

# Operação Otimizada de Trens

*Elvânio Antônio Pereira Júnior*

*Eustáquio Alves de Andrade*

*Fábio Luis Maciel Machado*

## 21ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

# AEAMESP



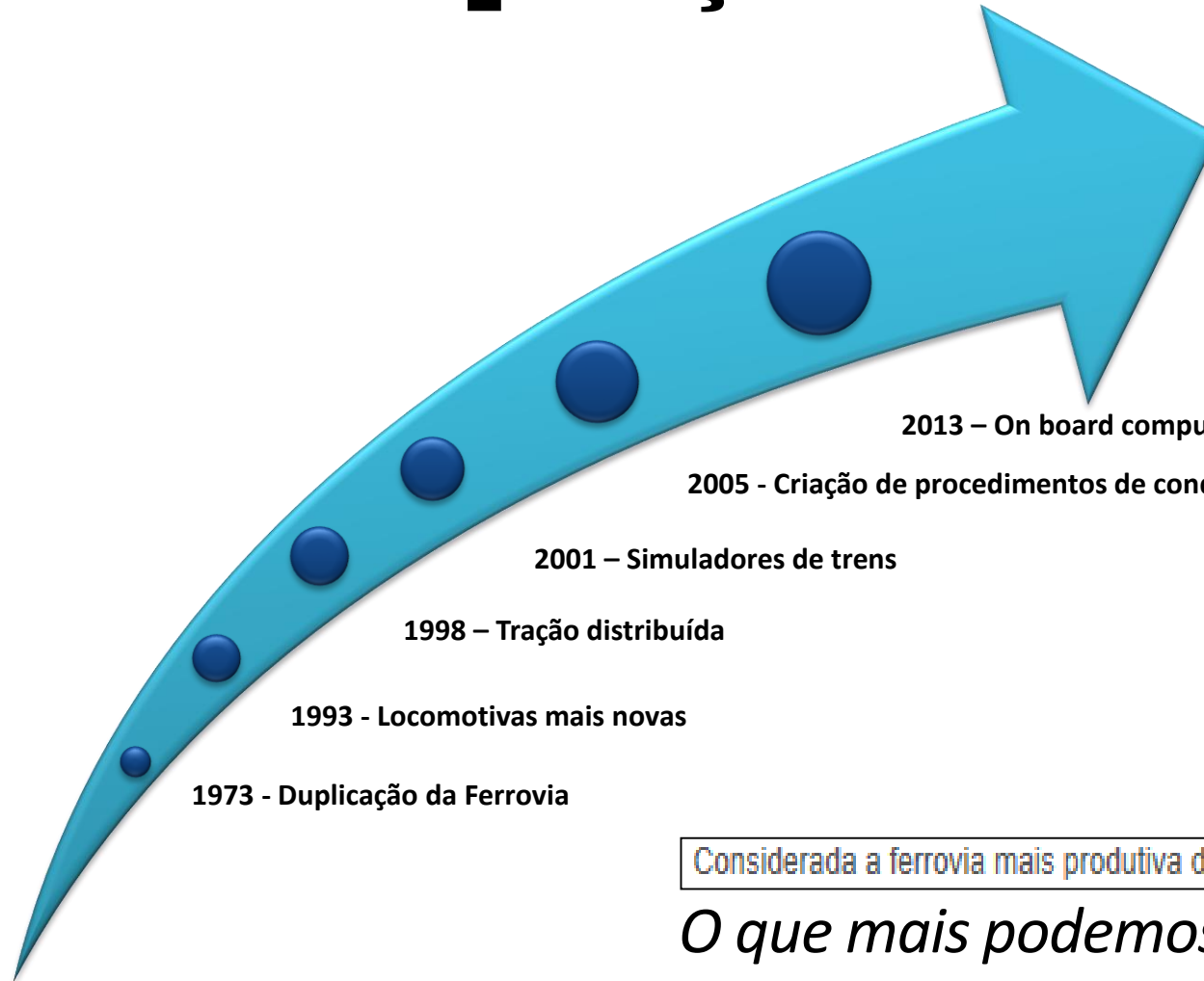
TRABALHO FINALISTA

# Introdução

- É possível melhorar ainda mais uma eficiência energética já enxuta?
- É possível melhorar uma operação de trens com 14 anos de refinamento em simuladores?
- É possível em um desdobramento do tempo, modificar uma operação de 10 minutos para apresentar economia de dezenas de litros de óleo combustível?



