

# Automatização do Sistema de Sinalização de Rotas de Fuga em Túneis do Metrô de São Paulo

*José Augusto de Araujo Junior*

*Renato Ferreira da Costa*

*Ricardo Frade Mouriño*

**20<sup>a</sup> SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**

# AEAMESP

# Introdução

## Sinalização de rota de fuga

**Orientação** das pessoas em caso de abandono devido a incêndios ou outras emergências. (reforçado pelas ITs nº 02/2011 e nº 03/2011 do CBPMESP).

## Motivação

- ✓ Redução de prejuízos diretos e indiretos.
- ✓ Risco de agravamento de situações de emergência.

## Objetivo

Propor um sistema para complementar o já existente, promovendo automatização e integração.

# Estrutura da Apresentação

- ✓ Histórico de acidentes
- ✓ Efeitos da fumaça sobre as pessoas
- ✓ Cenário atual – Metrô SP
- ✓ Pesquisa – Rotas de Fuga em Outros Metrôs
- ✓ Proposta do SGRF – Sistema de Gerenciamento de Rotas de Fuga
- ✓ Implementação de Solução por Software
- ✓ Conclusão

# Histórico de Acidentes

## Análise dos seguintes acidentes:

- ✓ Paris, França, 10 de agosto de 1903
- ✓ Londres, Reino Unido, 18 de novembro de 1987
- ✓ Zurique, Suíça, 16 de abril de 1991
- ✓ Baku, Azerbaijão, 28 de outubro de 1995
- ✓ Kaprun, Áustria, 11 de novembro de 2000
- ✓ Daegu, Coreia do Sul, 18 de fevereiro de 2003
- ✓ Estocolmo, Suécia, 16 de maio de 2005



## Considerações:

- ✓ Fatores comportamentais.
- ✓ Importância da comunicação.
- ✓ Sinalização visual imune à fumaça.
- ✓ O sistema de ventilação deve ser eficiente e configurável.
- ✓ Treinamento de equipes para situações de emergência para evacuação de usuários.

# Efeitos da Fumaça

## Fumaça

- ✓ Não permite a visualização de rotas de fuga.
- ✓ Prejudica o sistema respiratório e circulatório.
- ✓ Tem capacidade de ocupar grandes espaços em pouco tempo.

***Em um incêndio, “o comportamento mais frequente (...) é a tensão nervosa ou estresse, e não a reação de medo e que foge ao controle racional, ou seja, o pânico”***

(SEITO et al., 2008).

Ter rápida informação sobre o que está acontecendo auxilia as pessoas a reagirem e tomar as decisões mais seguras.(acidentes de Kaprun e Baku)



# Cenário Atual – Metrô SP

## Sistema de Sinalização de Rota de Fuga

- ✓ **Nas vias:** passarelas de emergência e distanciamento até a saída mais próxima.
- ✓ **Nas saídas de emergência:** direção, sentido e escadas até o nível da rua.

## Equipamentos de Sinalização

- ✓ Balizadores.



- ✓ Placas de saída de emergência.

