



13ª Semana de Tecnologia Metroferroviária - Fórum Técnico

Sistema de Telecomunicações Transmissão de Rádio VHF em túneis.

Sistema Passivo

Carlos Paixão



Sistema atual

- Hoje, a linha 1 é totalmente em superfície, exceto em 3 túneis, dos quais apenas o de Waldomiro Lôbo com 600m de extensão possui cabo fendido. Os outros dois menores e são atendidos pela Estação Repetidora principal.



- Operacionalmente, as transmissões no túnel de Waldomiro Lôbo, ocorrem da seguinte forma(apenas canal de Trens):
- Na Recepção do TUE, o SCAN do rádio detecta a frequência disponível entre Trens, Emergência e Túnel, de forma automática e para por sete segundos aguardando a resposta do operador, no caso o canal do Túnel.



- Na Transmissão originada pelo operador do TUE, é necessário que haja uma seleção do canal de Túnel no console do rádio para permitir a comunicação com o CCO.



- Geralmente o operador do TUE não tem necessidade de originar uma chamada no interior do túnel.
- Mas em uma emergência, isto é necessário.
- Será que o operador, que não utiliza esta seleção normalmente vai se lembrar dela em uma emergência?

Repetição passiva de rádio em túnel

- Também consideramos que não.
- Isto pode causar sérios problemas nesta situação de emergência.



Outros problemas nesta configuração de repetidor ativo em outra frequência:

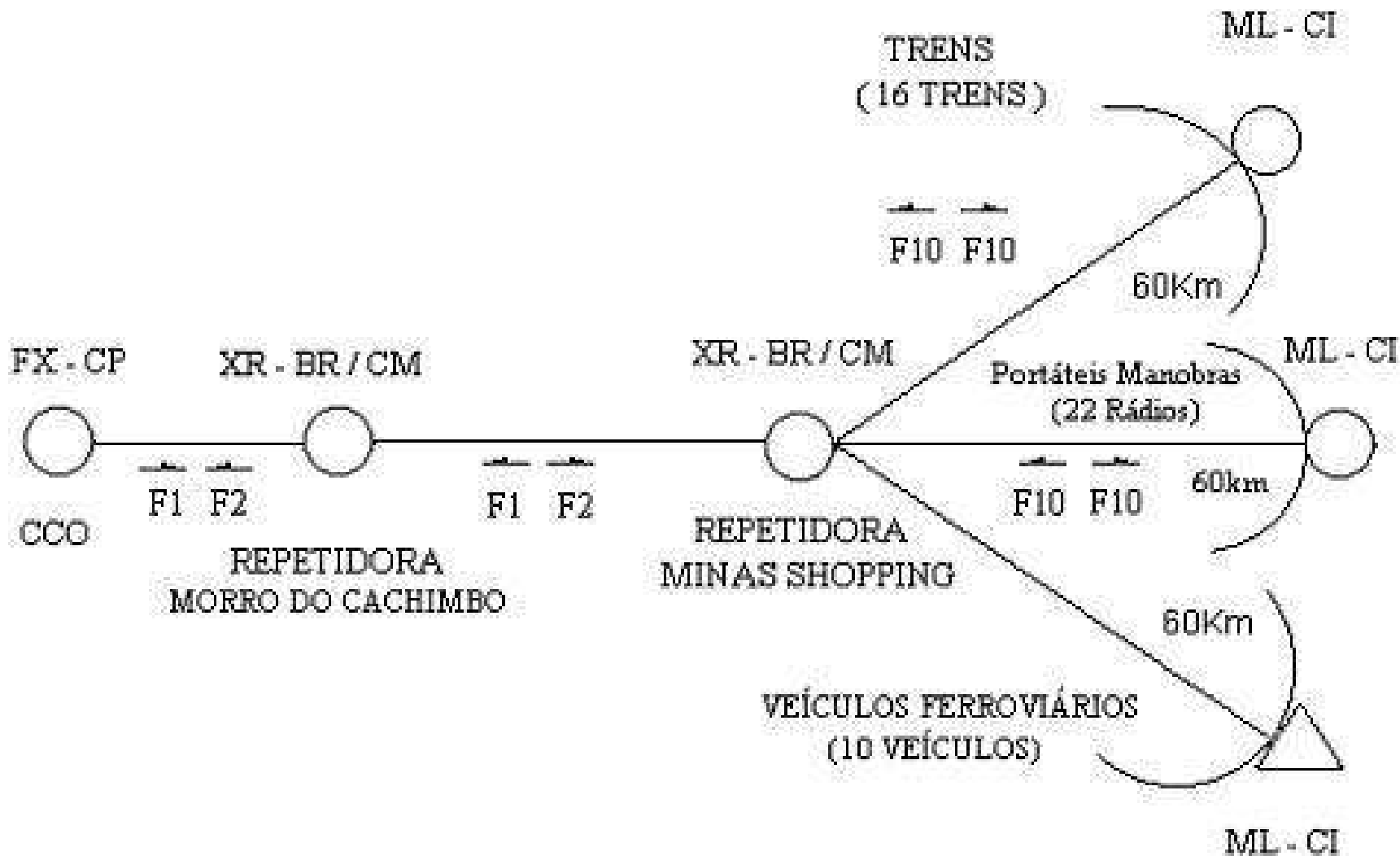
- Só temos repetição no interior do túnel para o canal de Trens.
- Em caso de falha no mesmo, o restante do trecho muda para o canal de Emergência mas o TUE dentro do túnel perde comunicação com o CCO e outros TUEs.



Outros problemas nesta configuração de repetidor ativo em outra frequência:

- As equipes de manutenção e segurança não têm a comunicação garantida no interior do túnel, principalmente se existe um TUE ou Veículo Ferroviário no interior do mesmo.

REDE 03 REPETIDORA DO CANAL TÚNEL METROBH

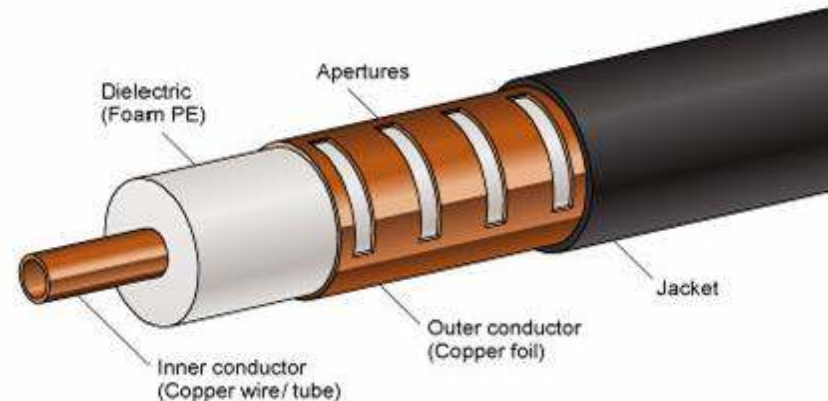


Princípios de RF - Cabo irradiante

➤ Semelhante a um cabo coaxial rígido, mas com pequenas aberturas (slots) em seu condutor externo.

