

# CUSTOS COMPARATIVOS ENTRE SISTEMAS DE TRANSPORTE

Nestor S. Tupinambá  
set/2004

# COMPARAÇÃO DOS DIFERENTES MODOS

## Vamos usar dados dos seguintes Metrô

- Metrovias - Buenos Aires (*gabarito estreito*)
- CMSP Linha 5 e Santiago Linha 4 (*gabarito médio*)
- CMSP e CMRJ - Carros Novos (*gabarito largo*)

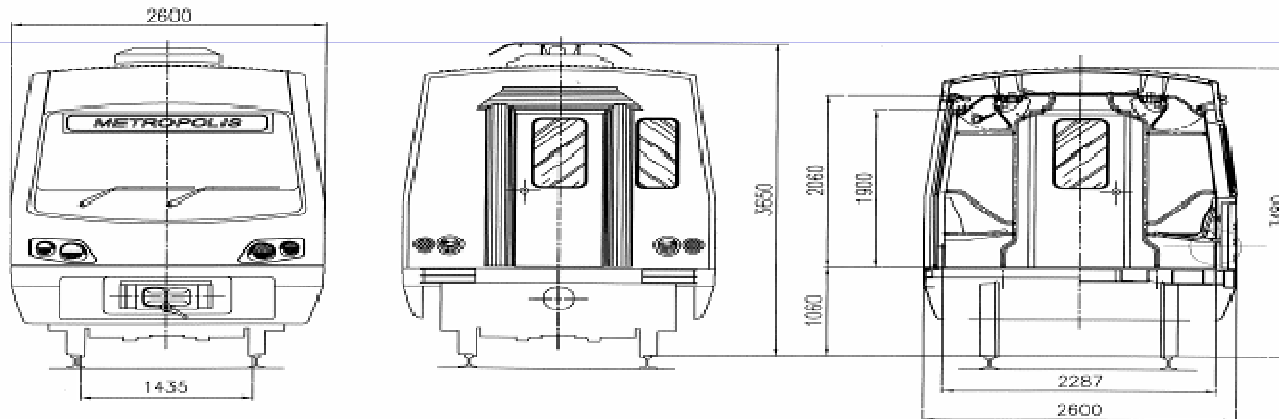
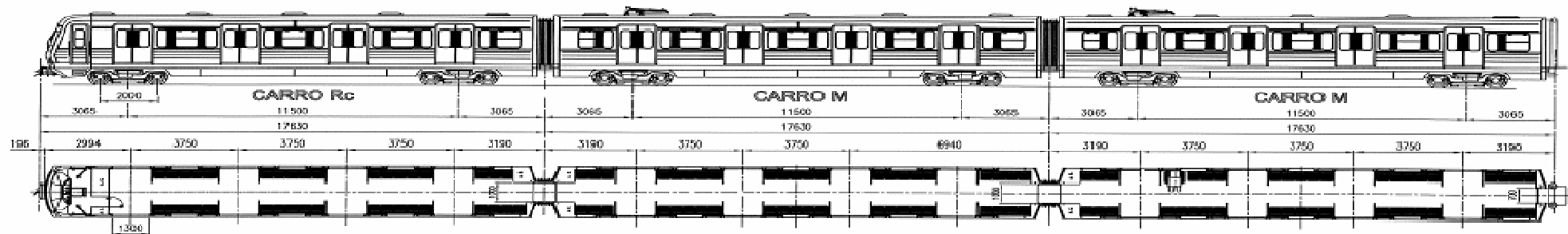
## e compará-los com:

- VLTs
- Ônibus tipo Padron

Quanto às suas capacidades de transporte, baseados em suas taxas de ocupação (inicialmente com 6 pass/m<sup>2</sup>), de formações de composições dos trens e de headways (inicialmente com 120s).

Trata-se de uma apresentação técnica, como subsídio para a análise e para a definição do modo de transporte de massa.

# TREM ALSTOM - TIPO INOX

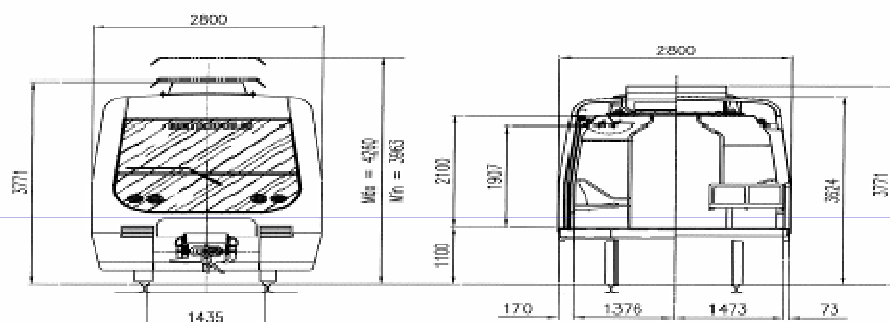
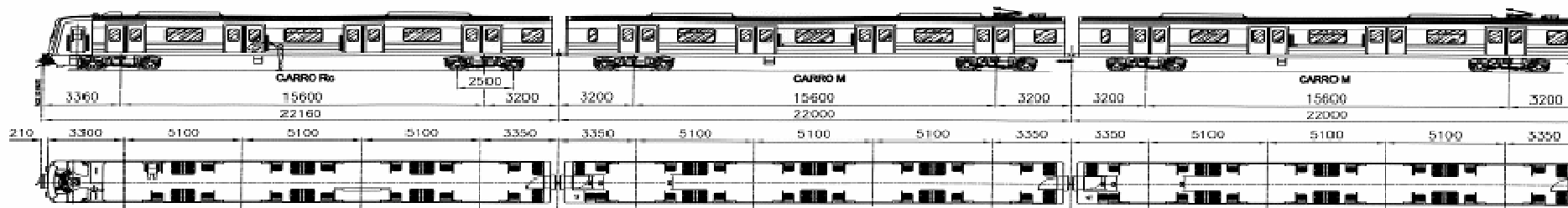


CAPACIDADE DOS CARROS				
CARRO	ÁREA LIVRE	EM PE (6 P/m <sup>2</sup> )	PAS. SENT.	TOTAL
Rc	20,1	121	37	158
M	21,8	131	44	175

CAPACIDADE TOTAL DE UM TREM DE 6 CARROS = 1016 ( 6 PAS/m<sup>2</sup> )

**Gabarito Estreito - Carga por Eixo de 12,5 a 14,5 t**

# TREM ALSTOM - TIPO METROPOLIS INOX

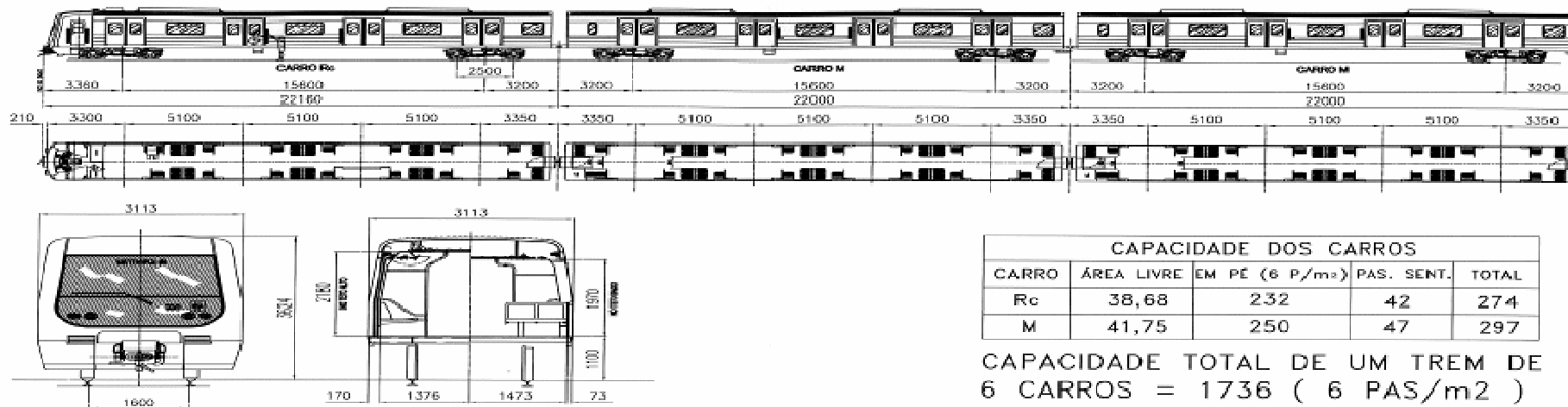


CAPACIDADE DOS CARROS				
CARRO	ÁREA LIVRE	EM PE (6 P/m <sup>2</sup> )	PAS. SENT.	TOTAL
Rc	32,75	196	42	238
M	35,25	211	47	258