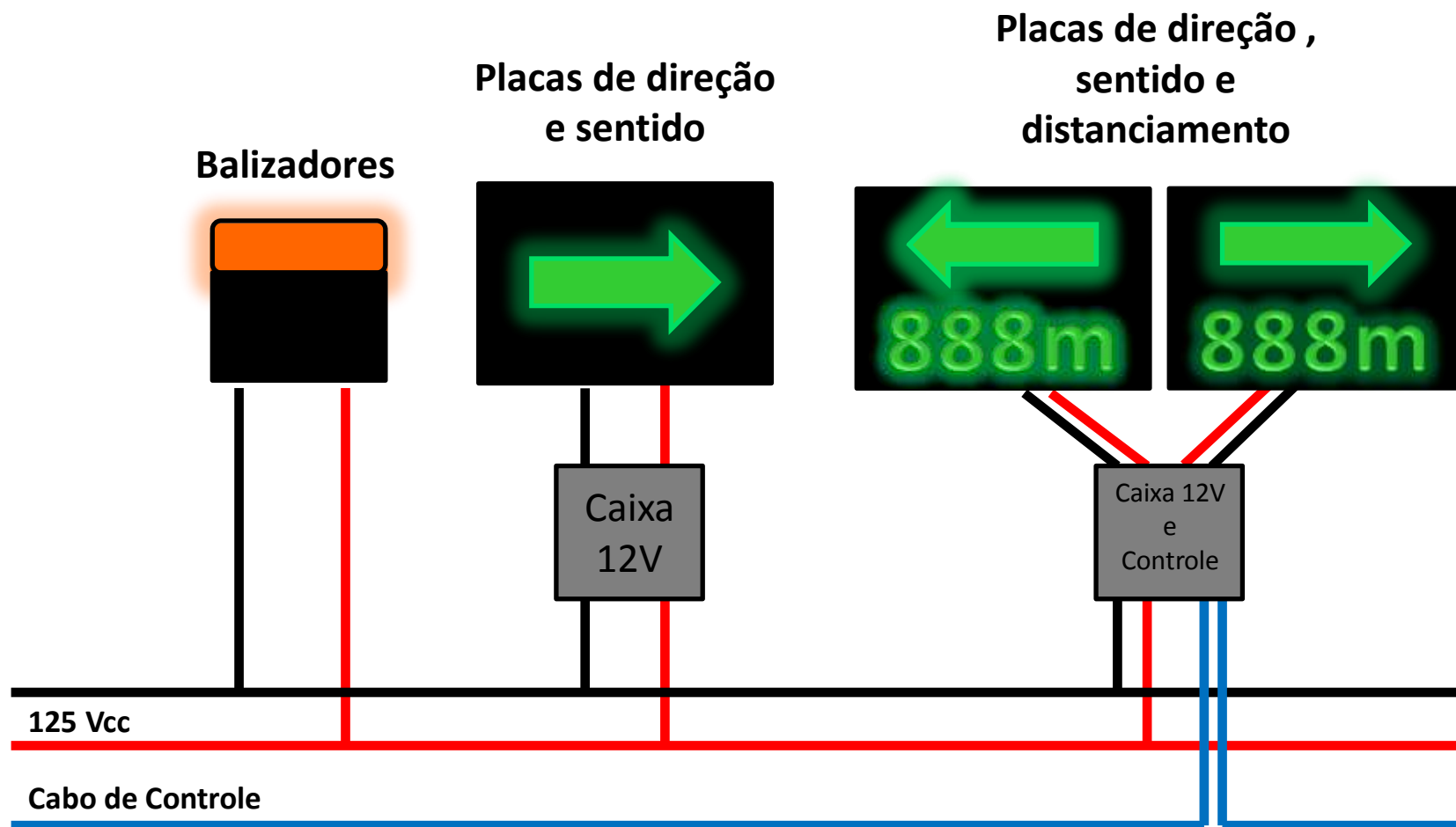


- ✓ Placas de sentido e distanciamento.