➤ Através destes slots, parte do sinal de RF é irradiado e recebido pelo cabo.

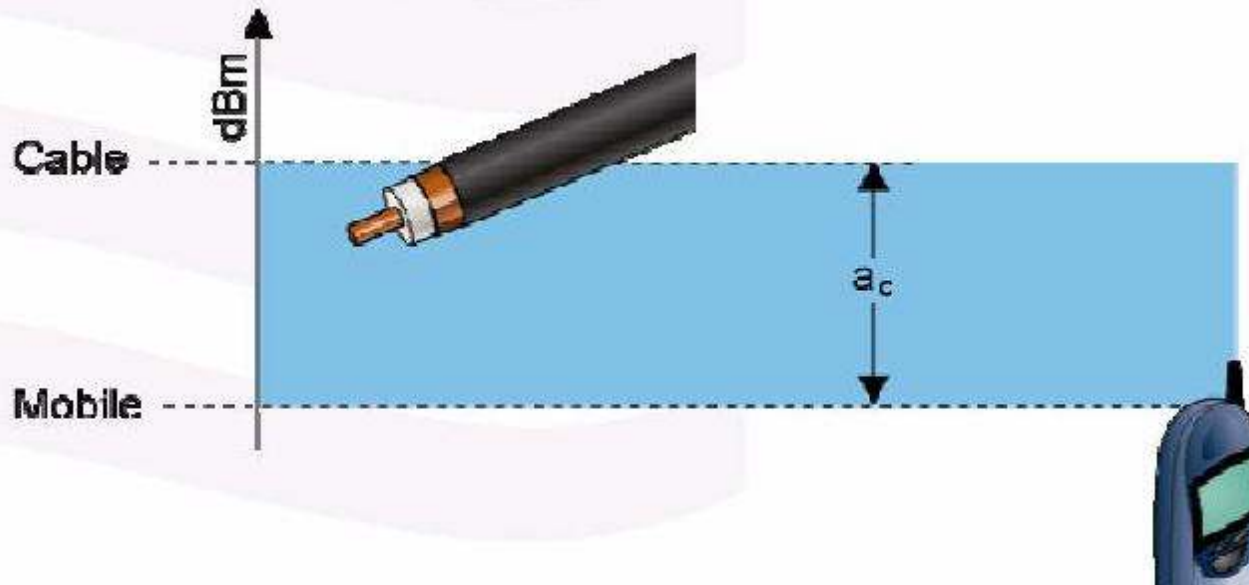
➤ Há diversos tipos de cabos, cada um aplicável a diferentes necessidades de projeto e cobertura.



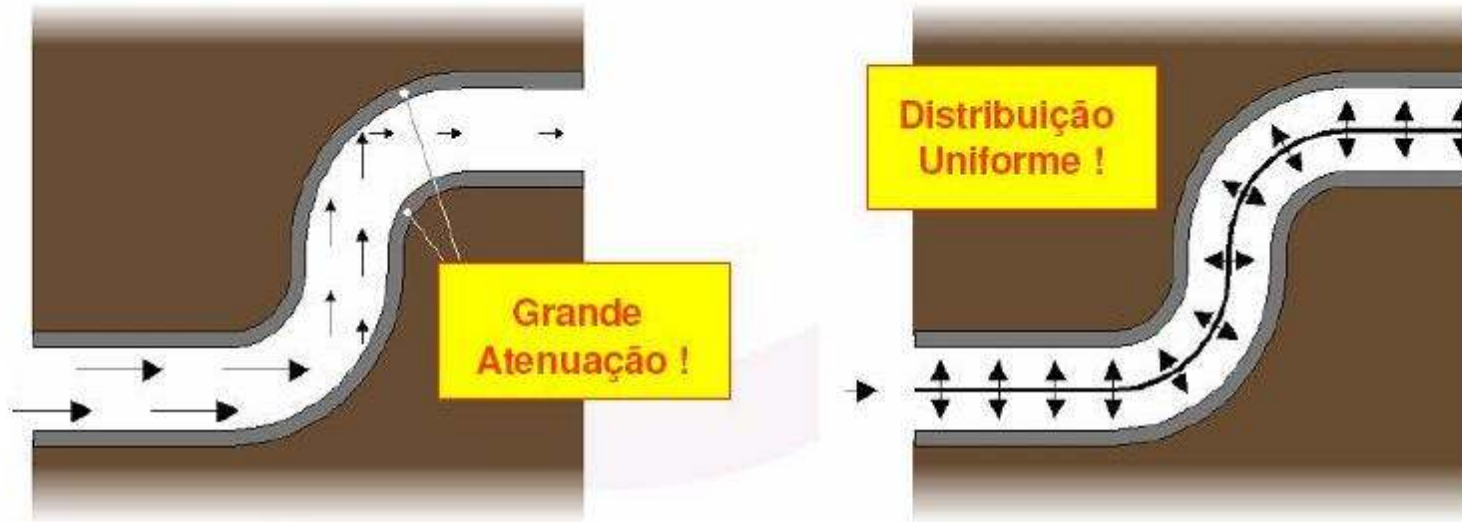
Princípios de RF - Cabo irradiante

Perda por acoplamento (a_c)

- Perda do sinal entre cabo e da antena móvel de acordo com a IEC (medida a 2m de distância): utilizar valor de catálogo da RFS a 50% ou 95%



Comparativo de Rádio Propagação entre antena e cabo irradiante



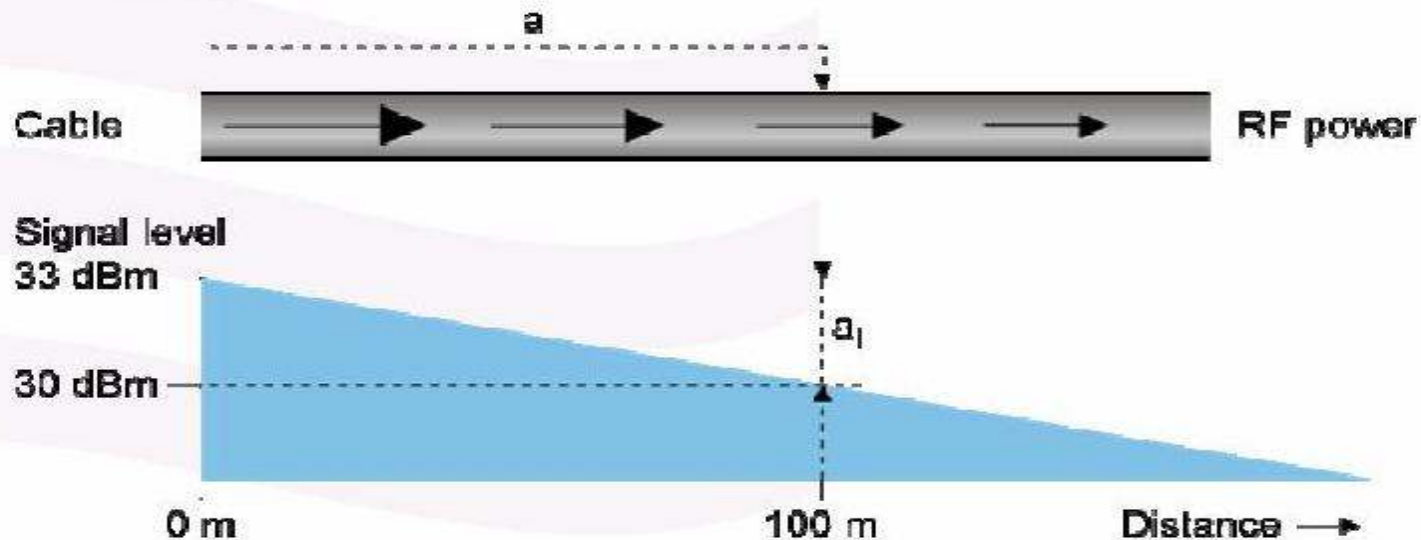
Fenômenos físicos:

- O sinal de Radio Freqüência (RF) no espaço livre perde metade de sua potência a cada dobro da distância.
- Obstáculos físicos e reflexões também atenuam ainda mais o sinal de RF.
- Quanto mais alta a faixa de freqüência, piores são as condições de propagação.

Princípios de RF - Cabo irradiante

Atenuação Longitudinal (a_l)

- Perda do sinal no cabo num comprimento definido



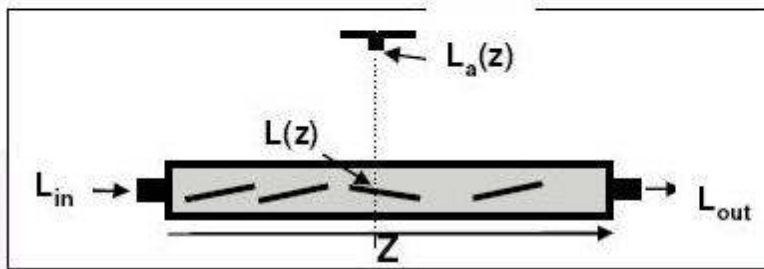
Exemplo: $a_l = 3 \text{ dB} / 100 \text{ m}$

Nota: a_l cresce com a frequência!

The Clear Choice™

Princípios de RF - Cabo irradiante

ATENUAÇÃO SISTÊMICA



➤ Atenuação sistêmica

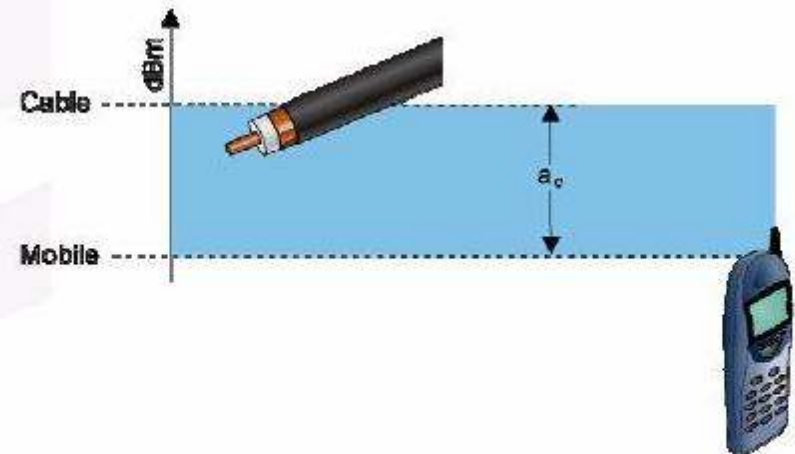
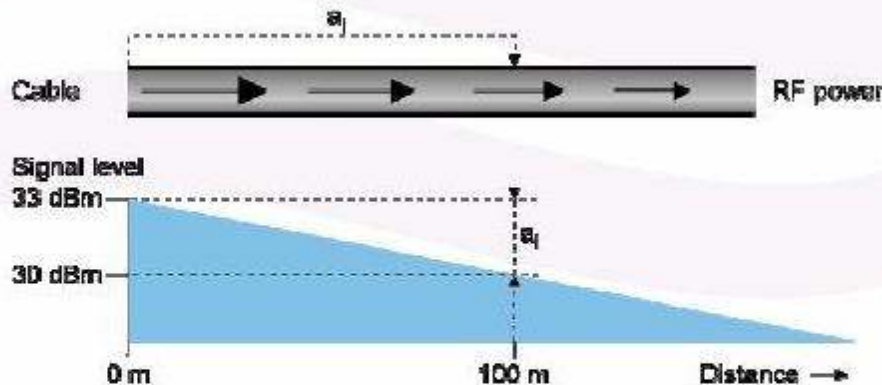
$$a_{sys}(z) = L_{in} - L_a(z)$$

➤ Atenuação longitudinal

$$a(z) = L_{in} - L(z)$$

➤ Atenuação por acoplamento

$$a_c(z) = L(z) - L_a(z)$$



Repetição passiva de rádio em túnel

Cobertura com a solução tradicional:
1 antena Omnidirecional

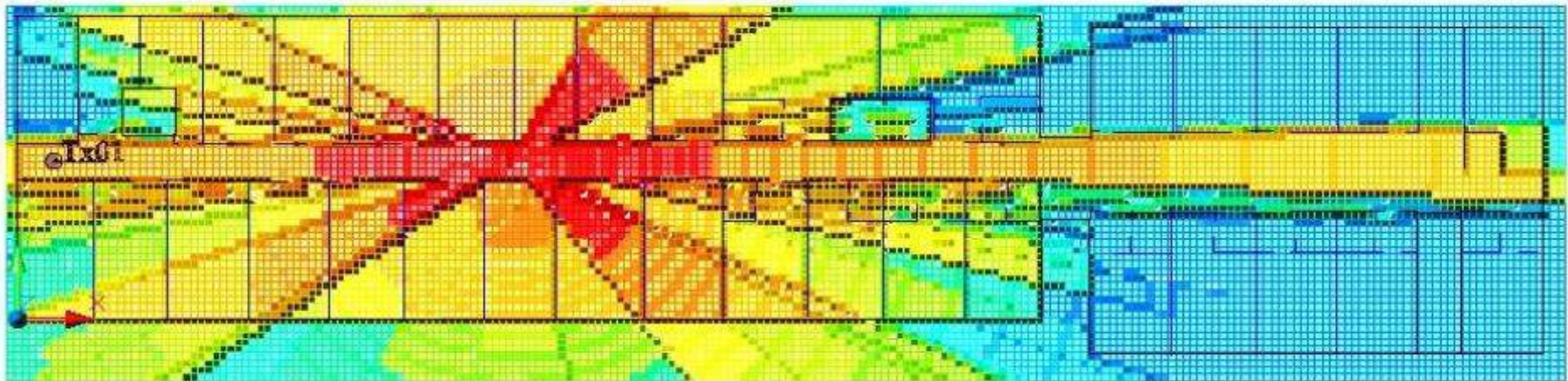


Grid Coverage

- >-40_dBm_RSSI (5.0%)
- >-50_dBm_RSSI (14.9%)
- >-60_dBm_RSSI (19.9%)
- >-65_dBm_RSSI (6.2%)
- >-70_dBm_RSSI (7.6%)
- >-75_dBm_RSSI (8.9%)
- >-80_dBm_RSSI (4.9%)
- >-85_dBm_RSSI (2.7%)
- >-90_dBm_RSSI (1.8%)
- >-95_dBm_RSSI (3.0%)
- >-100_dBm_RSSI (25.2%)
- >-110_dBm_RSSI (0.0%)
- >-120_dBm_RSSI (0.0%)
- <-120_dBm_RSSI (0.0%)