# Operação Otimizada



**2013 – On board computer (OBC)**

**2005 - Criação de procedimentos de condução de trens**

**2001 – Simuladores de trens**

**1998 – Tração distribuída**

**1993 - Locomotivas mais novas**

**1973 - Duplicação da Ferrovia**



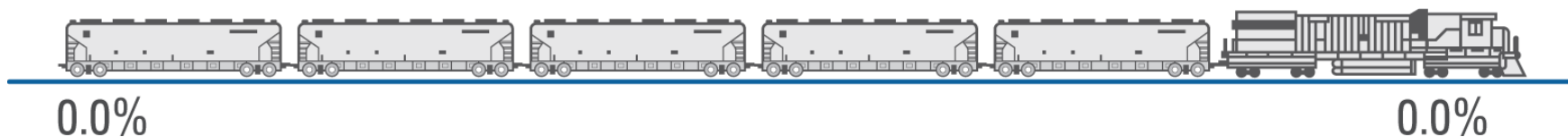
Considerada a ferrovia mais produtiva do Brasil e uma das mais modernas do mundo

*O que mais podemos fazer?!?*

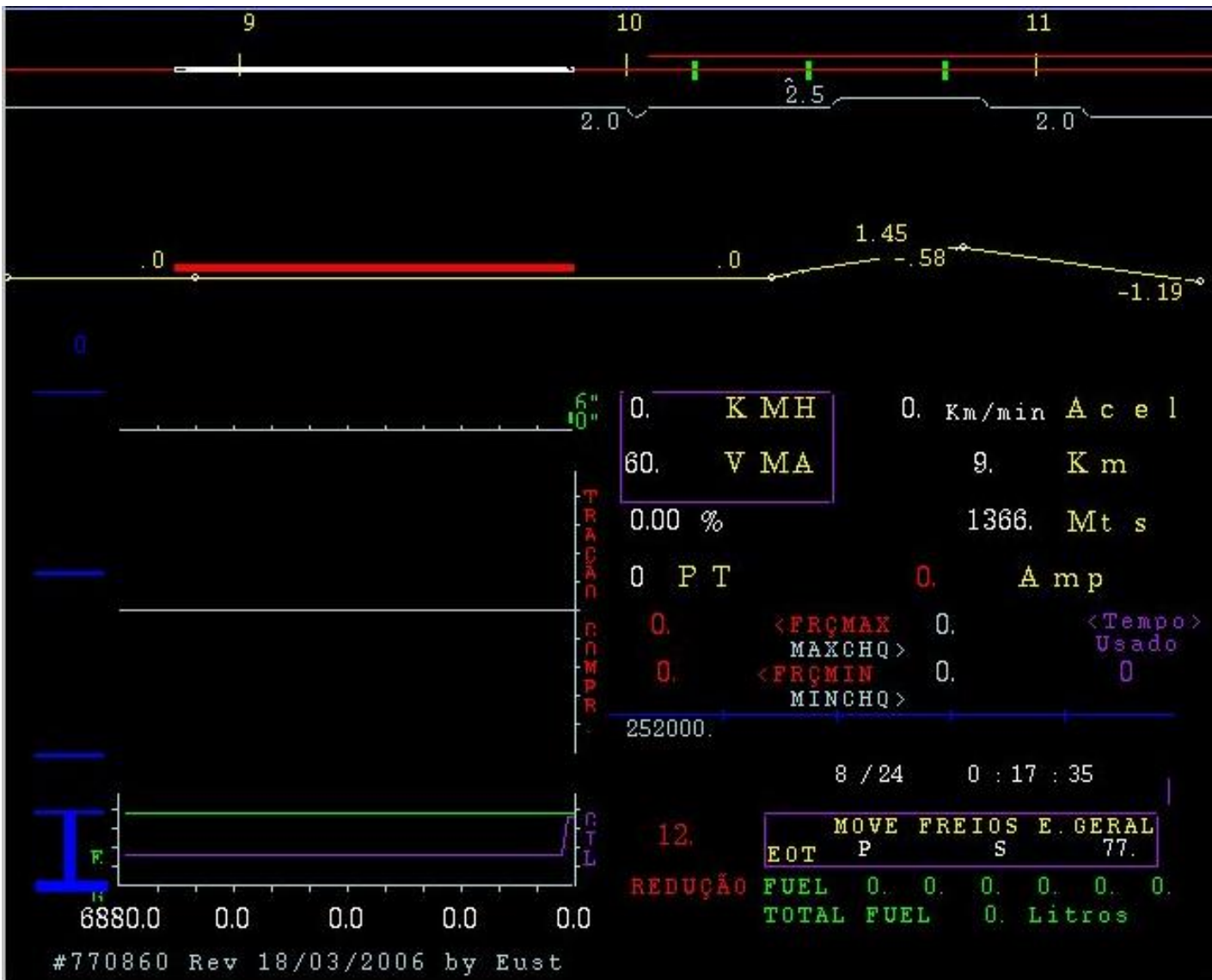
# Estratégias

Nas partidas

Condição de alívio dos freios

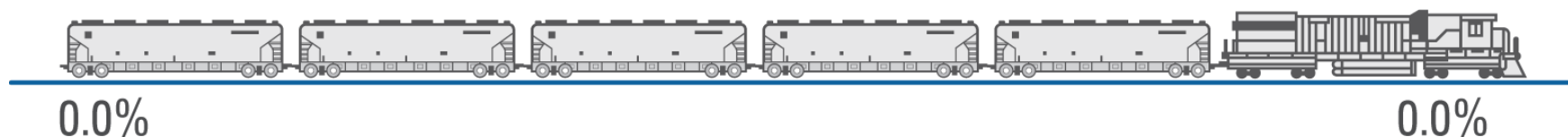


$\Delta = \approx 10$  litros



Incrementando  
velocidade

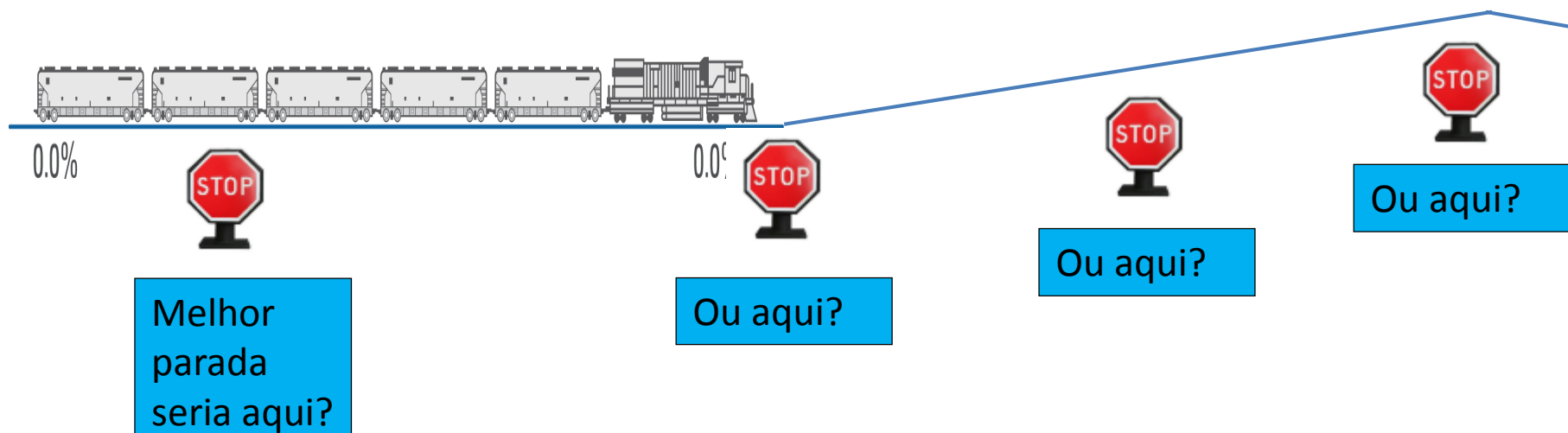
Administrando a aceleração  