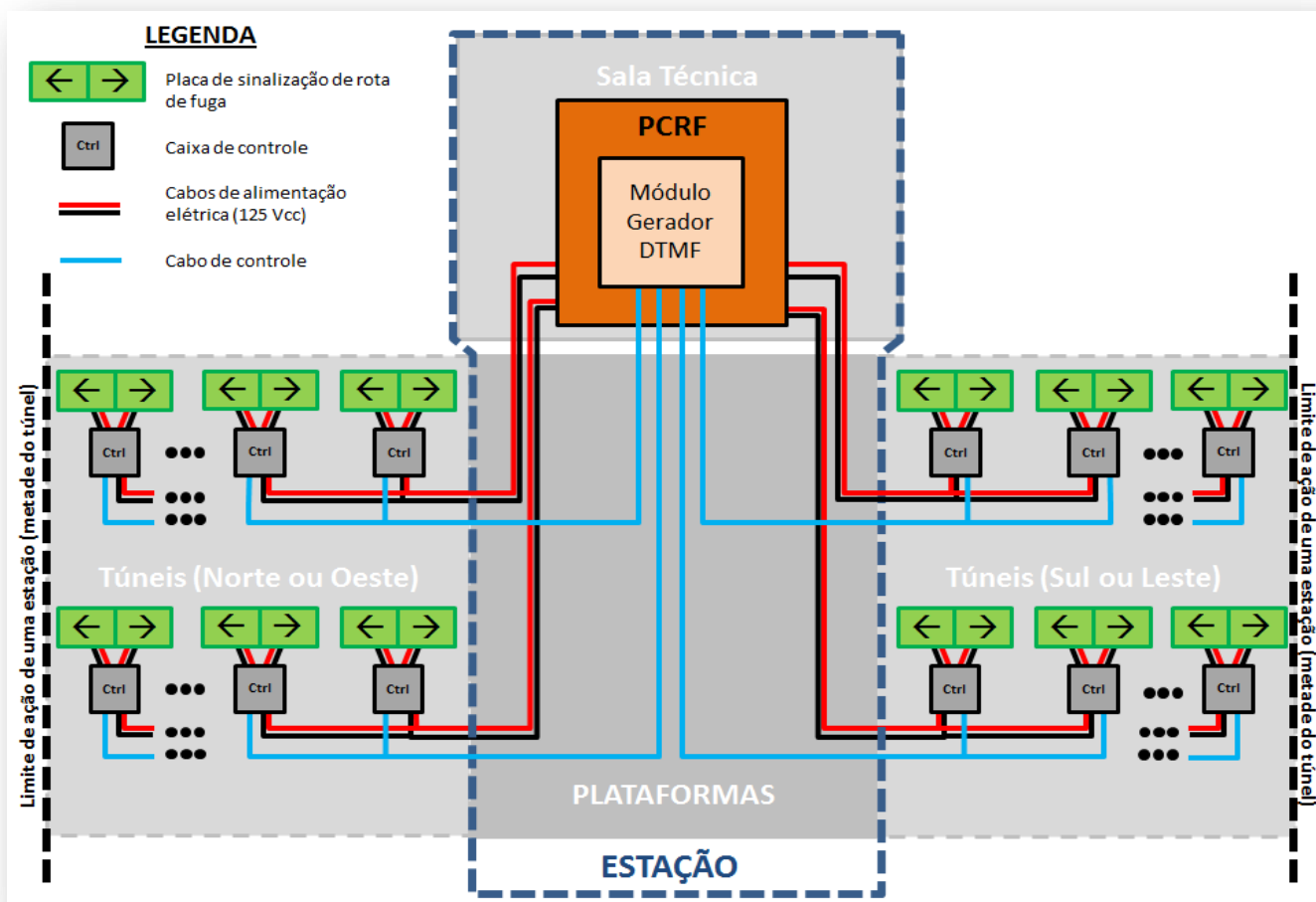
# Cenário Atual – Metrô SP

## Alimentação dos equipamentos



# Cenário Atual – Metrô SP

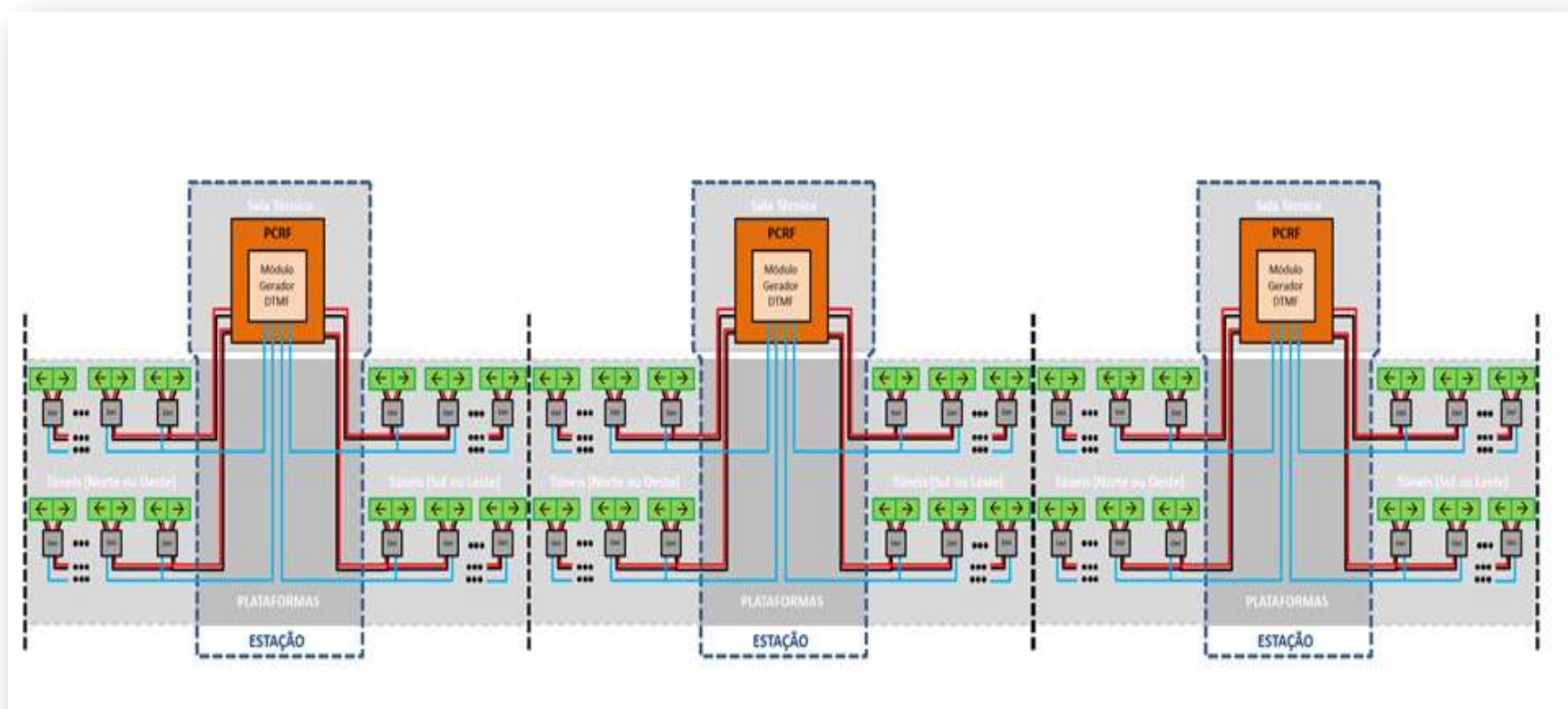
## Arquitetura do sistema por estação





# Cenário Atual – Metrô SP

## Arquitetura geral do sistema

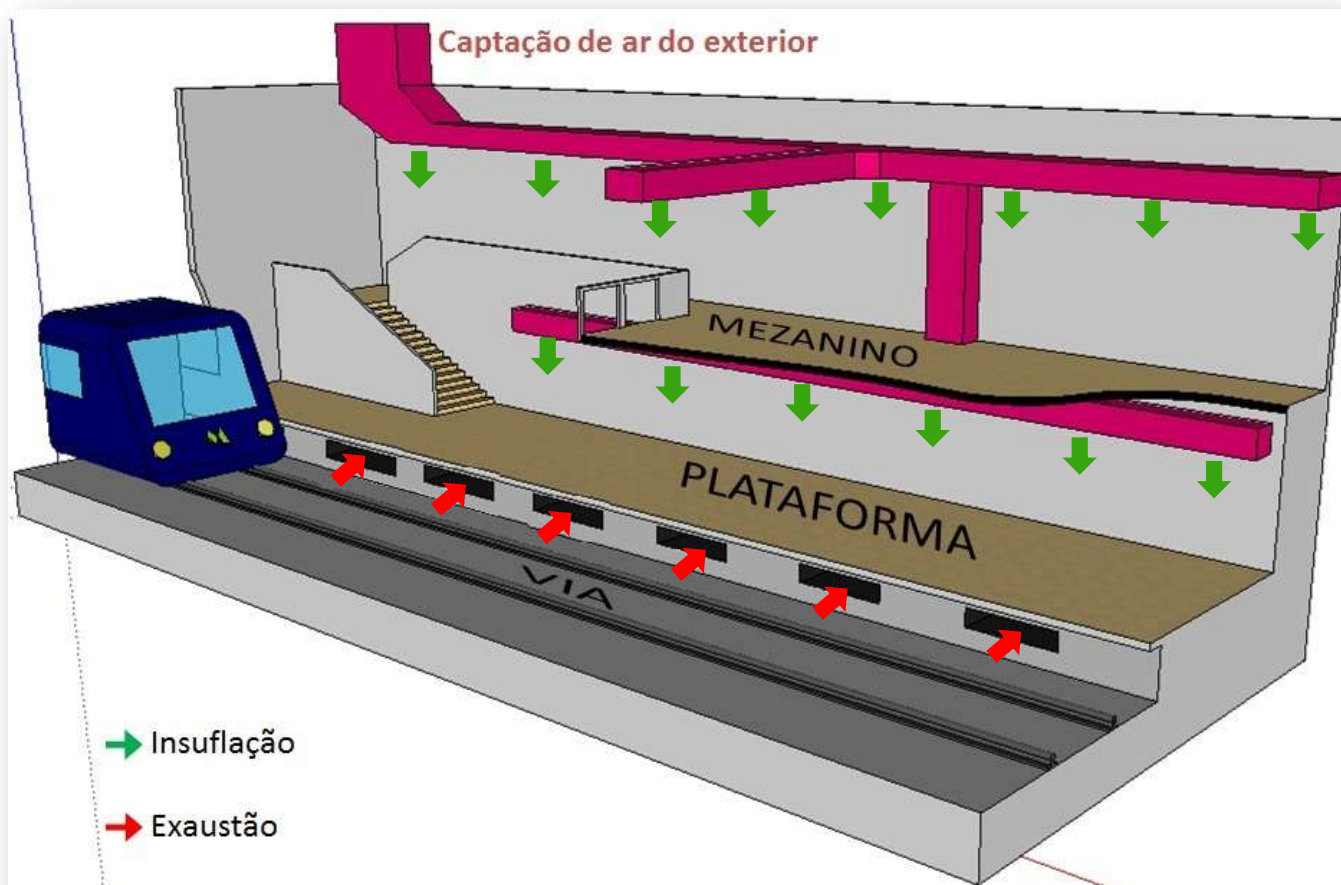


# Cenário Atual – Metrô SP



# Cenário Atual – Metrô SP

## Sistemas Auxiliares: SVP - Sistema de Ventilação Principal

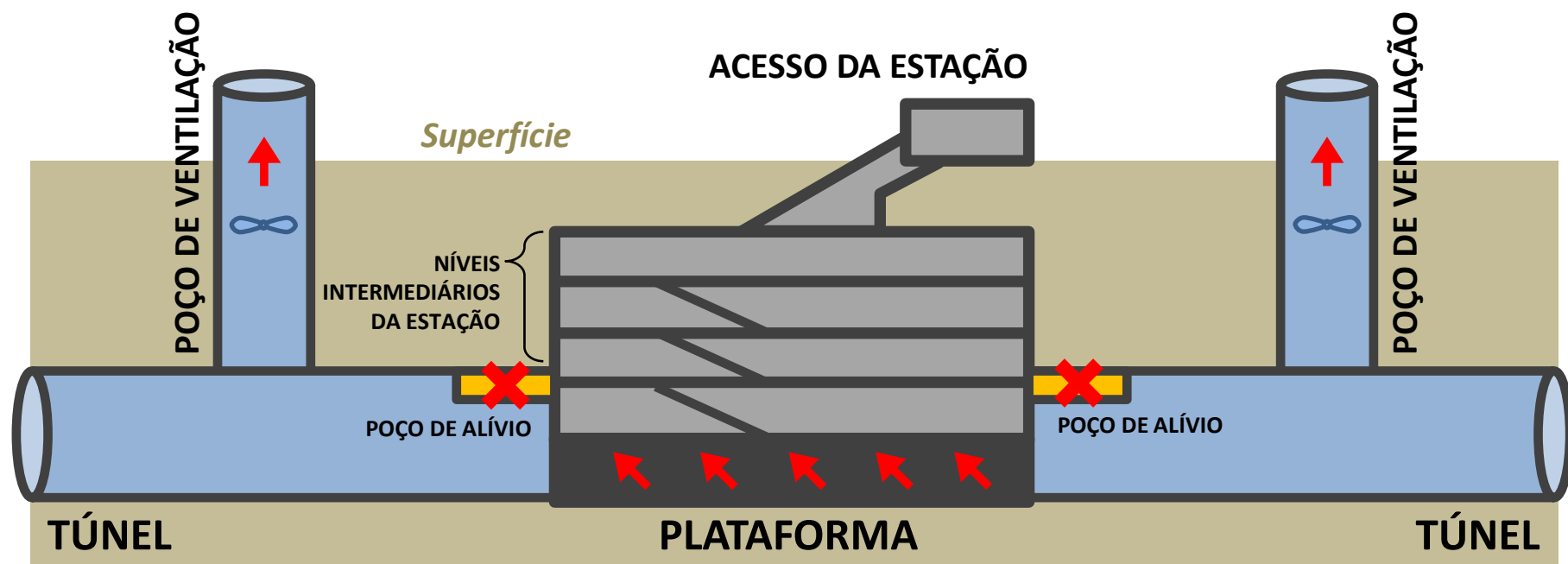


[Clique para animação](#)

# Cenário Atual – Metrô SP

## Sistema de Ventilação Principal – Estações e Túneis

Rotina 2: Situação de incêndio no trem ou em equipamentos da estação no nível da plataforma