54 Mbps

11 Mbps



Cobertura com 1 antena omnidirecional

Repetição passiva de rádio em túnel



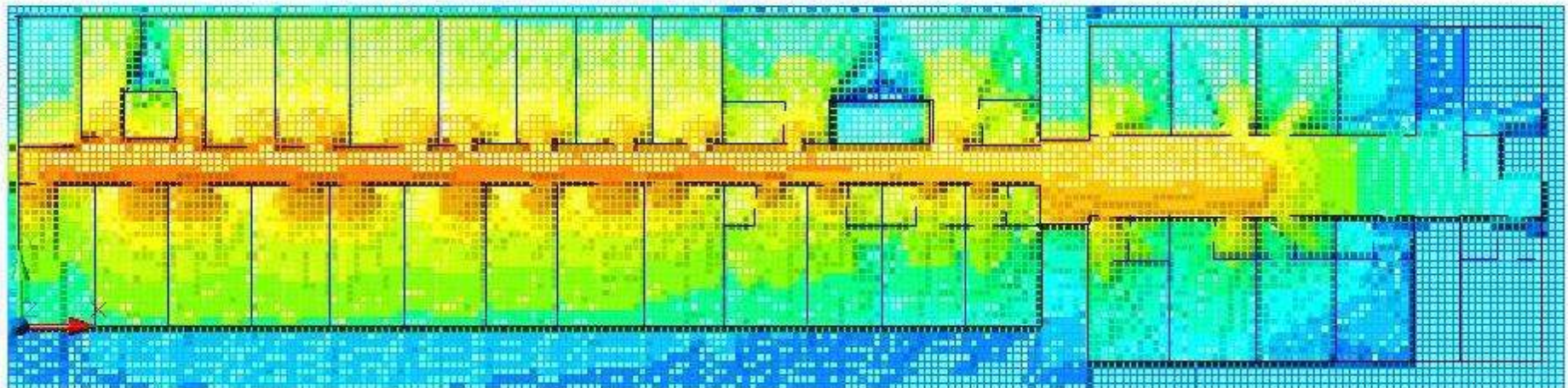
Resultados obtidos

Grid Coverage

- >-40_dBm_RSSI (5.0%)
- >-50_dBm_RSSI (14.9%)
- >-60_dBm_RSSI (19.9%)
- >-65_dBm_RSSI (6.2%)
- >-70_dBm_RSSI (7.6%)
- >-75_dBm_RSSI (8.9%)
- >-80_dBm_RSSI (4.9%)
- >-85_dBm_RSSI (2.7%)
- >-90_dBm_RSSI (1.8%)
- >-95_dBm_RSSI (3.0%)
- >-100_dBm_RSSI (25.2%)
- >-110_dBm_RSSI (0.0%)
- >-120_dBm_RSSI (0.0%)
- <-120_dBm_RSSI (0.0%)

54 Mbps

11 Mbps



Cobertura utilizando cabo coaxial irradiante tipo corrugado.

Repetição passiva de rádio em túnel



SOLUÇÃO ENCONTRADA

Repetição passiva de rádio em túnel



Explicação Simplificada

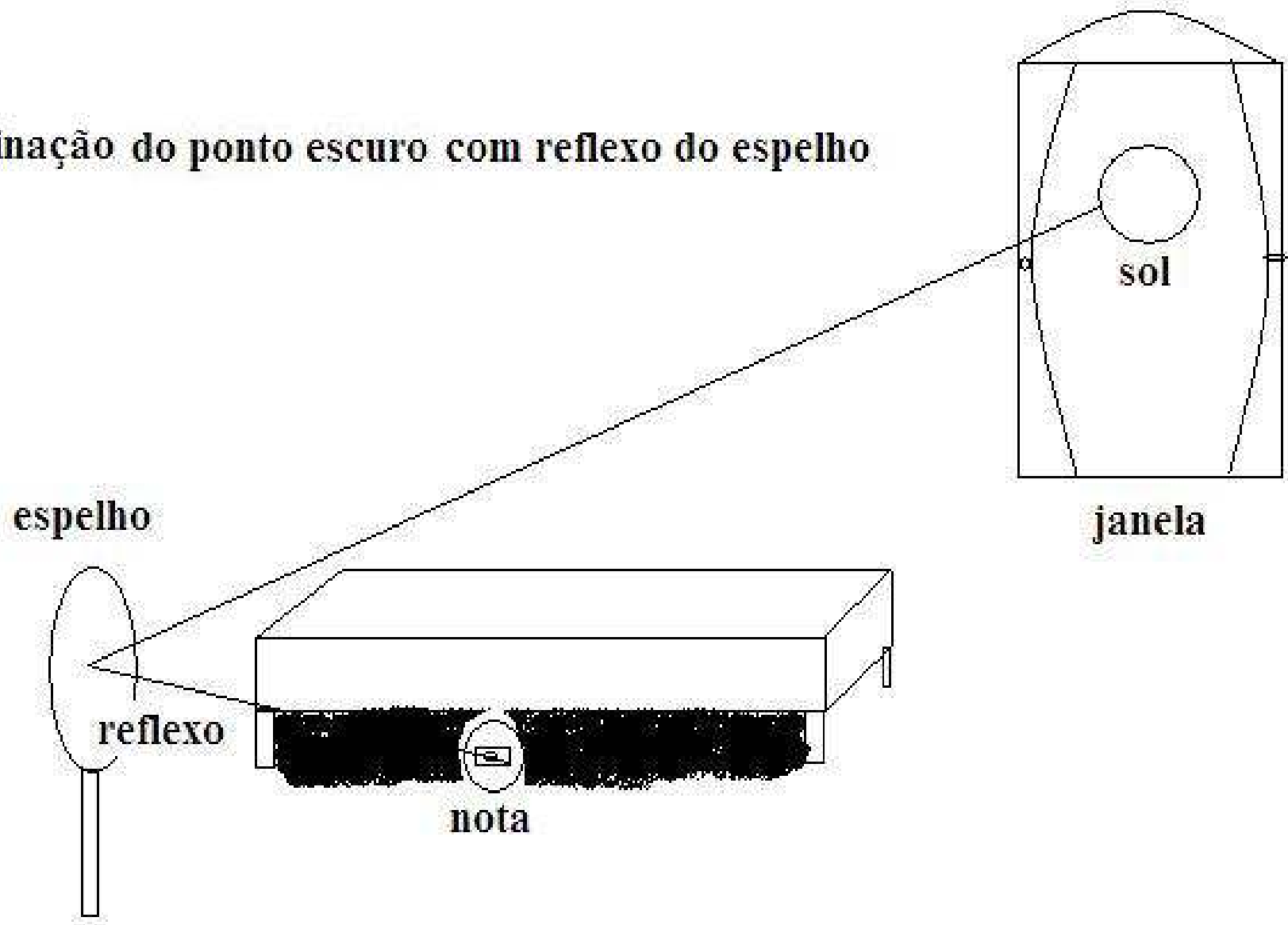
- Se cai uma nota de R\$100,00 em baixo da cama e não a enxergamos pois está escuro lá em baixo, ficamos sem a nota?
- Quando temos luz do sol entrando pela janela de casa ou a própria luz do quarto e temos um pequeno espelho, não é possível refletir a luz para enxergarmos a nota em baixo da cama?



