



Melhorias no Sistema de Sinalização da Linha 3 – Vermelha visando:

Aumentar a velocidade média dos trens em dias de chuva e Reduzir o consumo de energia elétrica de tração

Autores:

Carlos A. de Freitas Timóteo

Edivaldo W. Martins

Fábio Tadeu Alves





Dados Operacionais da linha 3 – Vermelha



AEAMESP

2007

13ª

13ª

13ª

13ª

13ª

13ª

13ª

13ª

13ª

13ª

13ª

13ª

13ª

13ª

13ª

13ª

13ª

13ª

13ª

13ª

13ª

13ª

Extensão da Linha 3 - Vermelha

21,2 km, sendo 16 km em superfície/elevado

Passageiros Transportados/dia útil

1,2 milhões de passageiros

Intervalo entre Trens - “Headway”

Pico da Manhã – 109 segundos

Pico da Tarde – 112 segundos

Tempo Médio de Viagem

Pico da Manhã – 38 minutos

Pico da Tarde – 36 minutos



13ª



Dados Operacionais do Sistema em Dias de Chuva



Intervalo entre Trens - “Headway”

Pico da Manhã – de 109 s $\Rightarrow$ 124 s, aumento médio de 15 s

- Pico da Tarde – de 112 s $\Rightarrow$ 122 s, aumento médio de 10 s

Tempo Médio de Viagem

- Pico da Manhã – de 38 min $\Rightarrow$ 48 min, aumento médio de 10 min

- Pico da Tarde – de 36 min $\Rightarrow$ 39 min, aumento médio de 3 min





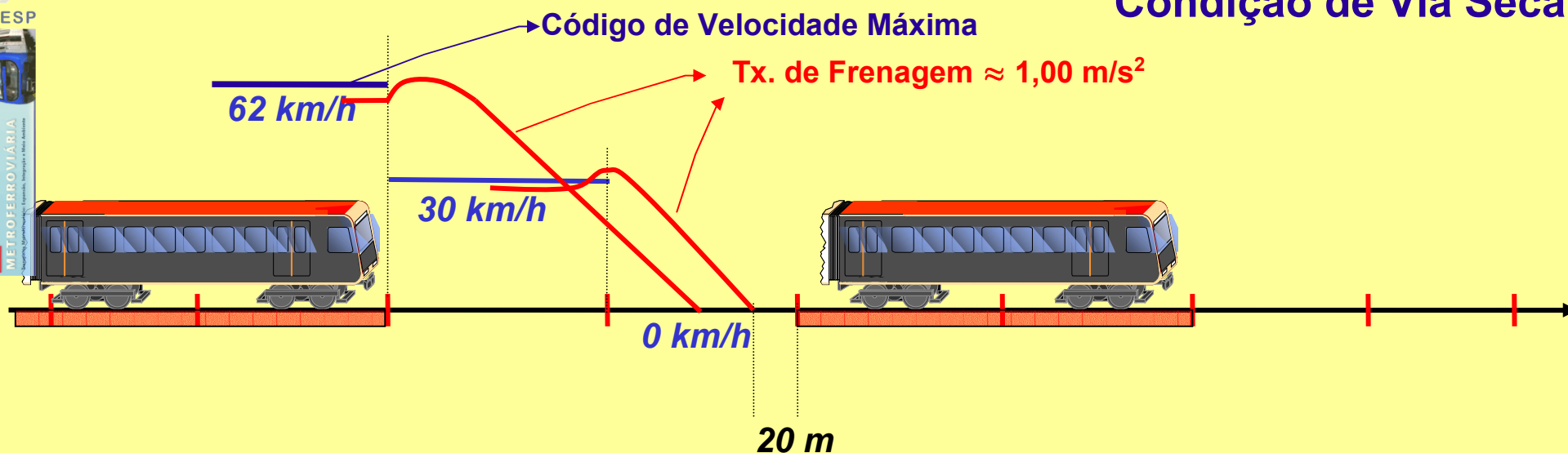
Aumentar a Velocidade Média dos Trens em Dias de Chuva



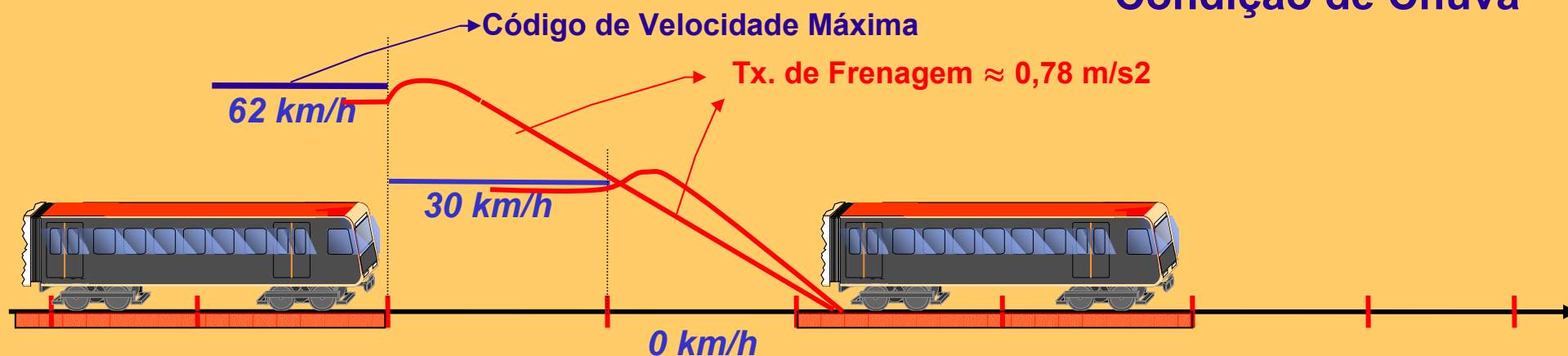
Perfil de Parada Segura



Condição de Via Seca



Condição de Chuva





Características de Desempenho em Dias de Chuva



Devido a redução do coeficiente de aderência roda - trilho sob condições de chuva, as seguintes restrições são aplicadas ao sistema:

- Velocidade é reduzida em aproximadamente 71% do valor Máximo da velocidade de via
- Taxa de Aceleração é reduzida de $1,12 \text{ m/s}^2$ para $0,80 \text{ m/s}^2$
- Taxa de Frenagem é reduzida de $1,092 \text{ m/s}^2$ para $0,78 \text{ m/s}^2$