crescente



$\Delta = \approx 6$  litros

Nas paradas

Melhor utilização da energia cinética



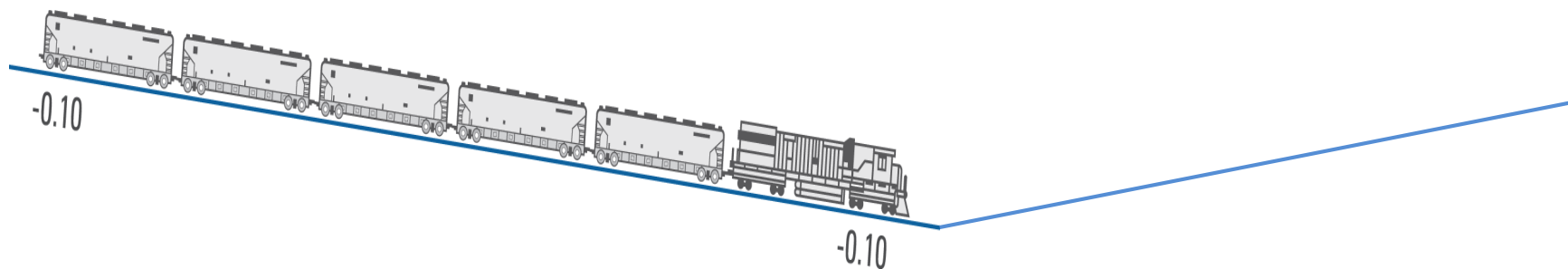
$\Delta = \approx 15$  litros





Nas paradas

Melhor utilização da energia potencial

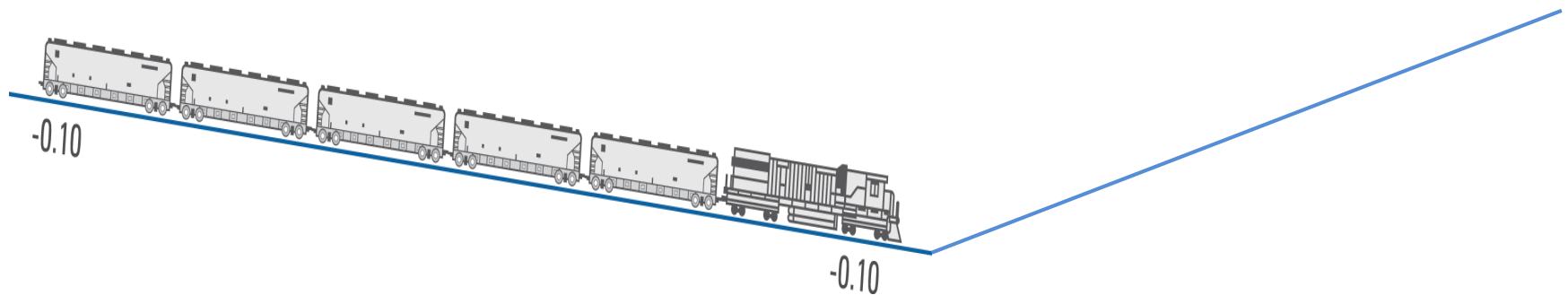


$\Delta = \approx 50$  litros



Nas inversões de  
perfil  
(balanceamento)