CAPACIDADE TOTAL DE UM TREM DE  
 6 CARROS = 1508 ( 6 PAS/m<sup>2</sup> )

**Gabarito Médio - Carga por Eixo de 14,5 a 16 t**

# TREM ALSTOM - TIPO METROPOLIS INOX



**Gabarito Largo - Carga por Eixo de 16 a 18 t**

# CAPACIDADE DE TRANSPORTE POR GABARITO

- Rc+M+M x 2 - **Gabarito Estreito**

- Capacidade 1.016 pas. / trem
- Headway 120 seg.



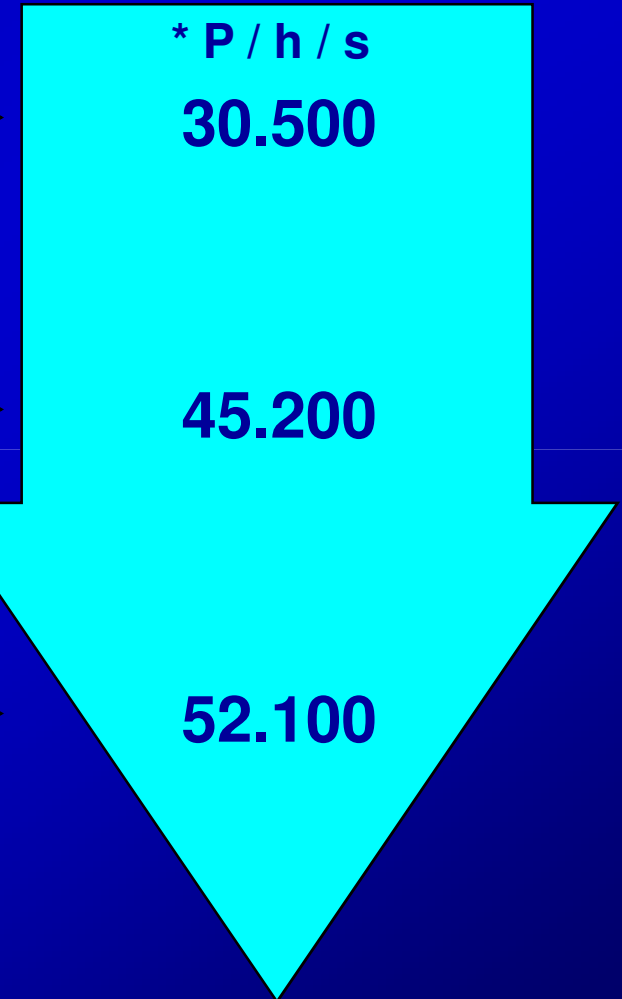
- Rc+M+M x 2 - **Gabarito Médio**

- Capacidade 1.508 pas. / trem
- Headway 120 seg.



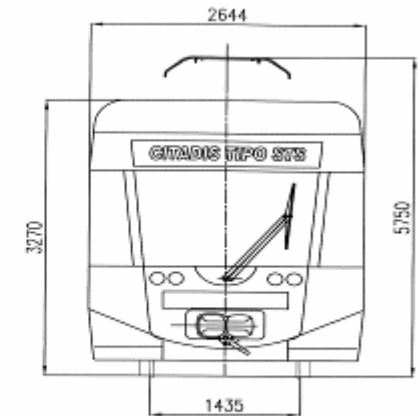
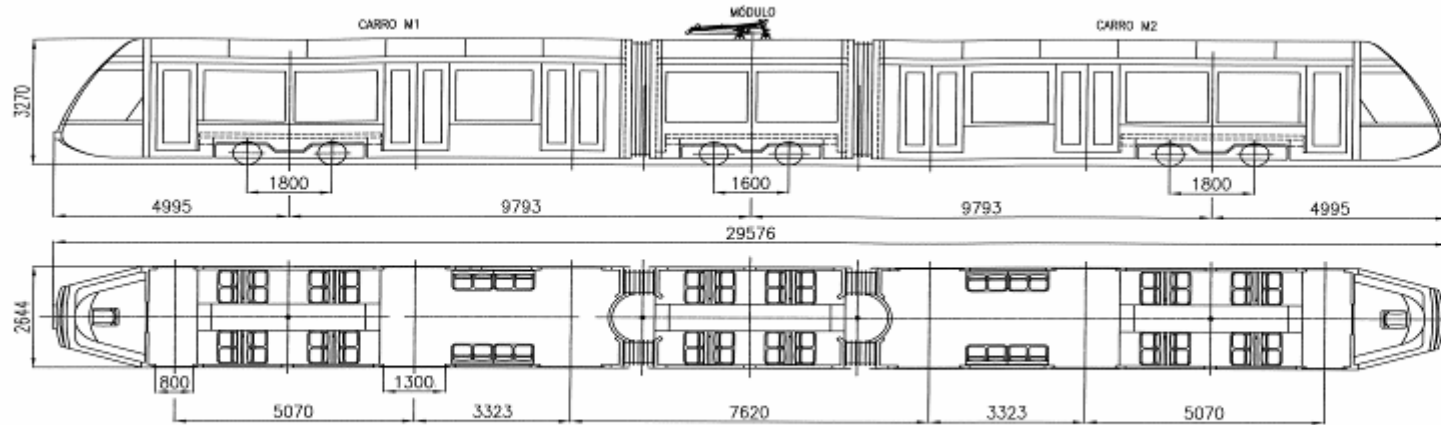
- Rc+M+M x 2 - **Gabarito Largo**

- Capacidade 1.736 pas. / trem
- Headway 120 seg.