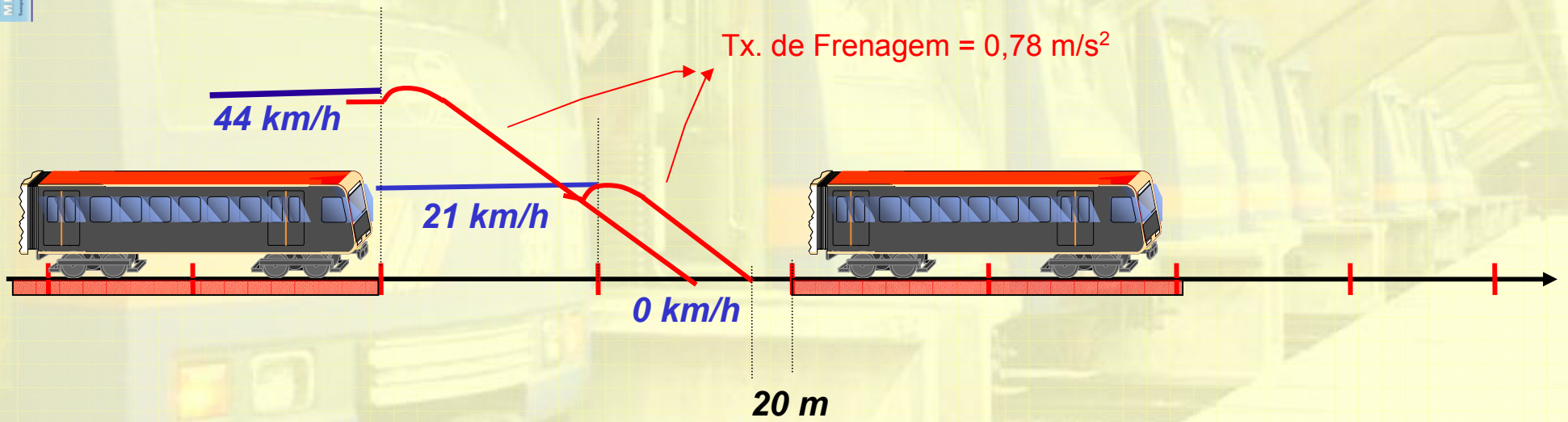




Perfil de Parada Segura



Condições de Chuva



Estudo de Melhoria de Desempenho



AEAMESP



Foram avaliados:

- Perfis de Velocidade utilizados no Sistema
- Perfis de Ocupação
- Níveis de Desempenho (ND) entre estações



Estudo de Melhoria de Desempenho



As premissas adotadas foram:

- Utilizar as **máximas velocidades** permitidas pelo traçado da Via Permanente
- Utilizar **perfis contínuos** de velocidade em situações de via seca e com chuva
- Utilizar níveis de desempenho entre estações com a **máxima aceleração** e a **menor velocidade**