Repetição passiva de rádio em túnel **METROBH**

AEAMESP
2007
13ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

Iluminação do ponto escuro com reflexo do espelho



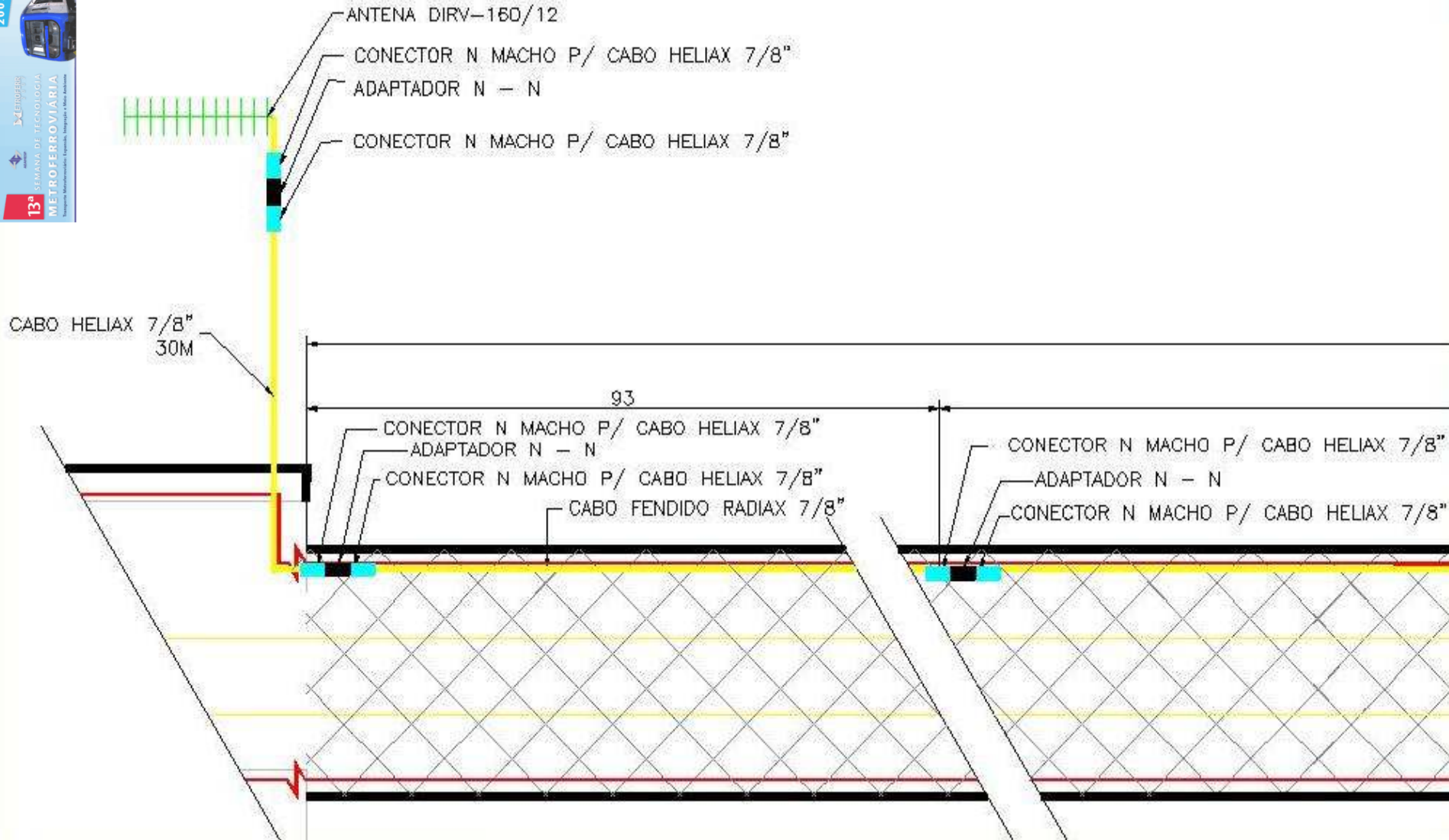
- O sistema proposto é exatamente este, refletir todos os canais de RF para dentro do túnel de forma passiva, a fim de evitar batimento entre as frequências, impossibilitando a recepção e ainda possibilitar a comunicação de qualquer canal operacional, inclusive celular para os passageiros.

Outras vantagens de se utilizar o repetidor passivo são:

- A redução da manutenção preventiva e corretiva pela inexistência de elementos ativos como o rádio;
- O aumento da segurança por não existir falhas destes mesmos elementos ativos.