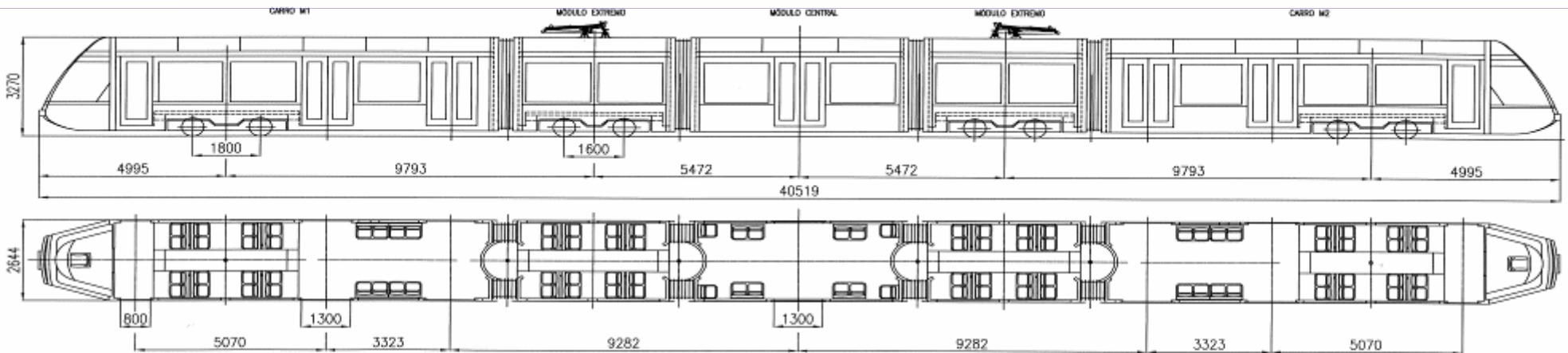


\* Passageiros / hora / sentido

# VLTs TIPO CITADIS 30 E 40 STS



CITADIS 30 STS = 270 PASSAGEIROS COM 6 PAS./m2



CITADIS 40 STS = 380 PASSAGEIROS COM 6 PAS./m2

# VLTs TIPO CITADIS 30 E 40 STS

## Capacidade de transporte

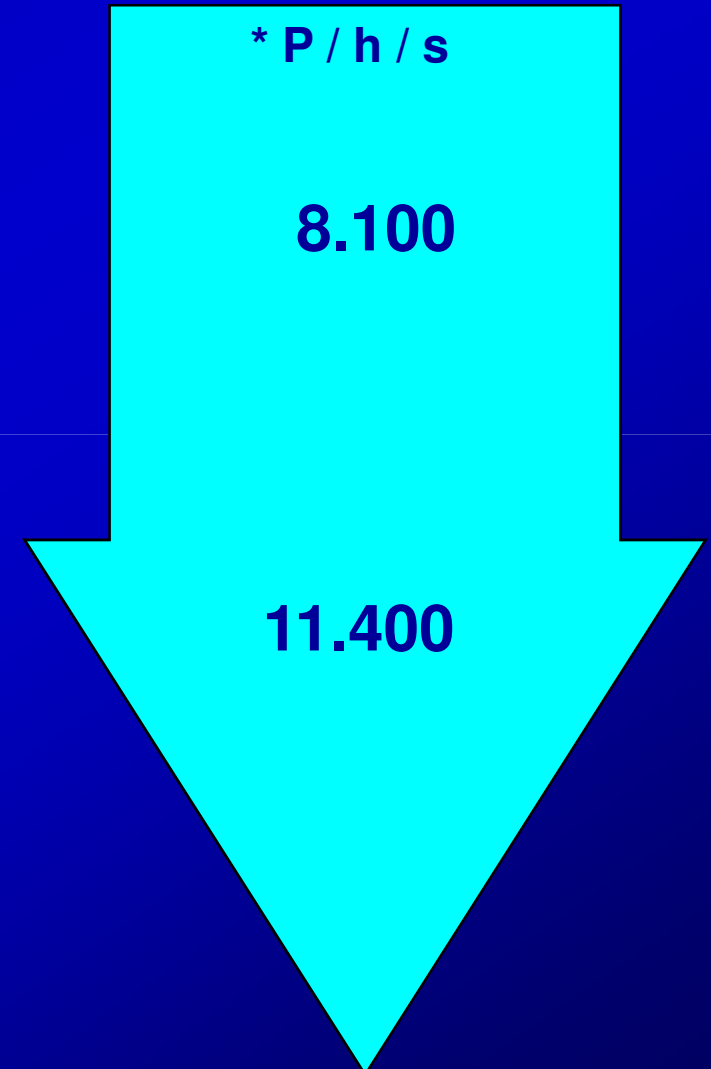
- VLT Tipo 30 STS

- Capacidade 270 pas. / unidade
- Headway 120 seg.



- VLT Tipo 40 STS

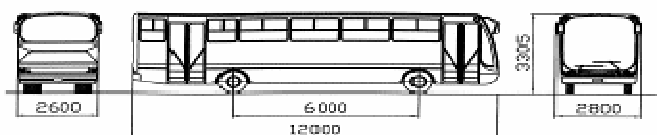
- Capacidade 380 pas. / unidade
- Headway 120 seg.



\* Passageiros / hora / sentido



# ÔNIBUS TIPO PADRON



ÔNIBUS TIPO PADRON

ÁREA LIVRE	EM PÉ (6 P/m <sup>2</sup> )	PAS. SENT.	TOTAL
7,46	44	41	85



ÔNIBUS TIPO PADRON ARTICULADO

ÁREA LIVRE	EM PÉ (6 P/m <sup>2</sup> )	PAS. SENT.	TOTAL
10,56	64	57	121



ÔNIBUS TIPO PADRON BI-ARTICULADO

ÁREA LIVRE	EM PÉ (6 P/m <sup>2</sup> )	PAS. SENT.	TOTAL
15,93	95	78	173

# COMPARAÇÃO DOS DIFERENTES MODOS

As premissas usadas para o cálculo das capacidades de transporte para os Ônibus Padron partem da configuração usual e os critérios de cálculo são idênticos aos empregados para trens e VLTs.

Exemplo para Ônibus Padron Articulado:

## ↳ Capacidade de Transporte:

- Quantidade de passageiros sentados = 57
- Área livre = 10,56 m<sup>2</sup>
- Quantidade de passageiros em pé, com 6 pas./m<sup>2</sup> = 10,56 x 6 = 64
- Quantidade total com 6 pas./m<sup>2</sup> = 57 + 64 = 121 passageiros

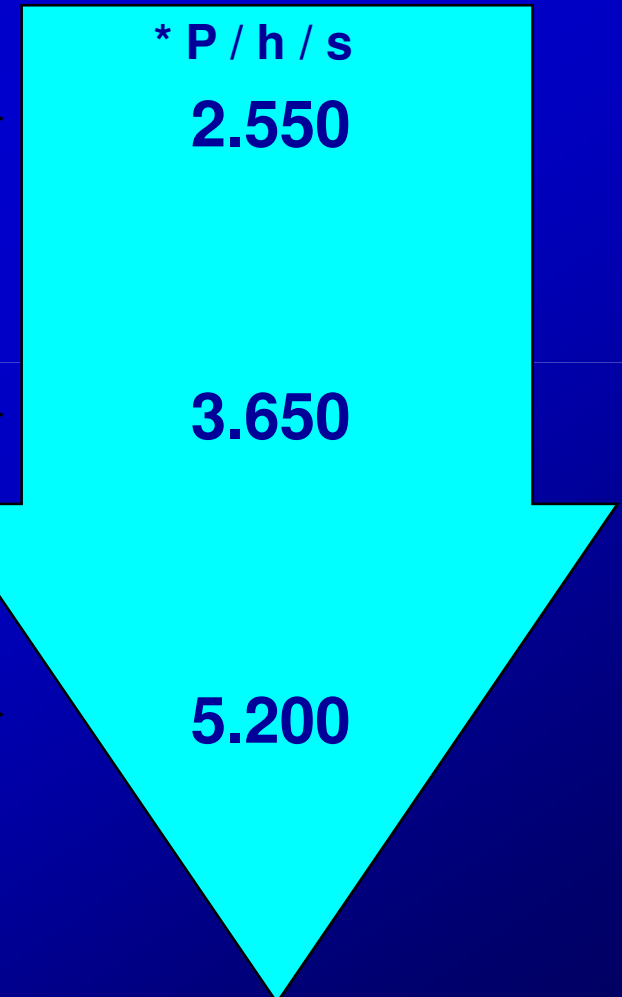
## ↳ Cálculo de p/h/s com Headway de 120 s:

- Quantidade de Ônibus / h = 3.600 s : 120 s = 30
- $p/h/s = 30 \times 121 = 3.630$  passageiros

# ÔNIBUS TIPO PADRON

## Capacidade de transporte

- Tipo Padron - **De 2 Eixos**
  - Capacidade 85 pas./unidade
  - Headway 120 seg.
- Tipo Padron - **Articulado**
  - Capacidade 121 pas./unidade
  - Headway 120 seg.
- Tipo Padron - **Bi-Articulado**
  - Capacidade 173 pas./unidade
  - Headway 120 seg.