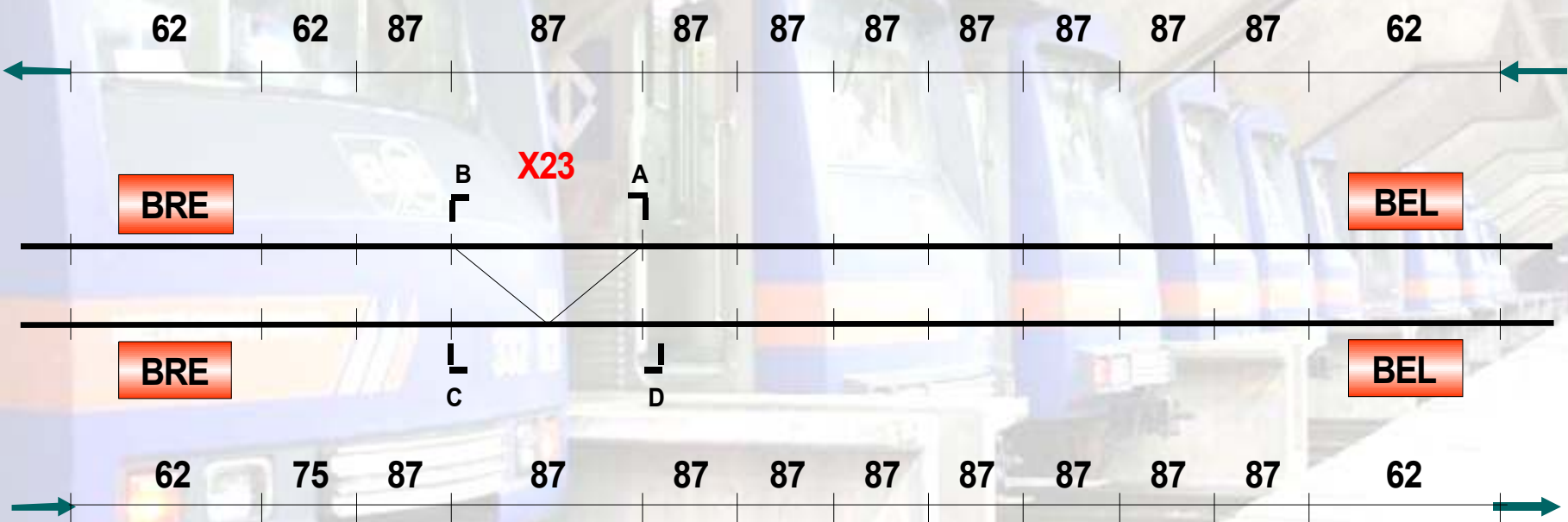




Perfil de Velocidade Antes da Modificação



Trecho Bresser – Belém



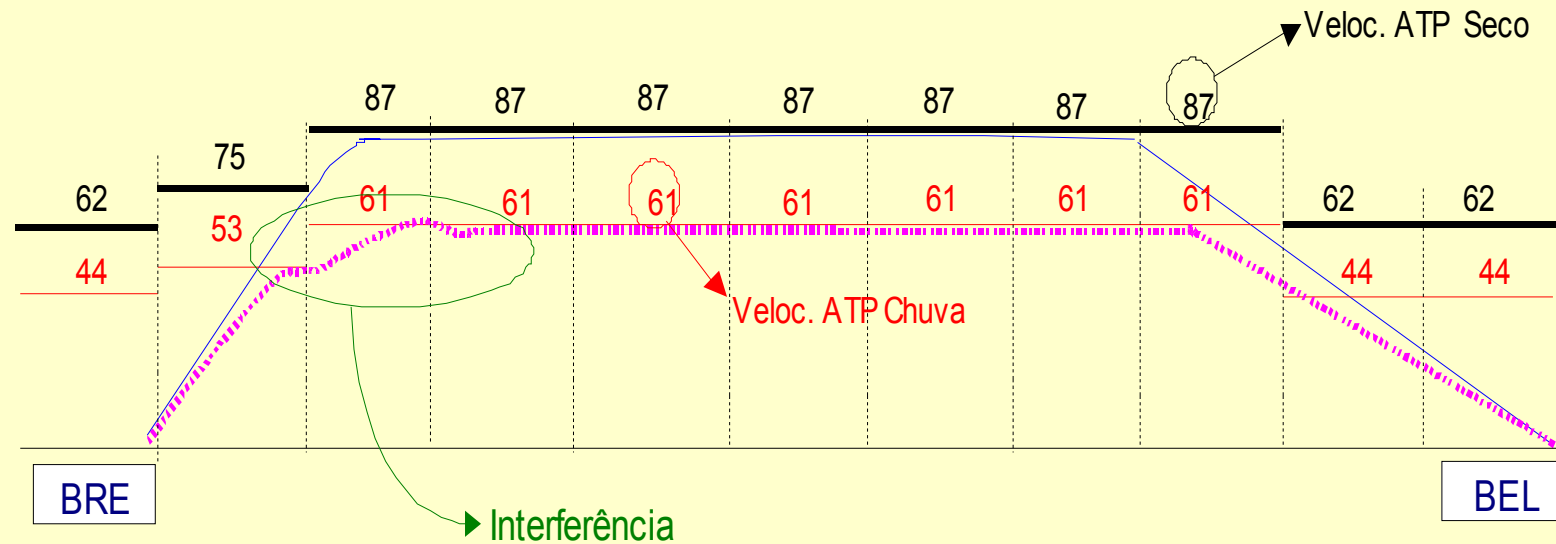
Limite Civil de Velocidade – 100 km/h



Perfil de Velocidade Original



Perfis de Velocidade entre Bresser e Belém

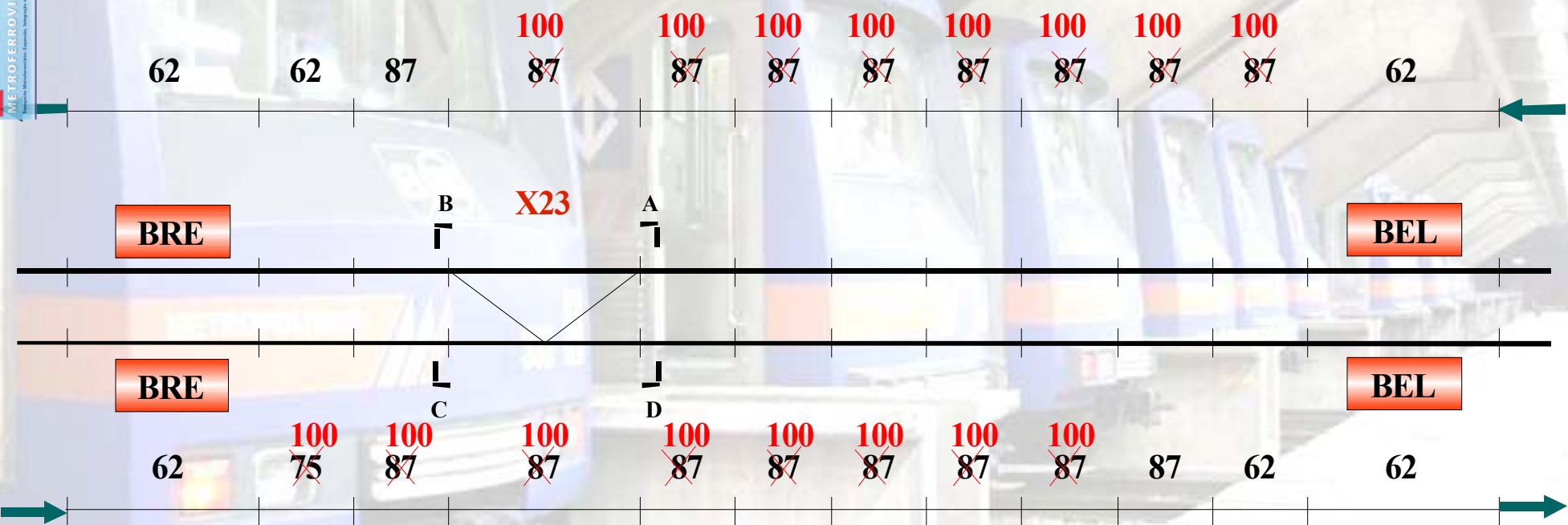




Perfil de Velocidade Após a Modificação

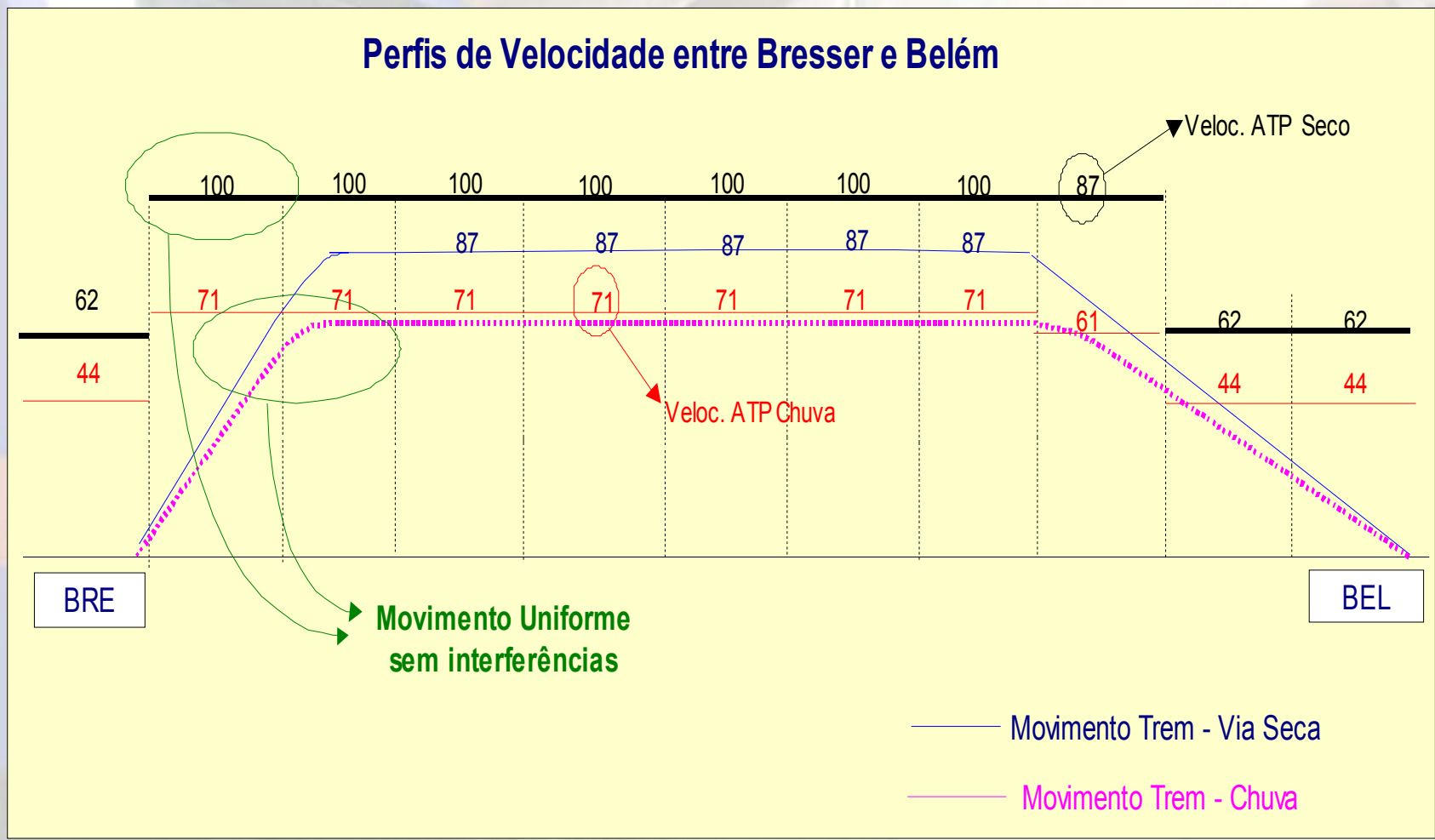


Trecho Bresser – Belém





Perfil de Velocidade Modificado





Reduzir o Consumo de Energia Elétrica de Tração





Controle de Nível de Desempenho entre Estações



Taxa de Aceleração

00 = 0,55 m/s²
01 = 0,75 m/s²
10 = 1,11 m/s²
11 = Power limit



1	0	1	0	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

Taxa de Parada Programada

00 = 0,67 m/s²
01 = 0,75 m/s²
10 = 0,85 m/s²
11 = vago



Velocidade Limite

0000 = 47,5 km/h
0001 = 51,0 km/h
0010 = 54,5 km/h
0011 = 58,0 km/h
0100 = 61,5 km/h
0101 = 65,0 km/h
0110 = 68,5 km/h
0111 = 72,0 km/h

1000 = 75,5 km/h
1001 = 79,0 km/h
1010 = 82,5 km/h
1011 = 86,0 km/h
1100 = 89,5 km/h
1101 = 93,0 km/h
1110 = 96,5 km/h
1111 = 100 km/h