Repetição passiva de rádio em túnel



Repetição passiva de rádio em túnel

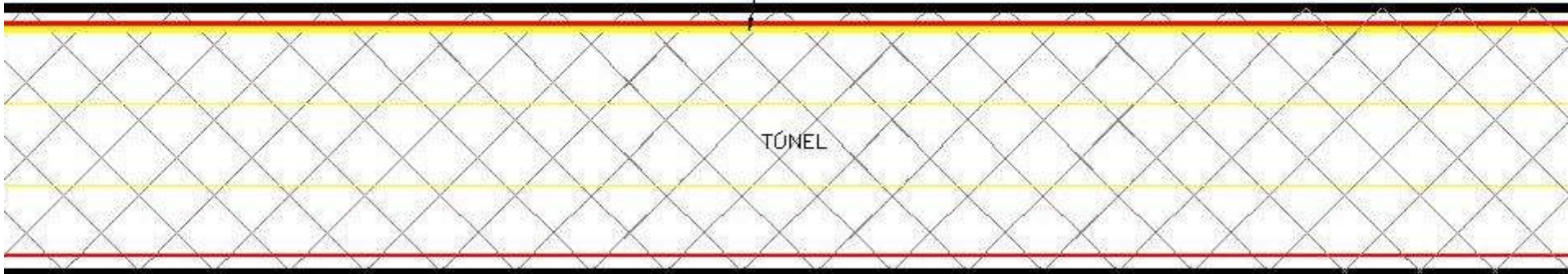
TÚNEL

600.00

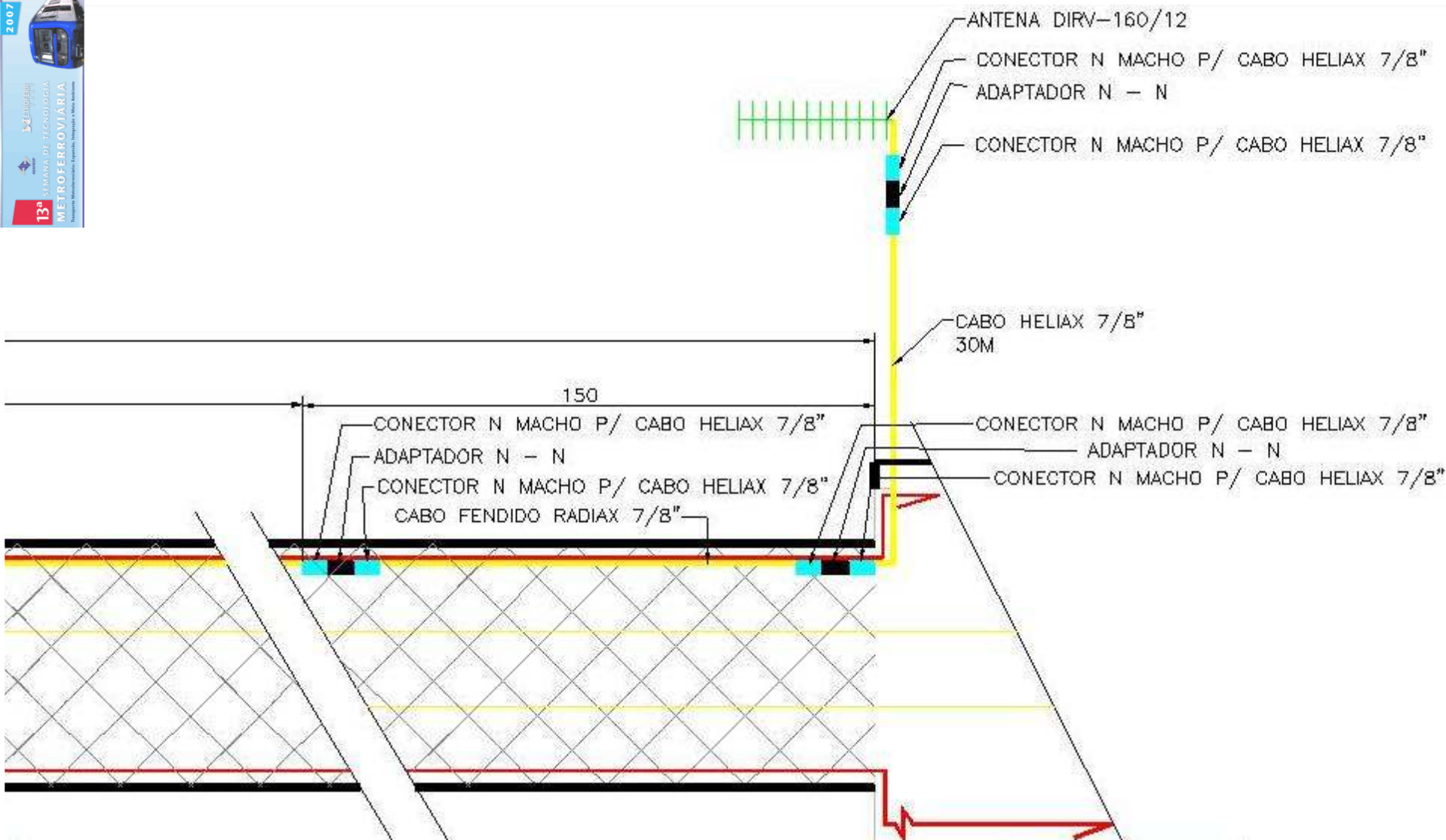
400.00

CABO FENDIDO

TÚNEL



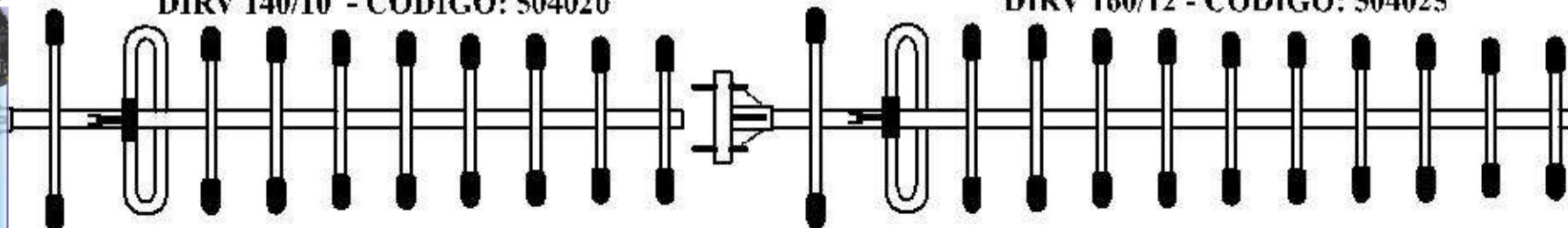
Repetição passiva de rádio em túnel



Repetição passiva de rádio em túnel **METROBH**

DIRV 140/10 - CÓDIGO: 504020

DIRV 160/12 - CÓDIGO: 504025



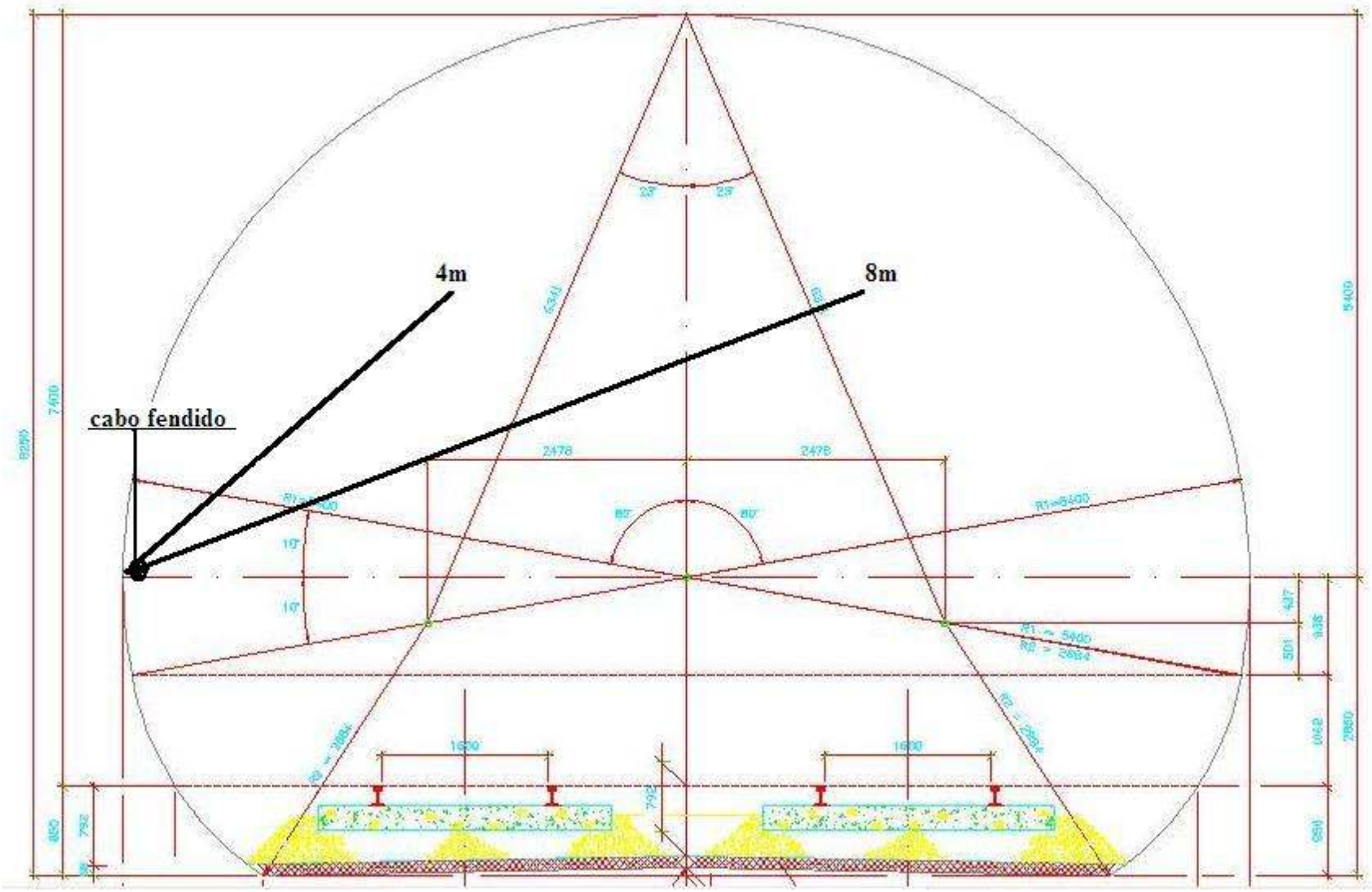
Estas antenas direcionais do tipo Yagi-Uda, são construídas em liga especial de alumínio de alta resistência ao vento e vibrações que este a impõe. Seus elementos estão interligados fisicamente entre si, dando ao conjunto, uma ótima blindagem, eletrostática, protegendo o transceptor. São leves, de fácil instalação e não requerem nenhum tipo de ajuste em campo.

ESPECIFICAÇÕES

ELÉTRICAS:

	DIRV-90/5	DIRV-100/6	DIRV-120/8	DIRV-140/10	DIRV-160/12
Polarização:.....			Vert/Horiz		
Ganho nominal:.....	9 dB	10 dB	12 dB	14 dB	16 dB
VSWR:.....			$\leq 1:1,5$		
Ângulo de ½ potência:	H=71° E=55°	H=63° E=49°	H=51° E=40°	H=41° E=31°	H=32° E=25°
Relação frente costa:...			≥ 20 dB		
Potência máxima:.....			300 Watts		
Terminação:.....			Fêmea UHF		
Proteção c/ raios:.....			Elementos aterrados		
Impedância nominal:...			50 Ohms		

Repetição passiva de rádio em túnel



Repetição passiva de rádio em túnel

Cálculo de propagação