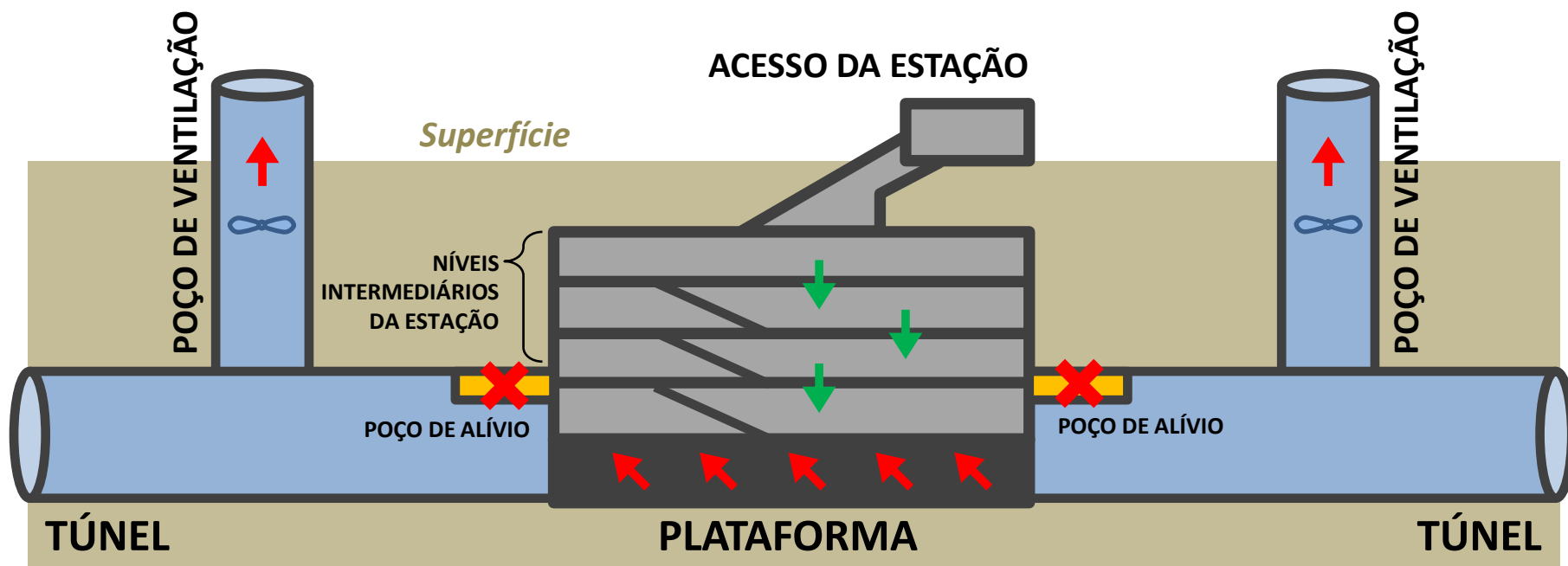


[Clique para animação](#)