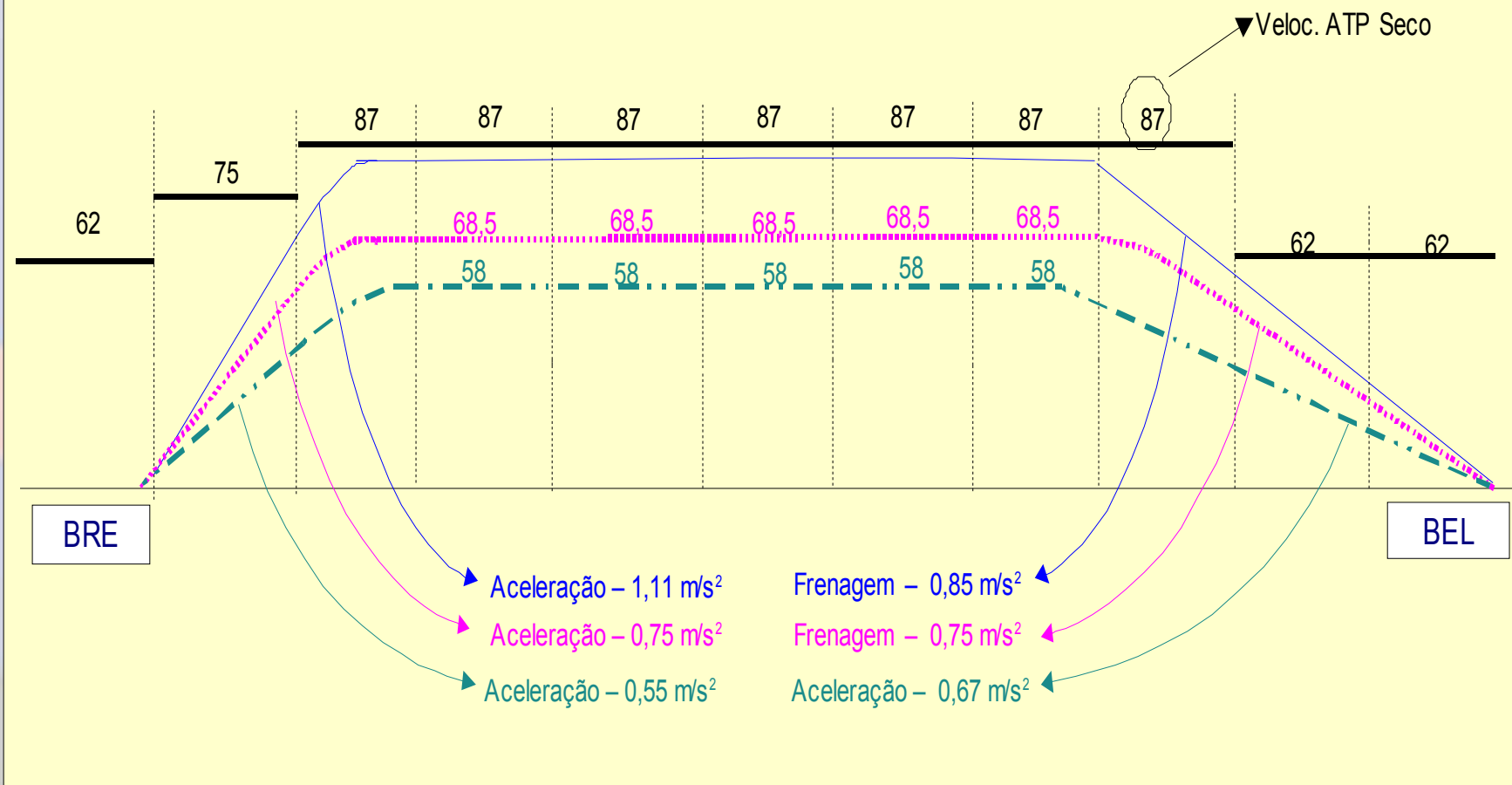




Combinações de Parâmetros do Nível de Desempenho



Exemplo de Controle de Nível de Desempenho





Combinações de Parâmetros do Nível de Desempenho