\* Passageiros / hora / sentido

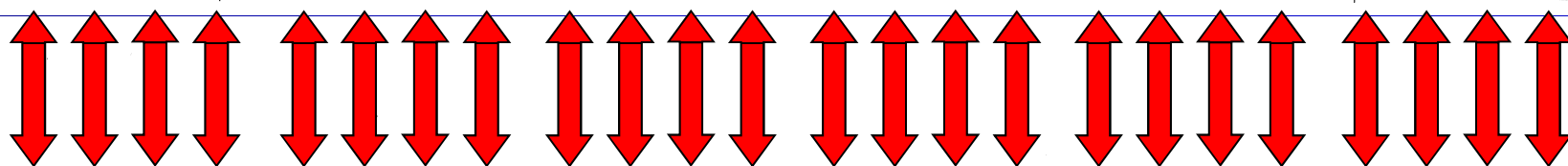
# COMPARAÇÃO DOS DIFERENTES MODOS

## Possibilidades em aumento das capacidades

- ↖ **Trens :**
  - Diminuição do headway
  - Aumento do n. de Passageiros / m<sup>2</sup>
  - Aumento do n. Carros por Composição
  
- ↖ **VLTs :**
  - Diminuição do headway
  - Restrição: Redução de velocidade devido tráfego e a semáforos, em caso de via não segregada*
  - Acoplamento de dois carros
  
- ↖ **Ônibus :**
  - Diminuição do headway
  - Restrições: 1) Tempo de aceleração e frenagem*
  - 2) Tempo de parada / quantidade de portas*
  - 3) Redução de velocidade devido tráfego e a semáforos, em caso de via não segregada*
  - 4) MTBF - Disponibilidade*
  - Linhas em paralelo
  - Restrições: 1) Área necessária*
  - 2) Custo e viabilidade das Desapropriações*

# COMPARAÇÃO DOS DIFERENTES MODOS

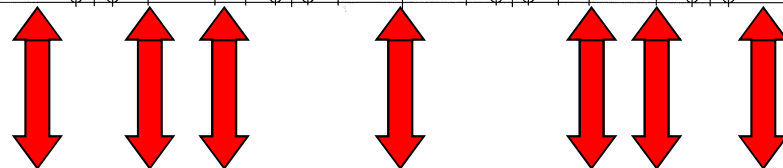
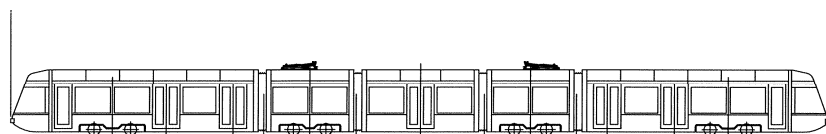
## TREM METROPOLIS



COMPOSIÇÃO DE 40,5 M

**24 Portas para entrada e saída**

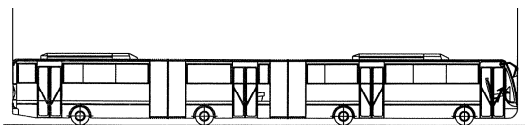
## VLT 40 STS



COMPRIMENTO = 25 m

**7 Portas para entrada e saída**

## Ônibus PADRON Bi-Articulado



**1 ou 2 Portas para entrada e 2 ou 3 para saída**

# TREM ALSTOM - TIPO METROPOLIS INOX

## Capacidade de transporte com headway 90s

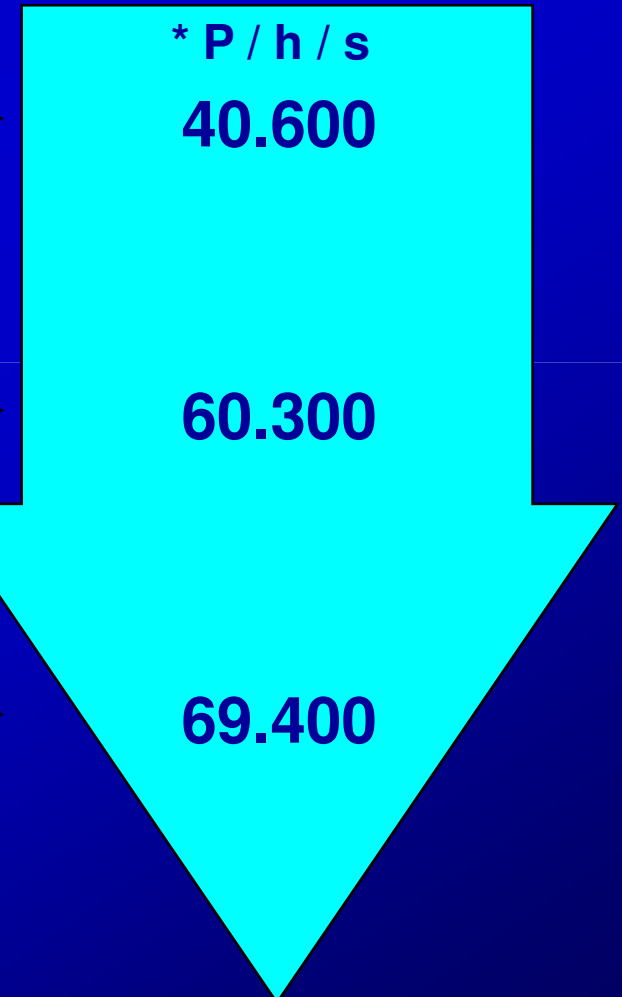
- Rc+M+M x 2 - **Gabarito Estreito**
- Capacidade 1.016 pas. / trem
- Headway 90 seg.



- Rc+M+M x 2 - **Gabarito Médio**
- Capacidade 1.508 pas. / trem
- Headway 90 seg.



- Rc+M+M x 2 - **Gabarito Largo**
- Capacidade 1.736 pas. / trem
- Headway 90 seg.



\* Passageiros / hora / sentido

# TREM ALSTOM - TIPO METROPOLIS INOX

## Capacidade de transporte com headway 90s e 8 as./m<sup>2</sup>

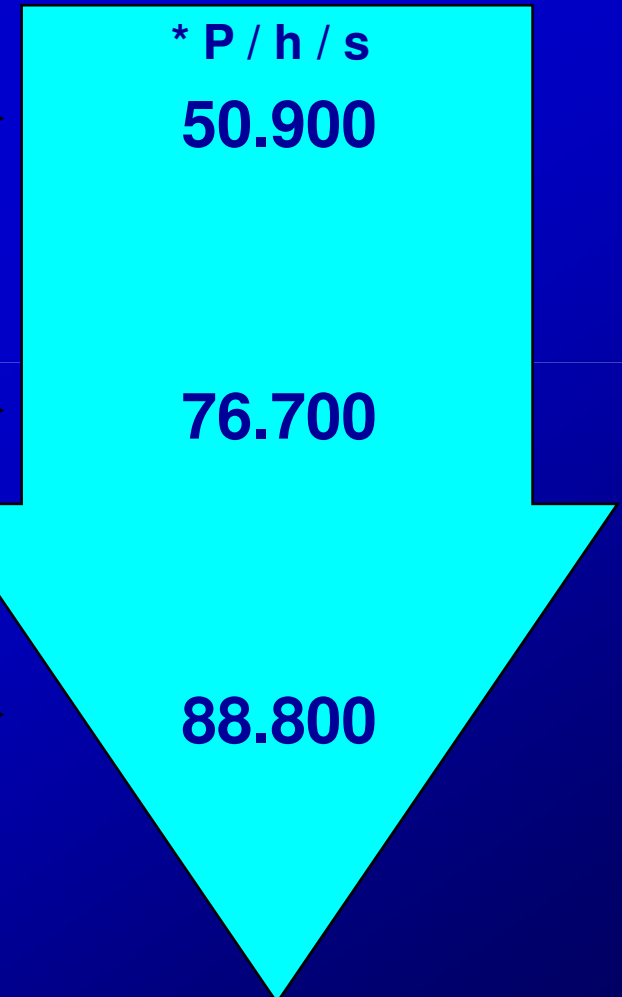
- Rc+M+M x 2 - **Gabarito Estreito**
- Capacidade 1.272 pas. / trem
- Headway 90 seg.



