
Temperatura	20 - 31	4	D
Arranques e trancos	0,50	4	B
Ventilação	0,465	1	E
Ruído	87	<u>2</u>	D
Total		38	

Conclusão

A escolha das variáveis usadas nesta avaliação do nível de qualidade do serviço pondera as características mais notadas pelo usuário e a facilidade de medição das mesmas. A relação escolhida não está necessariamente completa e os pesos atribuídos a cada uma delas é apenas significativo, não devendo ser considerado absolutos. Como por exemplo, um peso máximo de somente 5 pontos é atribuído à ventilação, pois, se os requisitos da temperatura são preenchidos, os da ventilação consequentemente também o são.

De qualquer maneira, o nível de serviço geral obtido através da aplicação dos pesos de cada variável a um sistema de transporte, produz uma informação relativa capaz de permitir a avaliação e a comparação da qualidade do serviço prestado.

Ressalta-se que a avaliação de um nível de serviço está diretamente ligada ao objeto das medições. Não é significativo, por exemplo, avaliar o nível de serviço de uma linha diametral (bairro-centro-bairro) tomando os valores da velocidade ajustada e densidade de passageiros em um trecho (inicial ou final) do percurso total. Da mesma maneira, uma linha ou um modo de transporte pode apresentar níveis de serviço completamente diferentes para as horas de pico e para os entre picos, e em diferentes dias.

Caberá ao projetista ou ao responsável pela operação de um sistema de transporte analisar os objetivos das medições e planejá-las de modo a obter valores que permitam uma avaliação da operação diária do sistema ou sua melhora, quando esta for necessária.

Análise crítica

Desde que este método de avaliação possa indicar o grau de atratividade de um modo de transporte, algumas inovações podem ser introduzidas. Um ponto a ser estudado mais detalhadamente se refere à densidade de passageiros, a qual, no presente trabalho, foi definida como sendo o número de passageiros, a qual, no presente trabalho, foi definida como sendo o número de passageiros por metro quadrado de área útil. Entretanto, os valores fixados para esta variável podem ser revistos se o enfoque for feito em duas etapas. Enquanto a primeira etapa trataria da densidade para número de passageiros igual ou menor ao número de assentos; a segunda quando o número de passageiros começasse a ser maior que o número de assentos. Estas duas abordagens, tratadas com pesos

diferentes, determinariam o valor final para a densidade de passageiros pela área útil do modo em questão.

Neste trabalho não se inclui uma variável que também influencia a qualidade do conforto de um modo de transporte. Esta variável seria composta pelos parâmetros inerentes às condições físicas dos veículos e dos pontos de atendimentos ao longo do itinerário. Tais parâmetros podem ser: limpeza interna e externa do veículo, ano de fabricação do mesmo, abrigo nos pontos de atendimentos, tipo de terminal etc. Para um trabalho mais específico esta variável deve ser incluída, pois em certas regiões pode ser o principal motivo para que um passageiro troque o transporte público pelo automóvel.

### Bibliografia

Bus Operation in Single Lane Platoons - Jerold W. Scheel and James E. Foote, Reserarch Publication GMR 808, janeiro, 1969.

Bus Use of Higways, Planning and Design Guidelines National Cooperative Highway Research Program Report n.º. 155, Transportation Research Board, Washington, DC, 1975.

Especificações para ônibus - Associação das Companhias de Transporte Público, VOV.

Hutchingson, B.C. Principles of Urban Transport Systems Planning, Scripta Book Company, Washington, DC., 1974

Level of Service Concept for Evaluating Public Transport - Hermann - Bot-zow, Transportation Research Record 519, 1974.

M.A.N. - SBS Système d'Autobus Standart - 1975.

Projeto Básico do Troleibus - Especificações Técnicas - Consórcio Esca/Promec/Setepla.

Relatório Operacional da CMTC - maio 1978.

Sistema de Transporte por ônibus - um estudo para melhoria do Transporte Público de passageiros em área urbana - Mercedes-Benz do Brasil, outubro - 1976.

---

Eng.º Gabriel T. Barros Chaur  
Analista Técnico B - SPT