Modelo	RCF12-50J	
Comprimento	600,00	
Atenuação longitudinal dB	18,90	
Equipamento		
Output Power dBm	-36,00	
Perdas - cabo (jumpers)		
Longitudinal loss 100m / dB	3,15	
Coupling Loss 50% / dB	59,00	
Coupling Loss 90% / dB	71,00	
Atenuação dos jumpers / dB	0,00	
Atenuação Splitter	0,00	
Fator de segurança dB	6,00	
Distância do cabo	Total Loss System / dBm	
	50,00%	95,00%
2m	-119,90	-131,90
4m	-122,90	-134,90
8m	-125,90	-137,90
16m	-128,90	-140,90
32m	-131,90	-143,90
64m	-134,90	-146,90
108m	-137,90	-149,90

Modelo	RLKL78-50J	
Comprimento	600,00	
Atenuação longitudinal dB	8,88	
Equipamento		
Output Power dBm	-36,00	
Perdas - cabo (jumpers)		
Longitudinal loss 100m / dB	1,48	
Coupling Loss 50% / dB	56,00	
Coupling Loss 90% / dB	63,00	
Atenuação dos jumpers / dB	0,00	
Atenuação Splitter	0,00	
Fator de segurança dB	6,00	
Distância do cabo	Total Loss System / dBm	
	50,00%	95,00%
2m	-106,88	-113,88
4m	-109,88	-116,88
8m	-112,88	-119,88
16m	-115,88	-122,88
32m	-118,88	-125,88
64m	-121,88	-128,88
108m	-124,88	-131,88

Repetição passiva de rádio em túnel









- Esta mesma solução, devemos adotar nas estações de Central onde ocorre o bloqueio do sinal de radiofreqüência por ser uma estação subterrânea e Vilarinho onde a grande cobertura metálica do teto da estação promove também este bloqueio para os rádios portáteis da Operação, Segurança e Manutenção.