- Rc+M+M x 2 - **Gabarito Médio**
- Capacidade 1.918 pas. / trem
- Headway 90 seg.



- Rc+M+M x 2 - **Gabarito Largo**
- Capacidade 2.222 pas. / trem
- Headway 90 seg.



\* Passageiros / hora / sentido

# VLTs TIPO CITADIS 30 E 40 STS

## Capacidade de transporte com headway 90s

- VLT Tipo 30 STS



- Capacidade 270 pas. / unidade
- Headway 90 seg.

- 2 VLTs Tipo 30 STS



- Capacidade 540 pas. / unidade
- Headway 90 seg.

- VLT Tipo 40 STS

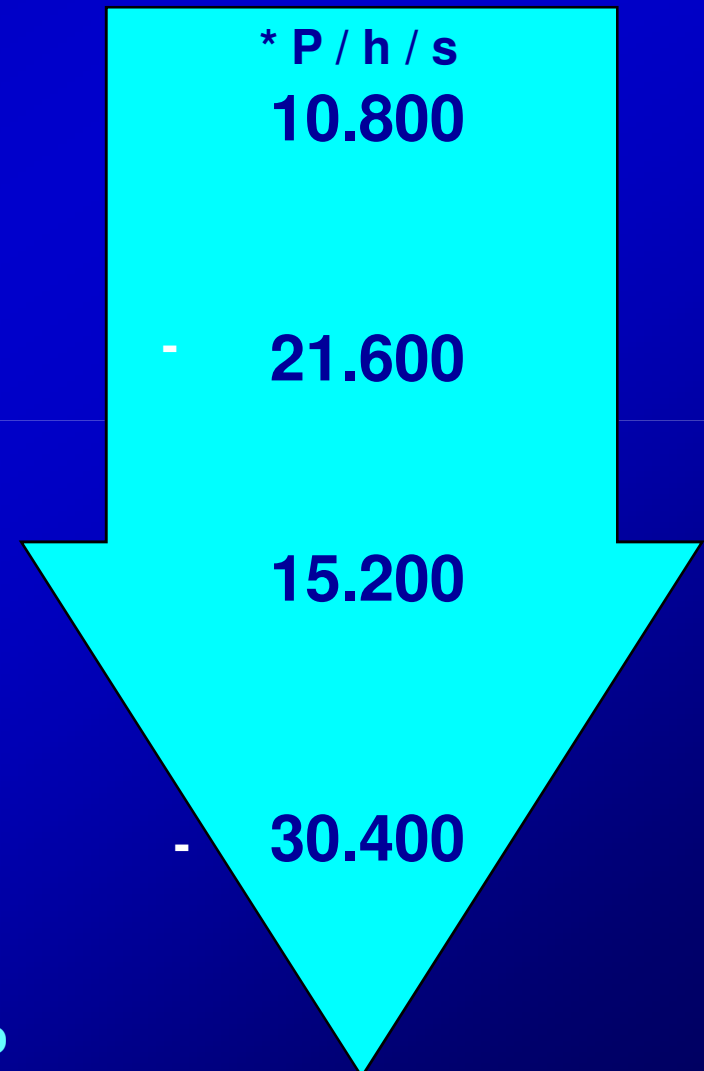


- Capacidade 380 pas. / unidade
- Headway 90 seg.

- 2 VLT Tipo 40 STS



- Capacidade 760 pas. / unidade
- Headway 90 seg.



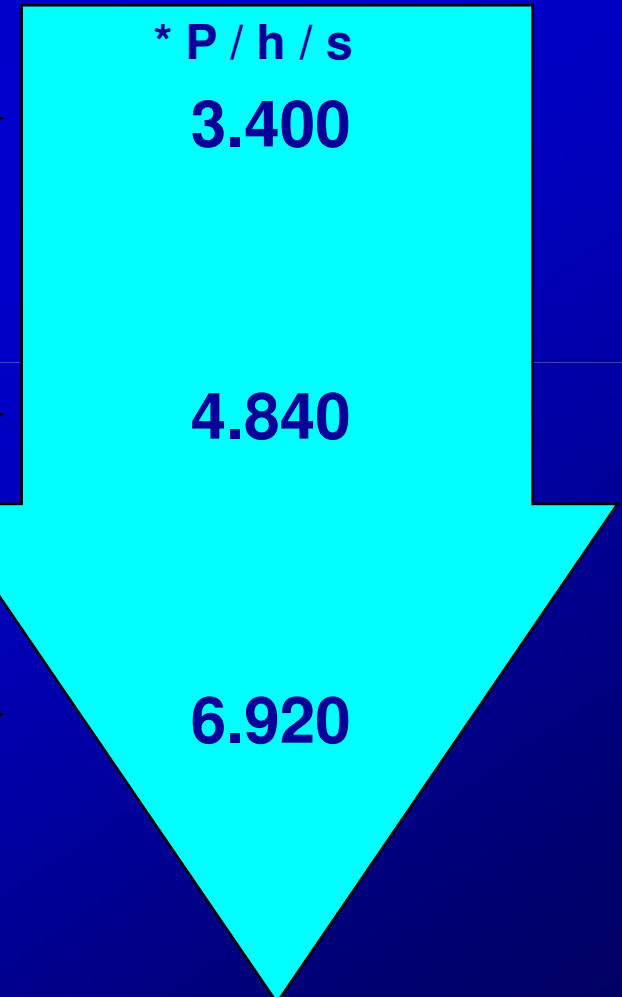
\* Passageiros / hora / sentido



# ÔNIBUS TIPO PADRON

## Capacidade de transporte com headway 90s

- Tipo Padron - De 2 Eixos
  - Capacidade 85 pas./unidade
  - Headway 90 seg.
- Tipo Padron - Articulado
  - Capacidade 121 pas./unidade
  - Headway 90 seg.
- Tipo Padron - Bi-Articulado
  - Capacidade 173 pas./unidade
  - Headway 90 seg.