# Cenário Atual – Metrô SP

## Sistema de Ventilação Principal – Estações e Túneis

**Rotina 3: Situação de fumaça no trem ou em equipamentos da estação no nível da plataforma**

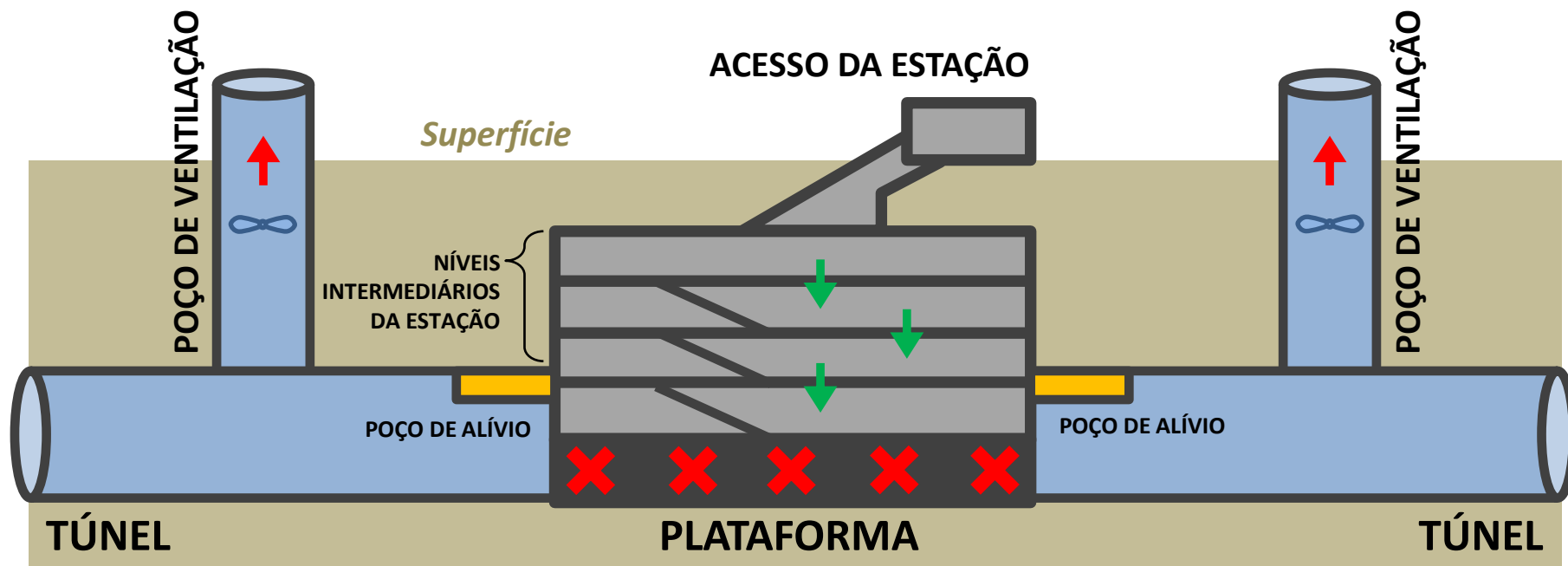


[Clique para animação](#)

# Cenário Atual – Metrô SP

## Sistema de Ventilação Principal – Estações e Túneis

### Rotina 5: Situação de princípio de incêndio e fumaça nos túneis



[Clique para animação](#)



# Cenário Atual – Metrô SP

## Análise Geral: limitações

- ✓ Não há automatismo, placas de sinalização de rotas de fuga acesas constantemente
- ✓ Uma estação pode controlar somente o seu domínio.
- ✓ Operação manual.
- ✓ O operador não tem informação sobre a posição das placas e saídas de emergência. Existe apenas uma planilha com o endereçamento de cada placa.
- ✓ Não existe informação de retorno que confirme o estado das placas de sinalização de rotas de fuga que foram comandadas.

# Pesquisa – Rotas de Fuga em Outros Metrô

## Análise geral das respostas obtidas por outras operadoras.

- ✓ Possuem rotinas ou procedimentos operacionais concretos para conduzir situações de emergência de forma segura, apesar das diferentes tecnologias e épocas de construção de suas linhas.
- ✓ Possuem placas de sinalização de rota de fuga em seus túneis, com modelos diversificados.
- ✓ O escape das regiões de sinistro ou as evacuações normais sempre ocorrem com a orientação de funcionários treinados.
- ✓ **Não possuem automatização de sinalização de rotas de fuga de acordo com a situação de emergência, bem como nenhum tipo de integração entre sistemas de segurança (ventilação principal, detecção de incêndio, sinalização dos trens etc.)**

# Proposta do SGRF – Sistema de Gerenciamento de Rotas de Fuga

## Premissas para a concepção:

- ✓ Modificações necessárias no CCO e nas estações.
- ✓ A criação de um SGRF Local e outro SGRF Central.
- ✓ Possibilitar interfaces futuras entre o SGRF e os sistemas auxiliares.