Administrando soltura de freio

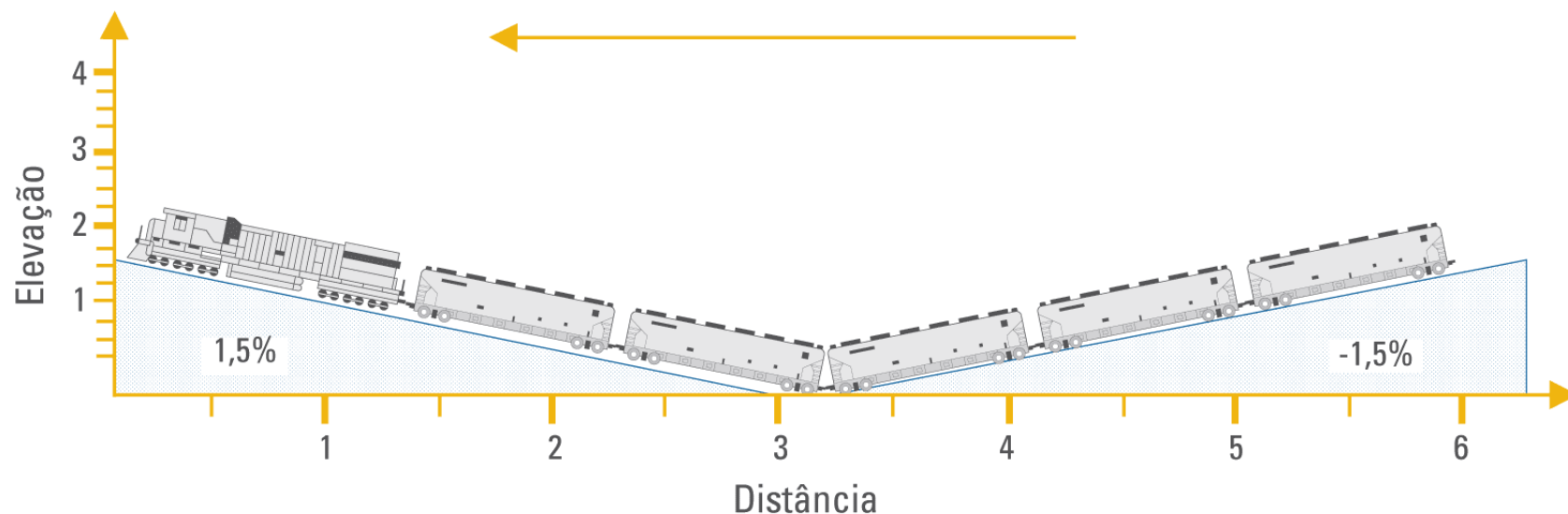


$\Delta = \approx 30$  litros



Nas inversões de  
perfil

Controle da velocidade  
favorecendo retomada



$\Delta = \approx 4$  litros



# Nas inversões

# Aproveitar efeito da gravidade

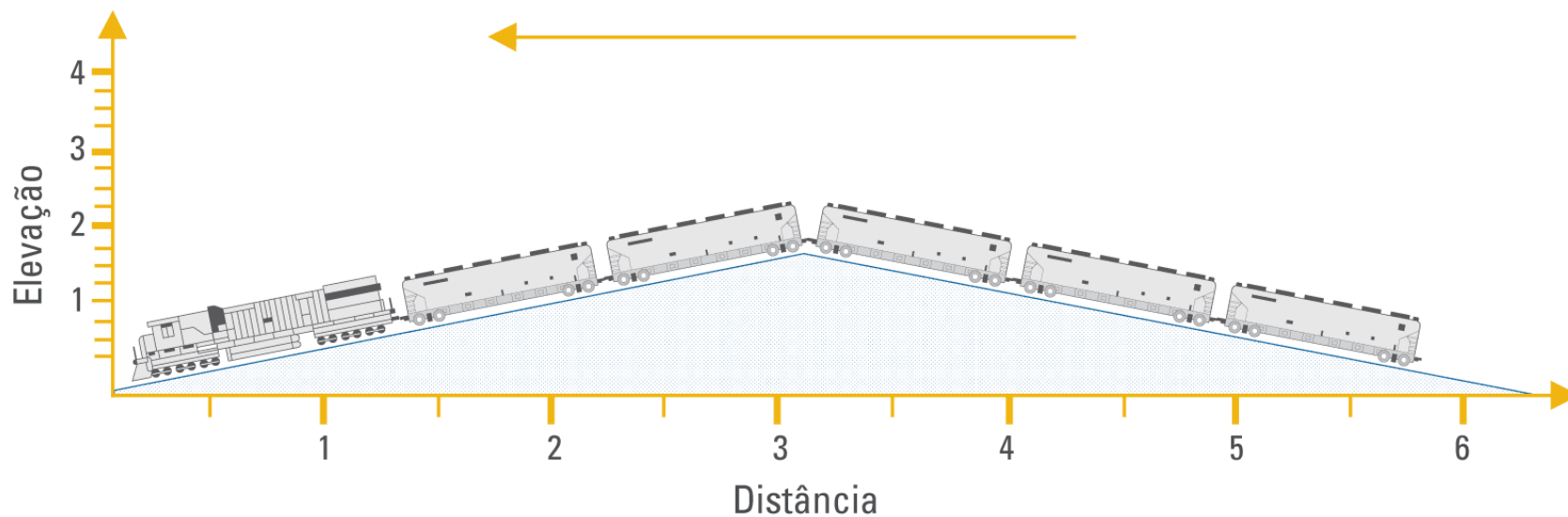


$\Delta = \approx 3$  litros



Nas inversões de  
perfil  
(balanceamento)

Administrando o acelerador



$\Delta = \approx 2$  litros





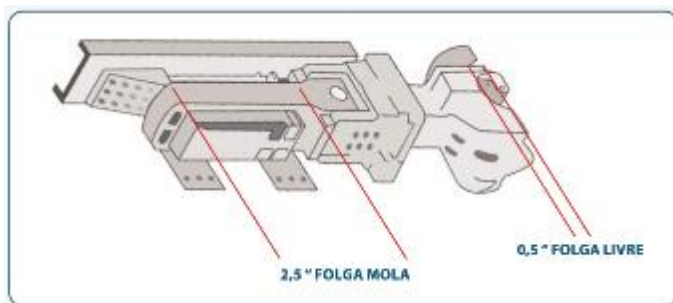
Condições dos  
engates durante  
paradas em nível

Utilizando favoravelmente as  
folgas de engate



0.0%

0.0%



$\Delta = \approx 8$  litros





# Medir para entender como melhorar

$$EE = \left[ \frac{\textit{litros}}{\textit{toneladabruta} \times \textit{quilômetro} \times 10^{-3}} \right] = \left[ \frac{\textit{litros}}{\textit{ktkb}} \right]$$



# Usando simuladores para comparações junto com os próprios operadores

## Operação otimizada de trens em simuladores

Operação: Convencional/otimizada	Peso bruto do trem (ton)	Exercício	Distância (m)	Duração da operação	Consumo (L)	Percentual de economia (%)	Índice de eficiência energética (L/KTKB)