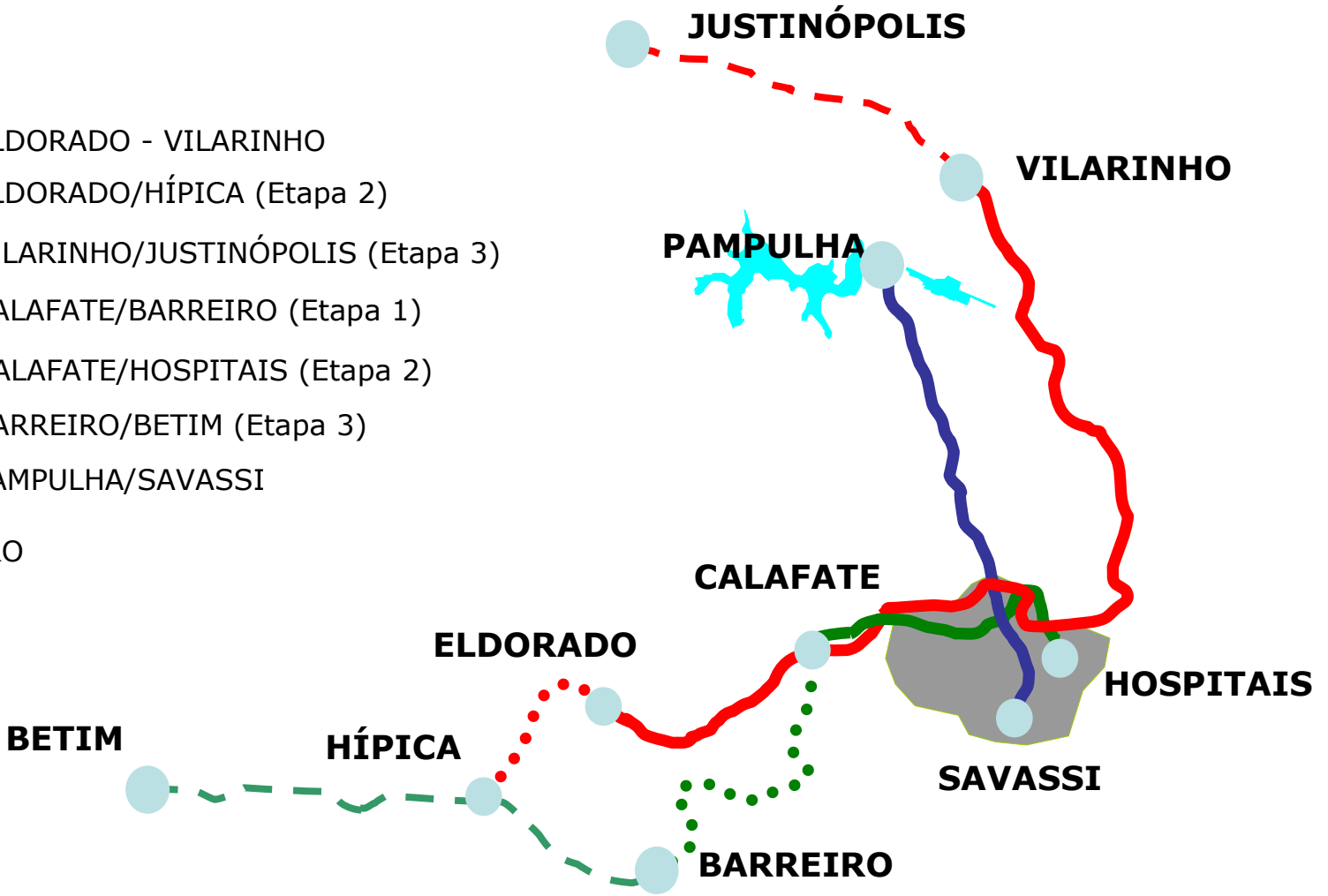


CENÁRIO PROPOSTO NO

ANO DIRETOR DE TRANSPORTES SOBRE TRILHOS



-  Linha 1 – ELDORADO - VILARINHO
-  Linha 1 – ELDORADO/HÍPICA (Etapa 2)
-  Linha 1 – VILARINHO/JUSTINÓPOLIS (Etapa 3)
-  Linha 2 – CALAFATE/BARREIRO (Etapa 1)
-  Linha 2 – CALAFATE/HOSPITAIS (Etapa 2)
-  Linha 2 – BARREIRO/BETIM (Etapa 3)
-  Linha 3 – PAMPULHA/SAVASSI
-  HIPERCENTRO

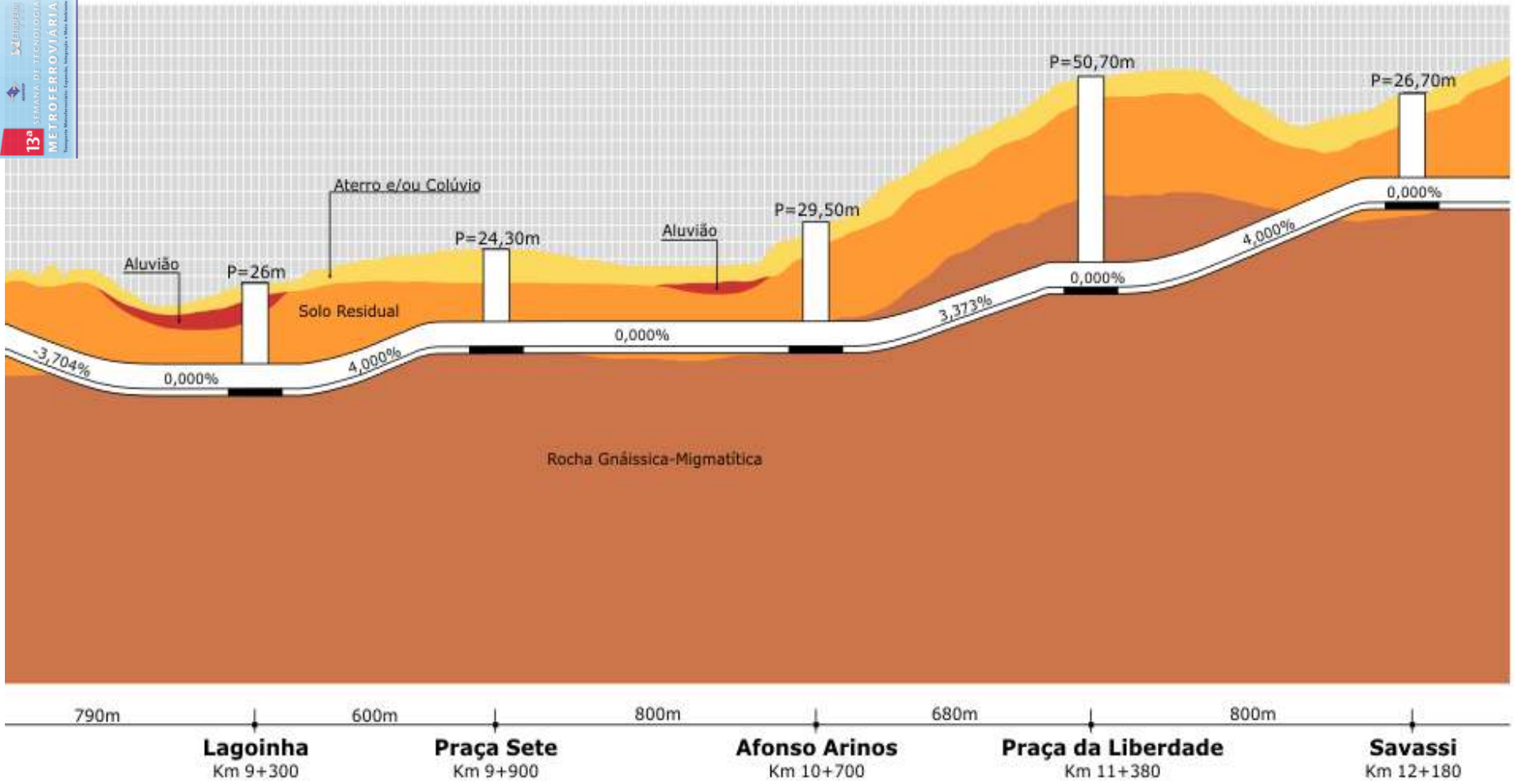


LINHA 3 PAMPULHA - SAVASSI

AEAMESP



2007
13ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA



Conclusão

- É uma solução simples, relativamente fácil de ser implementada, com custo de instalação baixo e manutenção praticamente inexistente, por não utilizar elementos ativos. Além disto, permite o tráfego de vários canais simultaneamente, o que aumenta bastante a relação custo benefício.
- Mas o fator principal de nossa análise é o aumento da segurança na operação do tráfego de TUEs, pela eliminação de funções a serem executadas, tornando o sistema imune a este tipo de falha humana, principalmente em situações de emergência.
- As únicas exigências são um sinal de radiofreqüência relativamente forte nas antenas, podendo funcionar com apenas uma, a utilização de antenas, cabos e conectores de boa qualidade e um projeto cuidadoso.

Repetição passiva de rádio em túnel

METROBH