Tempo de Percurso com NDs diferentes

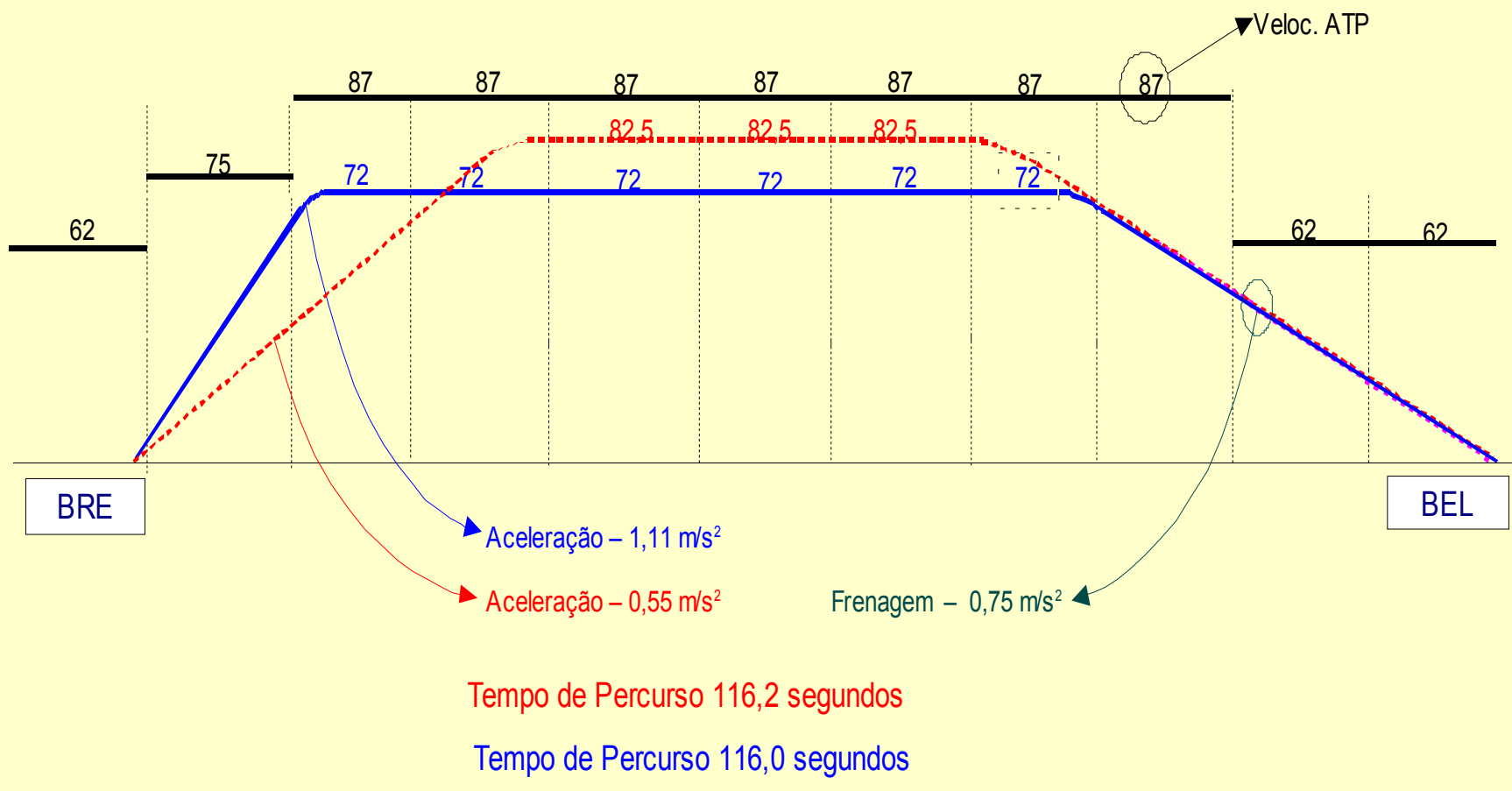




Gráfico do Consumo de Energia x Velocidade

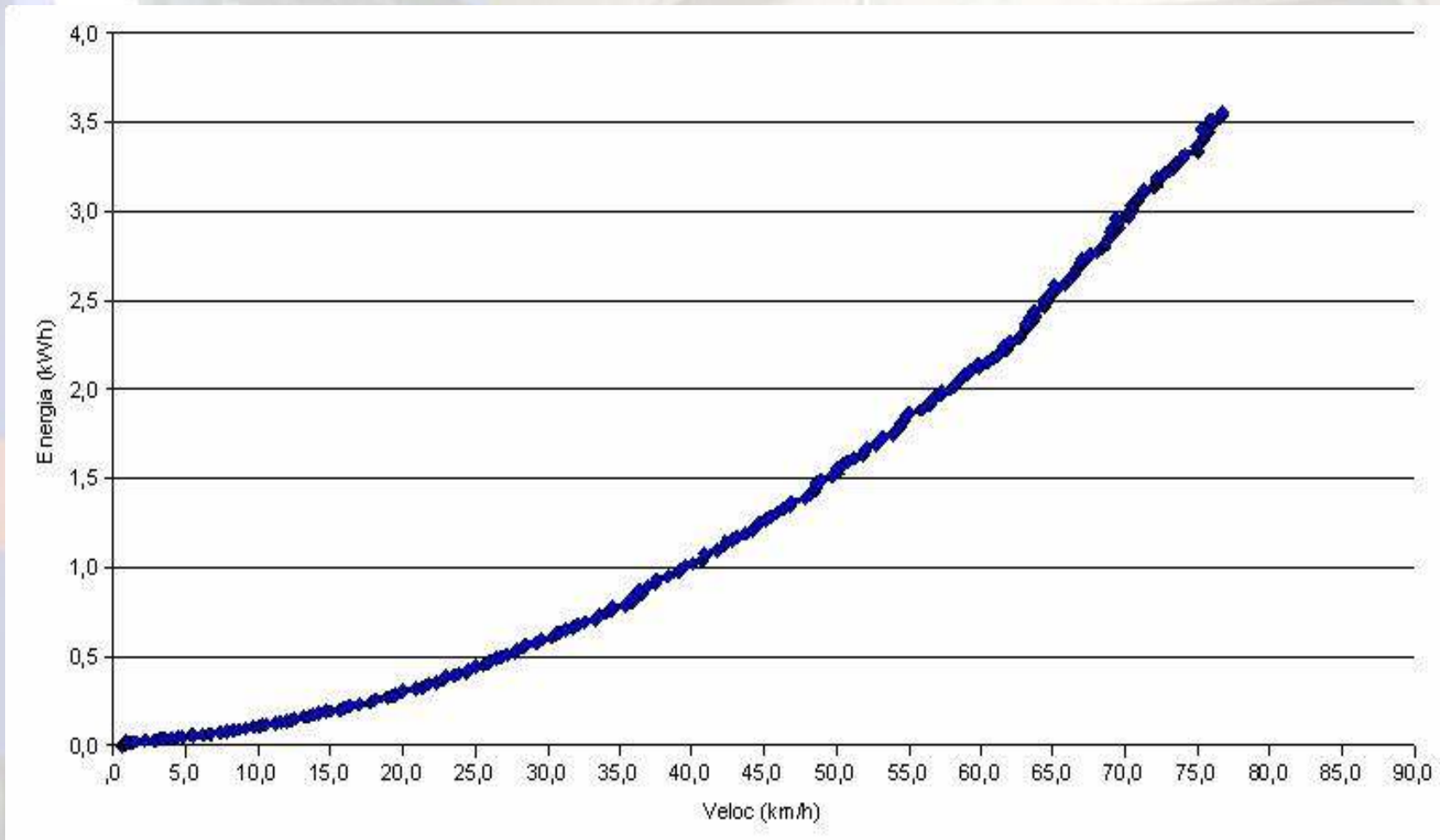
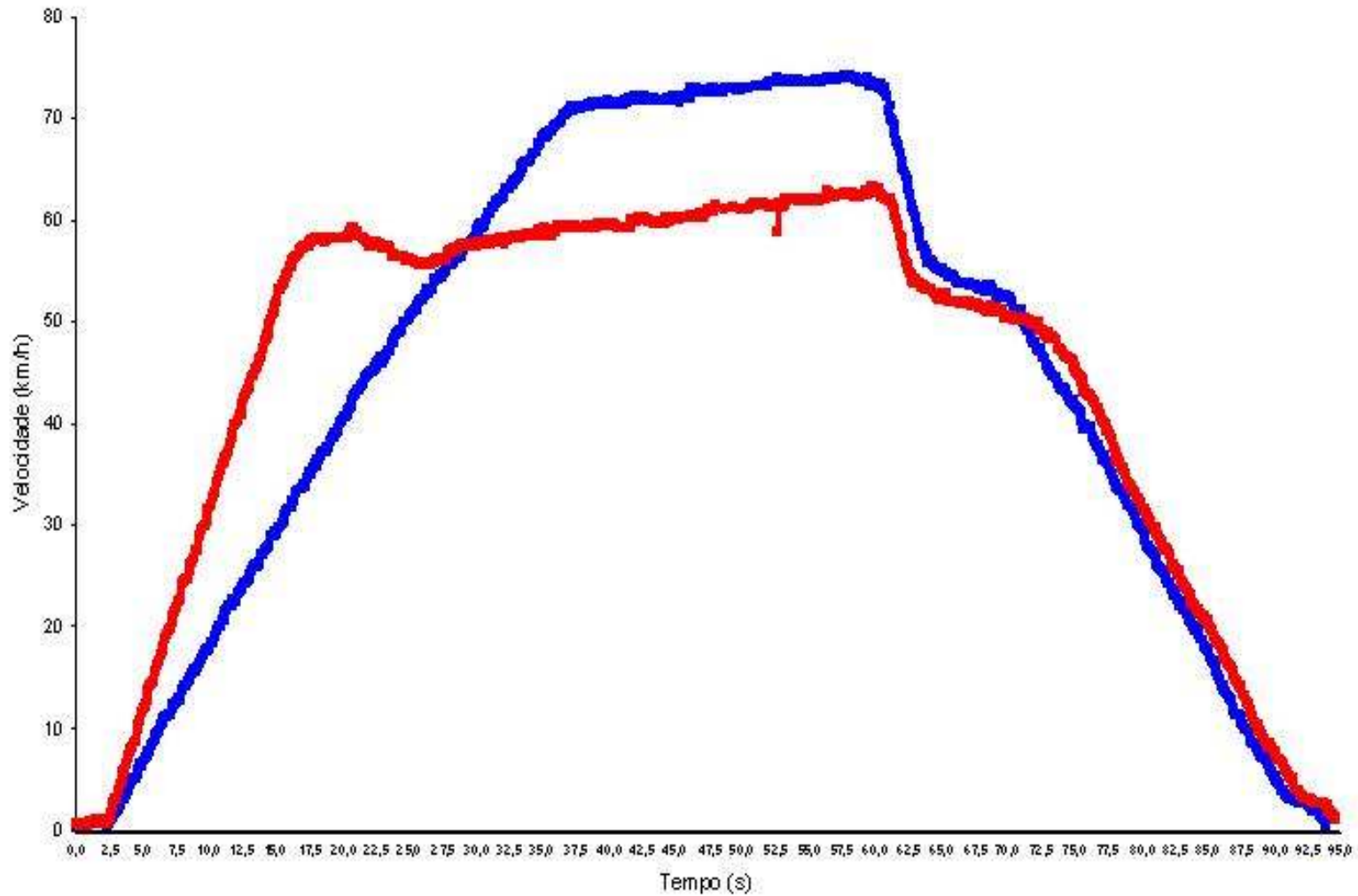