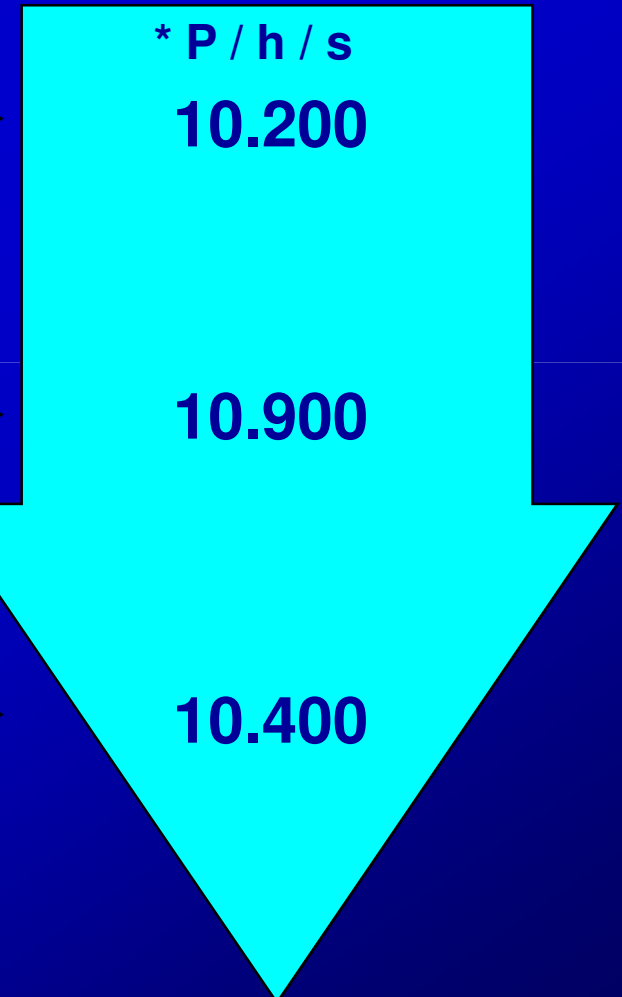


\* Passageiros / hora / sentido

# ÔNIBUS TIPO PADRON

Para permitir o transporte ~ 10.000 P/h/s

- Tipo Padron - De 2 Eixos
  - Capacidade 85 pas./unidade
  - Headway 30 seg.
- Tipo Padron - Articulado
  - Capacidade 121 pas./unidade
  - Headway 40 seg.
- Tipo Padron - Bi-Articulado
  - Capacidade 173 pas./unidade
  - Headway 60 seg.



\* Passageiros / hora / sentido

# COMPARAÇÃO DOS DIFERENTES MODOS

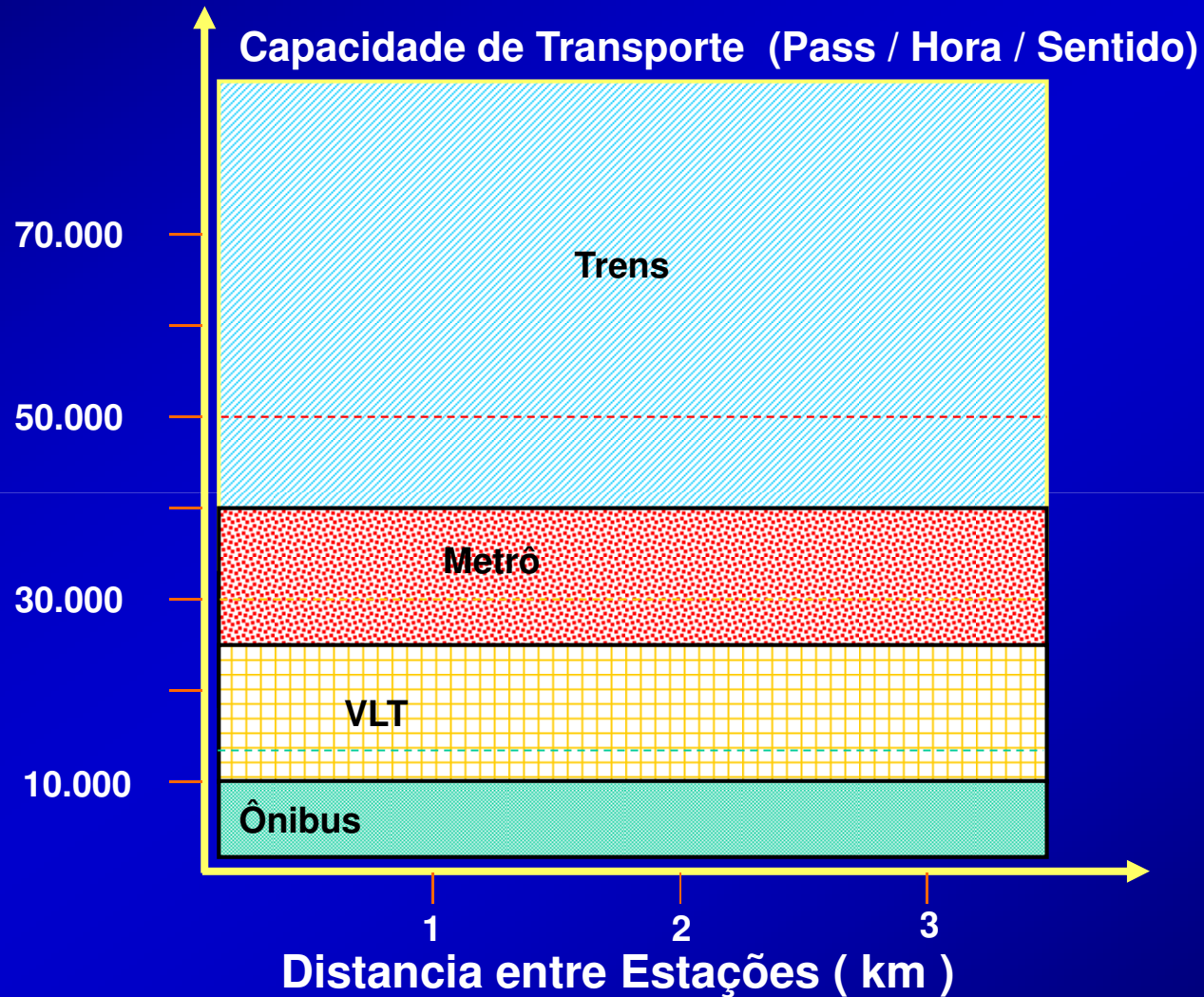
MODO	TIPO	COMPOSIÇÃO (nº de Carros)	HEADWAY (seg)	PASS. (m2)	TOTAL P/h/s
TREM	Gabarito Estreito	6	120	6	30.500
	Gabarito Médio	6	120	6	45.200
	Gabarito Largo	6	120	6	52.100
	30 STS	1	120	6	8.100
VLT	2 x 30 STS	2	90	6	21.600
	40 STS	1	120	6	11.400
	2 x 40 STS	2	90	6	30.400
	Padron 2 Eixos	1	120	6	2.550
ÔNIBUS	Padron 2 Eixos	1	30	6	10.200
	Padron Articulado	1	120	6	3.650
	Padron Articulado	1	40	6	10.900
	Padron Bi-Articulado	1	120	6	5.200
	Padron Bi-Articulado	1	60	6	10.400

# COMPARAÇÃO DOS DIFERENTES MODOS

## Conclusões sobre os máximos desempenhos factíveis

- ↖ Trem Gabarito Largo x Ônibus Bi-articulado =  $52.100 : 5.200 = 10,02$   
- apenas 1 trem = 10 ônibus bi-articulados
- ↖ VLT (2 x 40 STS) x Ônibus Bi-articulados =  $30.400 : 5.200 = 5,8$   
- apenas 1 VLT = aprox. 6 ônibus bi-articulados

# COMPARAÇÃO DOS DIFERENTES MODOS



Recomendações da UITP para cada Modo

# CORREDOR DE ÔNIBUS SEGREGADO (ex. Bogotá)

## Principais características

### Operacionais

- ↖ Capacidade do sistema
- ↖ 28.000 phs
- ↖ Headway: 96 seg.