Convencional	7.147	1	800	08:43	48,1	23,97	8,41
Otimizada	7.147	1	800	06:57	38,8		6,79
Convencional	14.345	2	2.100	06:21	221,1	9,89	7,34
Otimizada	14.345	2	2.100	06:20	201,2		6,68
Convencional	14.345	3	6.000	08:15	155,3	31,05	1,80
Otimizada	14.345	3	6.000	07:06	118,5		1,38
Convencional	15.700	4	4.827	06:25	57	2490,91	0,75
Otimizada	15.700	4	4.827	06:20	2,2		0,03
Convencional	14.345	5	5.700	15:53	237,7	65,88	2,91
Otimizada	14.345	5	5.800	10:52	143,3		1,72
Convencional	14.345	6	2.600	09:01	136,1	54,48	3,65
Otimizada	14.345	6	2.600	09:50	88,1		2,36
Convencional	14.345	7	900	02:36	48,4	30,46	3,75
Otimizada	14.345	7	900	03:26	37,1		2,87

# Antes e depois

Exemplo real			
Antes		Depois	
Trem	M446 de 08/05	Trem	M396 de 01/10
Dados	168 vag. e 16351 t.	Dados	170 vag. e 16476 t.
Consumo	4514 litros	Consumo	4212 litros
Ganho de Eficiência Energética: <b>302</b> litros			