Gráfico do Consumo de Energia em função do ND

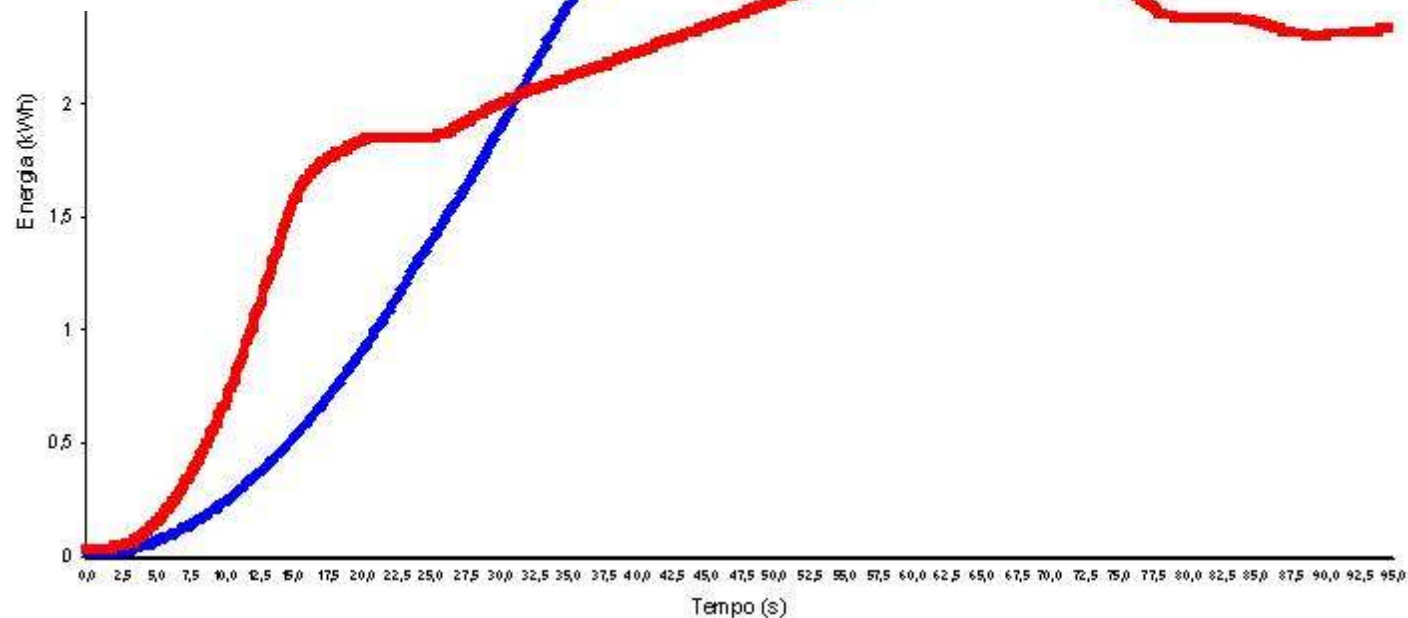
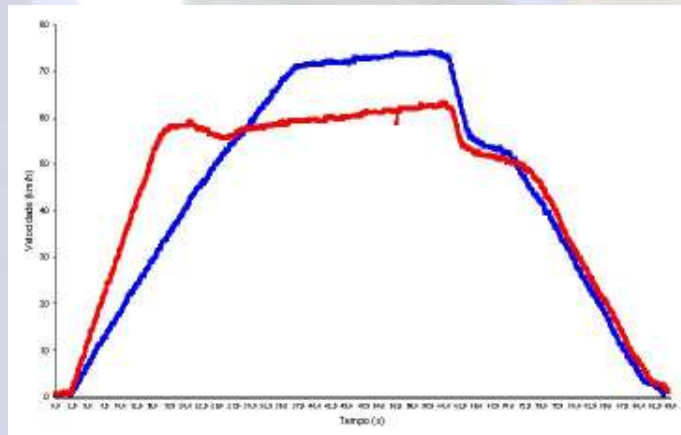


ND Velocidade Mais Baixa

ND Velocidade Mais Alta



Gráfico do Consumo de Energia em função do ND



ND Velocidade Mais Baixa

ND Velocidade Mais Alta





Resultados





Resultados Teóricos dos Tempos de Percurso



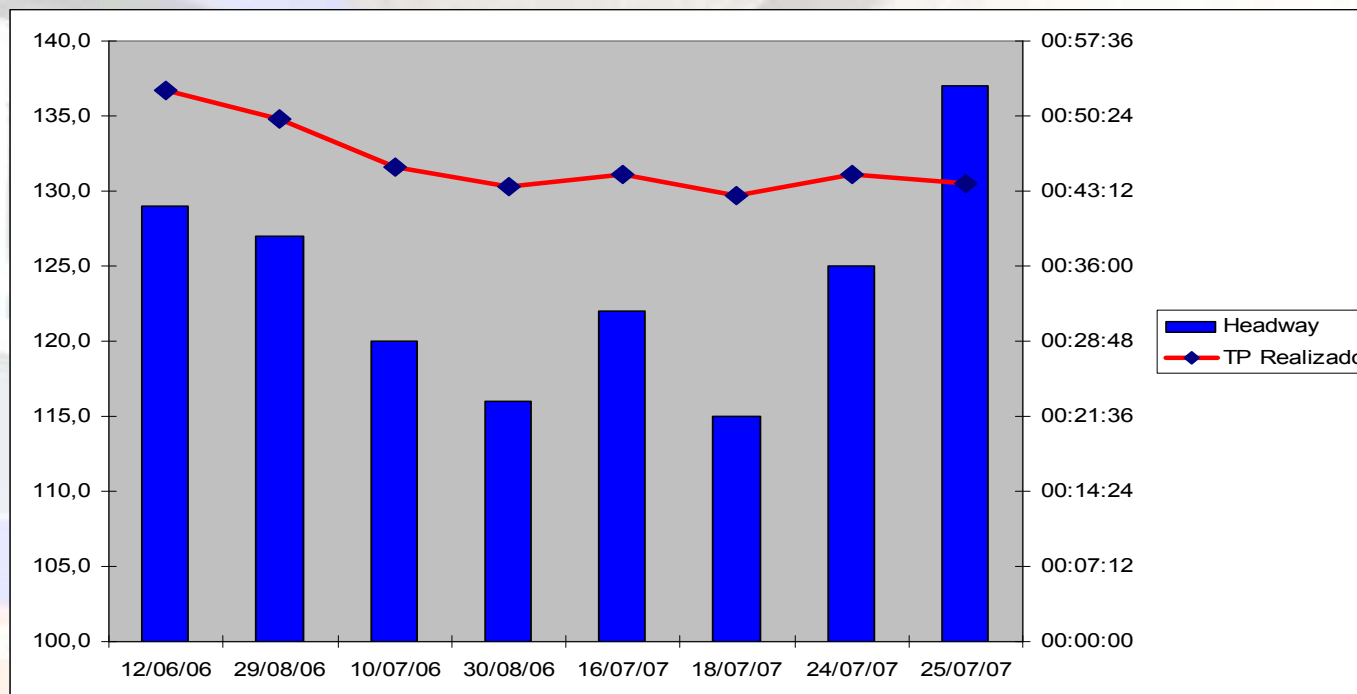
Trecho Via 1	Tempo (s)		
	Original	Modificado	Ganho
ITQ – ART	117,50	113,00	4,50
ART – PCA	168,00	162,00	6,00
PCA – VPA	s/ MOD	s/ MOD	0,00
VPA – VTD	111,50	110,00	1,50
VTD – PEN	103,50	95,50	8,00
PEN – CAR	s/ MOD	s/ MOD	0,00
CAR – TAT	101,50	95,50	6,00
TAT – BEL	106,50	104,50	2,00
BEL – BRE	135,00	125,00	10,00
BRE – BAS	77,00	75,50	1,50
BAS – PDS	86,50	83,00	3,50
PDS – PSE	70,00	68,00	2,00
PSE – GBU	s/ MOD	s/ MOD	0,00
TOTAL			45,00