### Via

- ↖ 2 faixas exclusivas em cada direção
  - *faixas + estações = 60m largura*
  - *Alto custo de desapropriação*
  - *Extensão 58km*

### Estações

- ↖ 76 estações locadas a cada 500m e 100m de extensão
- ↖ Plataformas: 30 cm de altura

# TRANSMILÊNIO - BOGOTÁ

## Vinculación de los estaciones tradicionales



Gerencia General



# CORREDOR DE ÔNIBUS SEGREGADO

## Principais características

### Ônibus

- ↖ Ônibus articulados para linhas troncais: 545
- ↖ Capacidade: 160 pas.
- ↖ Ônibus normais « alimentadores »: 274
- ↖ Capacidade: 80 pas.
- ↖ 380 Ônibus / h
- ↖ Porta « alta » 70 cm largura
- ↖ Entrada pela porta frontal para a compra do bilhete
- ↖ Saída pela porta traseira

### Plano de 15 anos

- ↖ 388 km
- ↖ 5 milhões pas./dia



# CORREDOR DE ÔNIBUS SEGREGADO

## Outras características

### Financiamento

- ↖ 20% sobre taxas de combustíveis
- ↖ Operadores privados

### Manutenção

- ↖ Manutenção da via reconstruída entre 3 e 5 anos
- ↖ Vida útil dos ônibus: 8,5 anos

### Outros

- ↖ Dificuldades em aumentar oferta transporte (HD = 96s.)
- ↖ Combustível fóssil caro e poluente
- ↖ Solução de curto prazo: substituições de 8 a 10 anos

# METRÔ

## Características

### Operacionais

#### ↖ **Via**

- *Segregada*
- *Uma faixa em cada direção*
- *Pode ser subterrânea*

#### ↖ **Estações**

- *Segregada, fácil de integrar*
- *Plataformas longas: boas para embarque/desembarque*

#### ↖ **Headway**

- *90 seg. (operador automático)*
- *2 min.*

# METRÔ

## Características

- ↖ **Alta velocidade: 80 km/h**
- ↖ **1000 pas. A 6 pessoas/m<sup>2</sup>**
- ↖ **Capacidade total:**
  - **88.000 phs (automático)**
  - **67.000 phs (2 min.)**
- ↖ **Capacidade pode ser aumentada**
- ↖ **Equipe: 1 pessoa/trem**

# METRÔ

## Outras características

### Manutenção

- ↖ **Via: 30 anos de vida útil**
- ↖ **Carros: mais de 30 anos**

### Outros

- ↖ **Solução duradoura: 100 anos (Paris)**
- ↖ **Solução « limpa » (energia elétrica)**
- ↖ **Mais econômico a longo prazo**
- ↖ **Custo do ciclo de vida**
- ↖ **Mais conforto para os passageiros**
  - *Segurança*
  - *Acessibilidade*
  - *Integração*
  - *Informação ao passageiro*
  - *Rapidez*

# COMPARAÇÃO DA CAPACIDADE DE TRANSPORTE

Com headway de 180 s.

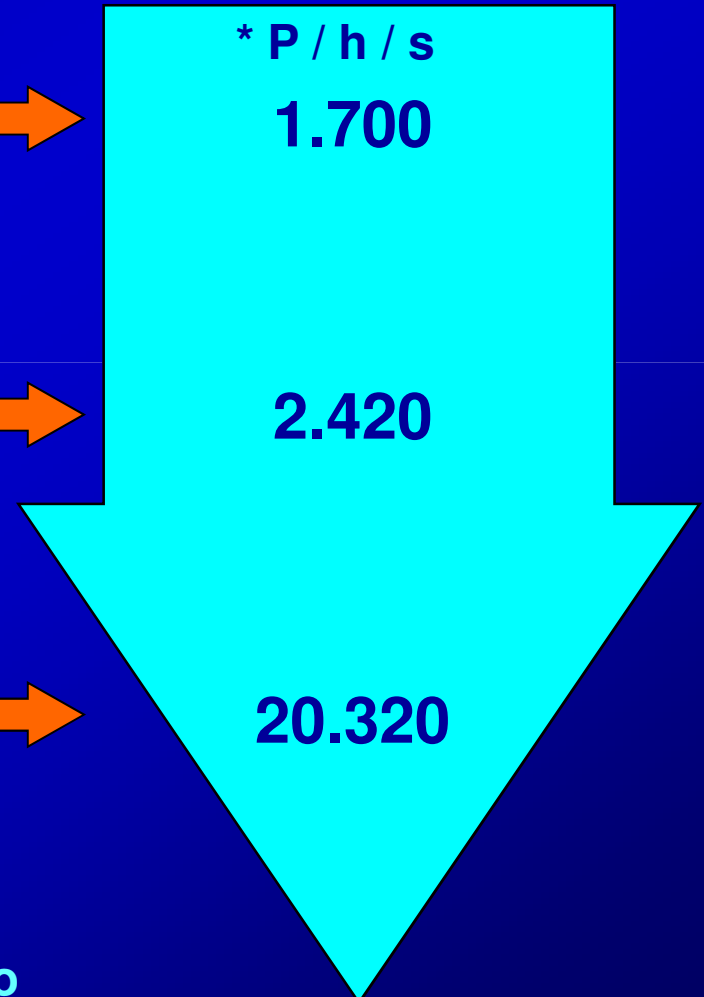
↖ Sistema ônibus articulados

↖ Metrô

# COMPARAÇÃO DA CAPACIDADE DE TRANSPORTE

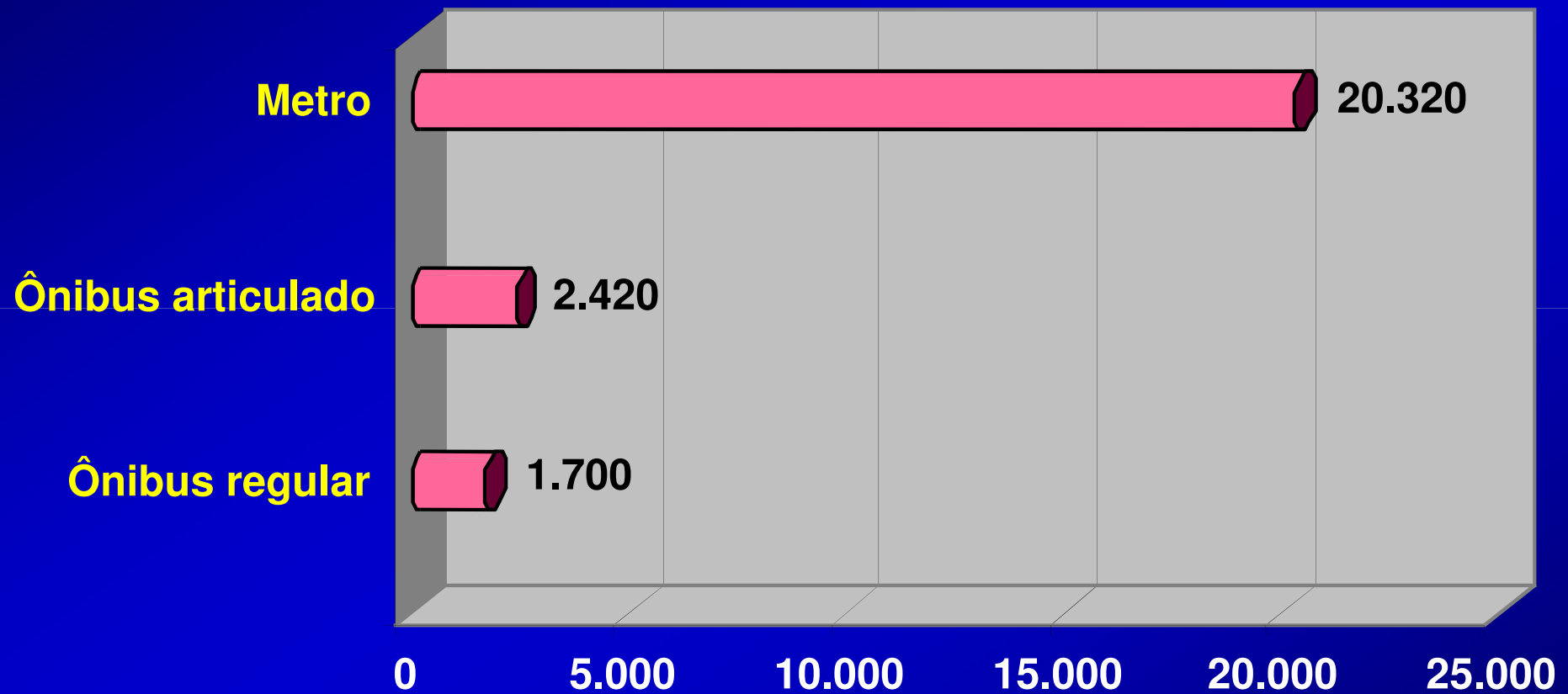
## Capacidade de transporte com headway 80s