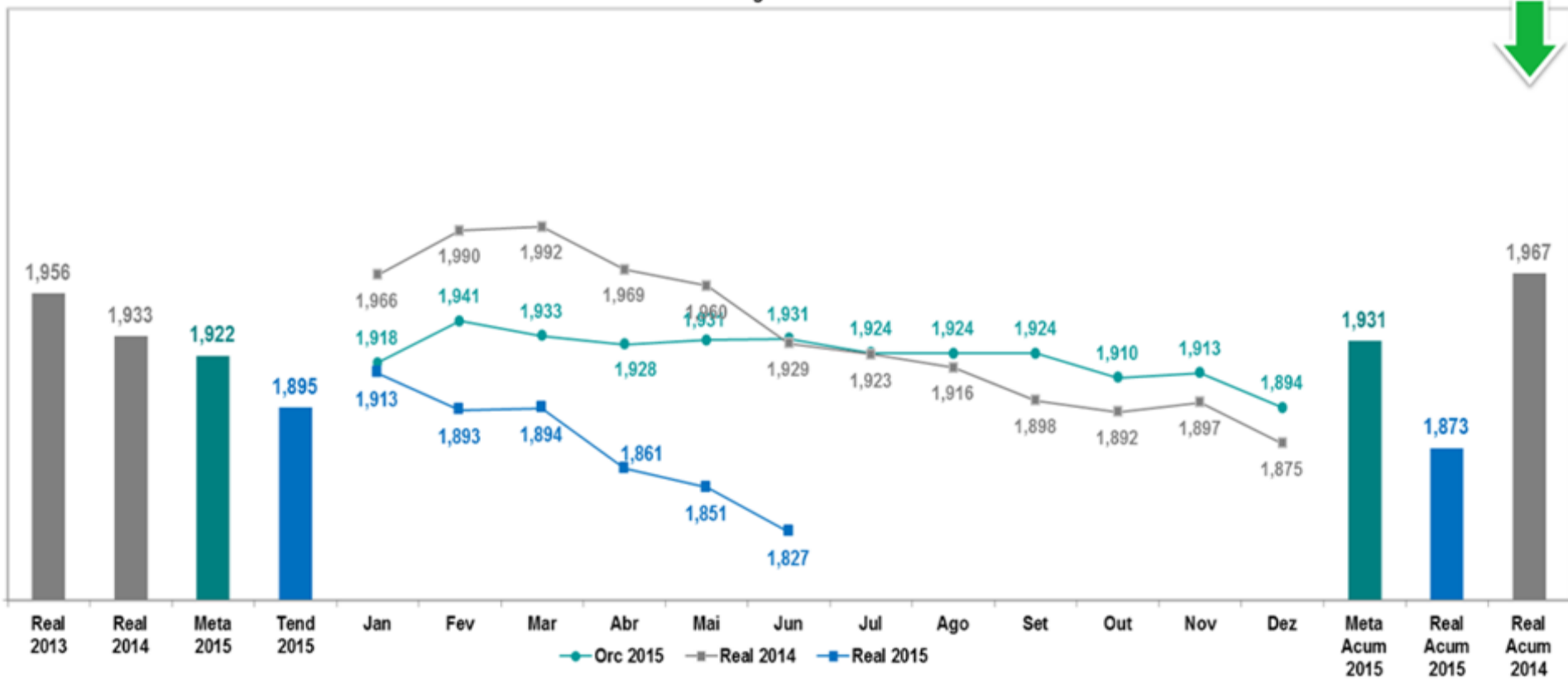


# Turmas formadas



# Conclusão

Eficiência Energética EFVM



# Operação Otimizada de Trens

*Elvânio Pereira*

*elvanio.pereira@vale.com*

*Eustáquio Andrade*

*eustaquio.andrade@vale.com*

*Fábio Machado*

*fabio.machado@vale.com*

# Obrigado



TRABALHO FINALISTA