Trecho Via 2	Tempo (s)		
	Original	Modificado	Ganho
GBU – PSE	70,50	68,50	2,00
PSE – PDS	s/ MOD	s/ MOD	0,00
PDS – BAS	83,00	81,00	2,00
BAS – BRE	76,50	72,50	4,00
BRE – BEL	137,00	127,50	9,50
BEL – TAT	105,00	104,50	0,50
TAT – CAR	102,00	93,50	8,50
CAR – PEN	151,50	150,00	1,50
PEN – VTD	96,00	92,00	4,00
VTD – VPA	s/ MOD	s/ MOD	0,00
VPA – PCA	125,00	123,00	2,00
PCA – ART	170,50	161,50	9,00
ART – ITQ	109,00	106,50	2,50
TOTAL			45,50

13ª



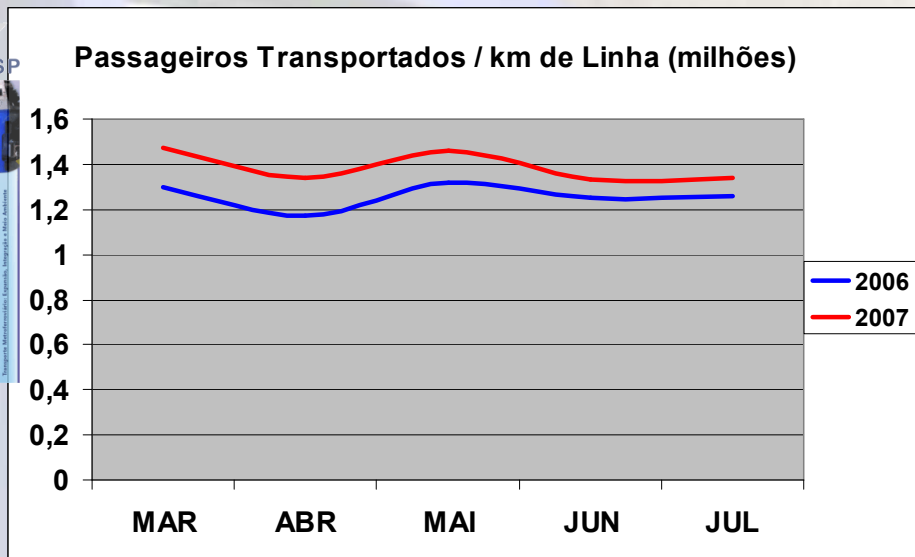
Dados Operacionais



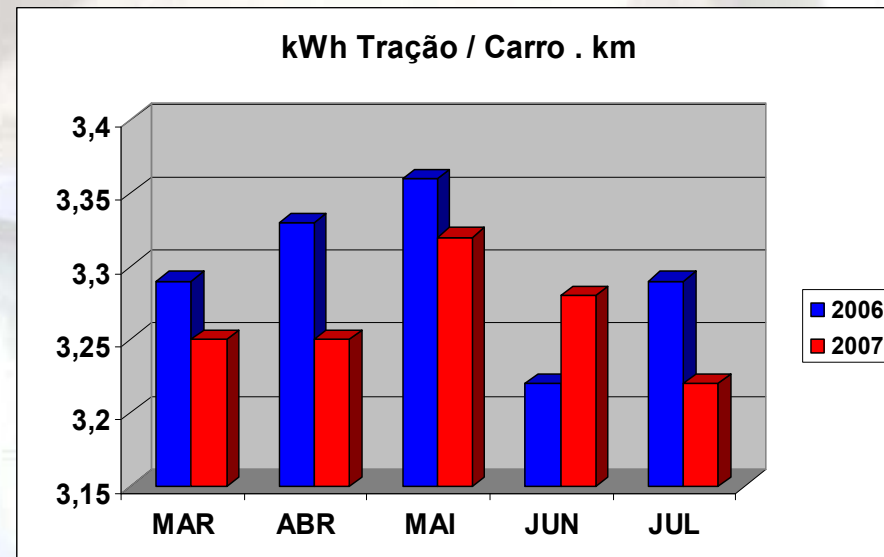
	12/06/06	29/08/06	10/07/06	30/08/06	16/07/07	18/07/07	24/07/07	25/07/07
HEADWAY	129,0	127,0	120,0	116,0	122,0	115,0	125,0	137,0
TP REALIZADO	00:52:54	00:50:04	00:45:29	00:43:41	00:44:50	00:42:48	00:44:46	00:43:56
MÉDIA	00:48:02				00:44:05			
DIFERENÇA	00:03:57							
GANHO	237 segundos							

2007

Dados Operacionais



Fonte: OPC/CTE



Fonte: OPC/CTE

		MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	%
Passageiros Transportados / km de Linha (milhões)	2006	1,3	1,17	1,32	1,25	1,26	6,35
	2007	1,47	1,34	1,46	1,33	1,34	
kWh Tração / Carro . km	2006	3,29	3,33	3,36	3,22	3,29	-1,03
	2007	3,25	3,25	3,32	3,28	3,22	

Fonte: OPC/CTE





AEAMESP



2007
13º CONMETROLOGIA
METROLOGIA
METROLOGIA

Bibliografia:

ESTUDO PARA A RACIONALIZAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA NOS TRENS DO METRÔ-SP, Adalberto de Paula Ramos, Edivaldo Wagner Martins e Miguel Yuji Igarashi, 2004.

DADOS OPERACIONAIS: GERÊNCIA DA OPERAÇÃO – RELATÓRIOS DO SISTEMA ESTATÍSTICO DA OPERAÇÃO





Fim

ctimoteo@metrosp.com.br
edivaldo@metrosp.com.br
falves@metrosp.com.br