- Ônibus - Regular
  - Capacidade 85 pas./unidade
- Ônibus - Articulado
  - Capacidade 140 pas./unidade
- Metrô (Rc+M+M x 2)
  - Capacidade 1.016 pas./unidade



\* Passageiros / hora / sentido

# CAPACIDADE DE TRANSPORTE



# COMPARAÇÃO DA CAPACIDADE DE TRANSPORTE

## Possibilidades de melhorias

- ↖ Menor headway
- ↖ Aumentar pas./m<sup>2</sup>
- ↖ Aumentar n. de carros

## Ônibus

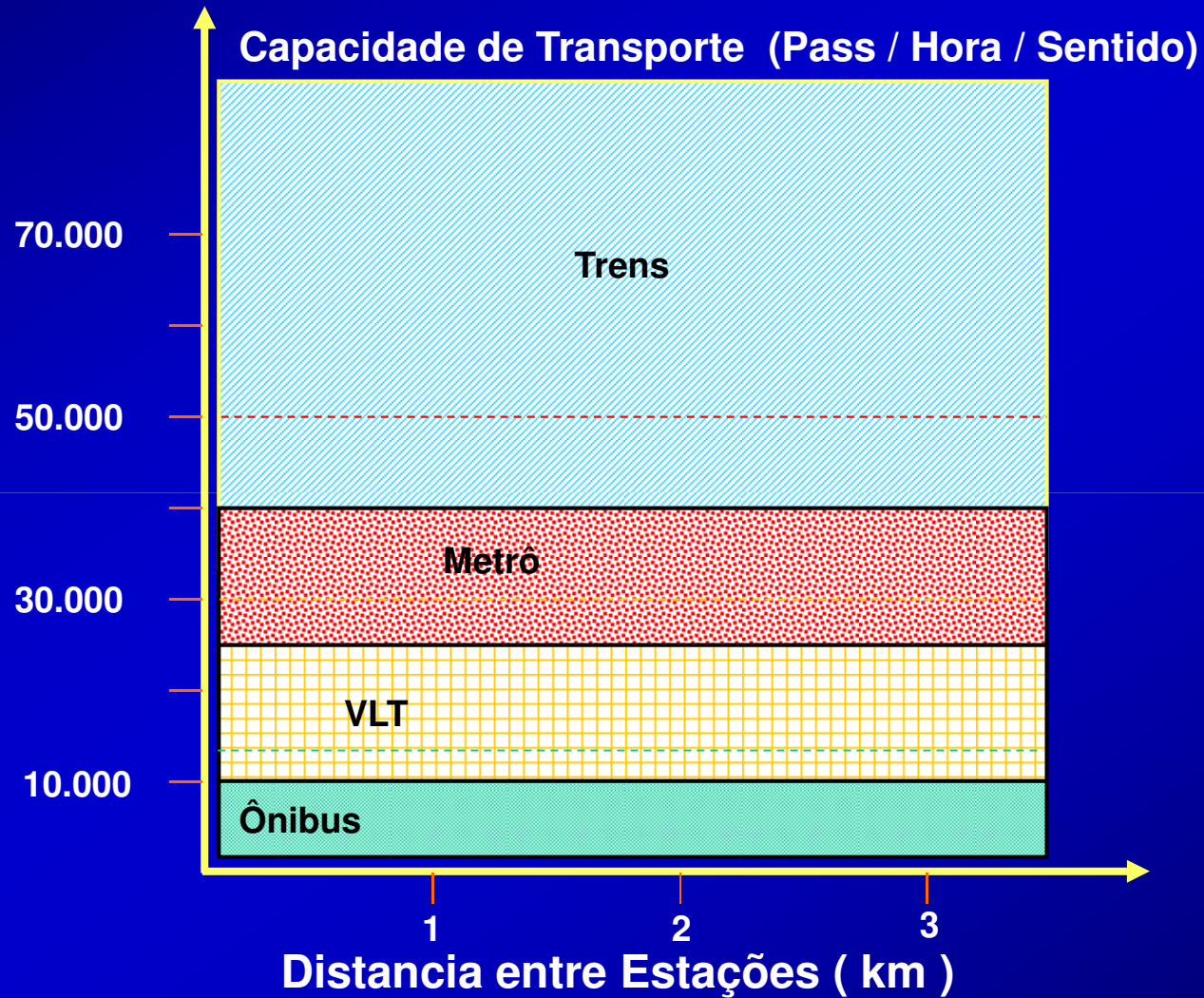
- ↖ Redução de headway
  - *Tempo de freagem e aceleração*
  - *Restrições n. de portas*
  - *Redução de velocidade devido a cruzamentos etc*
  - *Disponibilidade (MTBF)*

## Linhas duplas

- ↖ Restrições
  - *Custo de desapropriação*
  - *Necessidade de grandes áreas*



# COMPARAÇÃO DOS DIFERENTES MODOS



Recomendações da UITP para cada Modo

# COMPARAÇÃO DE CUSTOS

**Baseada em vida útil de 30 anos**

↖ **ônibus articulados**

↖ **Metrô**

# COMPARAÇÃO DE CUSTOS

## Material Rodante

DESCRIÇÃO	METRÔ	ÔNIBUS ARTICULADO
<b>Material rodante</b>	<b>Metrópolis</b>	<b>Volvo diesel</b>
Velocidade (km / h)	40	25,7
km / ano / carro	150.000	60.000
Passageiros (6 pas. / m <sup>2</sup> )	670	160
Largura do carro	53	18
<b>Consumo de energia</b>		
Eletricidade (Kwh / km)	7,5	
Diesel (litro / km)		0,55
Vida útil (ano)	30	10
Custo carro (M US\$)	4,9	0,3
<b>Sistema</b>		
Extensão corredor	21	21
N. de carros	30	250
<b>Equivalência</b>	<b>8,3 ônibus</b>	<b>1 ônibus</b>

# COMPARAÇÃO DE CUSTOS

## Material Rodante

	METRÔ		ÔNIBUS ARTICULADO	
	Quantidade	(MUS\$)	Quantidade	(MUS\$)
<b>1ª Fase</b>	30	168	250	75
<b>Substituição 10 anos (80%)</b>	0	0	200	60
<b>Substituição 20 anos (90%)</b>	0	0	225	68
<b>Total MR</b>	<b>30</b>	<b>168</b>	<b>675</b>	<b>203</b>

# COMPARAÇÃO DE CUSTOS

## Operação e Manutenção

	METRÔ		ÔNIBUS ARTICULADO	
	Custo anual	Custo total	Custo anual	Custo total
Operação e manutenção	7,84	235,2	31,3	939
<b>Total</b>	<b>7,84</b>	<b>235,2</b>	<b>31,3</b>	<b>939</b>

# RESUMO COMPARAÇÃO DE CUSTOS

	METRÔ		ÔNIBUS ARTICULADO	
	Custo / km	Custo total (MUS\$)	Custo / km	Custo total (MUS\$)
Infraestrutura	24,5	514,5	7,5	157,5
<b>Material rodante</b>				
Fase 1	30	168	250	75
Substituição 10 anos (80%)	0	0	200	60
Substituição 20 anos (90%)	0	0	225	68
<b>Total Material rodante</b>	<b>30</b>	<b>168</b>	<b>675</b>	<b>203</b>
Operação e manutenção	7,84	235,2	31,3	939
<b>Total</b>		<b>917,7</b>		<b>1299,5</b>

# RESUMO

## CUSTO A LONGO PRAZO (30 ANOS)