## Âmbito da Estação:

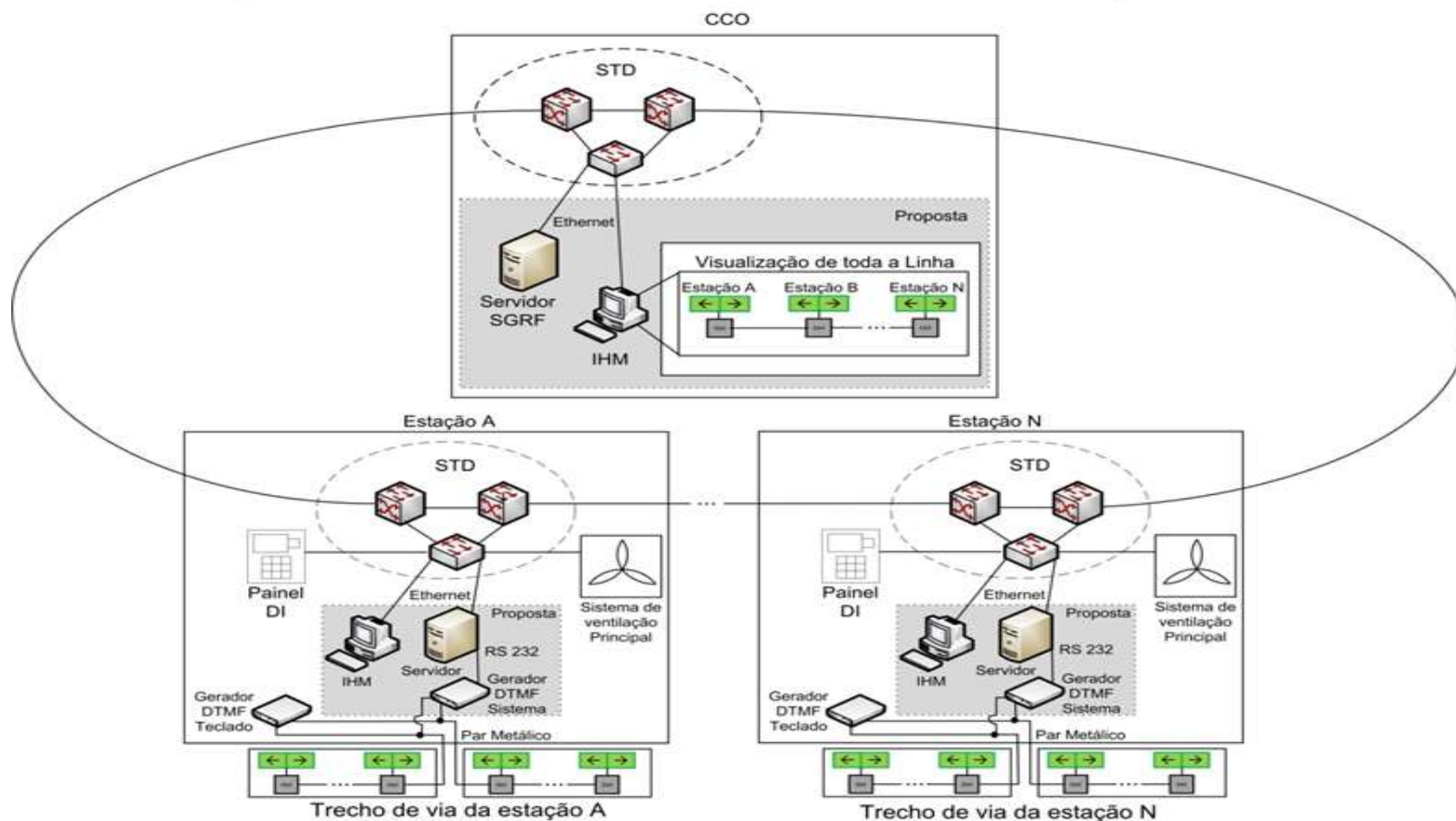
- ✓ Módulo gerador DTMF remoto.
- ✓ Criação de um servidor e uma IHM (Interface Homem-máquina).

## Âmbito do CCO:

- ✓ Criação de um servidor e uma IHM que integre as localidades.
- ✓ Comunicação pelo STD (Sistema de Transmissão de Dados).

# Proposta do SGRF – Sistema de Gerenciamento de Rotas de Fuga

Arquitetura do Sistema de Gerenciamento de Rota de Fuga - SGRF



# Proposta do SGRF – Sistema de Gerenciamento de Rotas de Fuga

## Soluções para as limitações do sistema atual:

Sistema Atual	SGRF Proposto
Não há automatismo, placas de sinalização de rotas de fuga acesas constantemente	O sistema seria automatizado
Uma estação pode controlar somente o seu domínio	O CCO teria a capacidade de fazer o gerenciamento da rota de fuga em túneis em toda a linha
Operação manual	Localmente, o operador de estação poderia acessar as informações de rota de fuga em túneis, e por meio da IHM poderia comandar as placas de rota de fuga sob seu domínio.
O operador não tem informação sobre a posição das placas e saídas de emergência. Existe apenas uma planilha com o endereçamento de cada placa.	A IHM do CCO possuirá o esquemático da linha de metrô e permitirá a localização de todos os poços e saídas de emergência, bem como das placas de sinalização de rota de fuga. Na estação, a IHM permitirá a visualização de informações das placas sob seu domínio
Não existe informação de retorno que confirme o estado das placas de sinalização de rotas de fuga que foram comandadas	O SGRF enviará o último comando periodicamente. Recomenda-se um planejamento de manutenção preventiva das placas e suas respectivas caixas de controle.

# Proposta do SGRF – Sistema de Gerenciamento de Rotas de Fuga

## Método de Determinação da Rota de Fuga

### ✓ *Critério da menor distância*

Situações normais de evacuação.

Áreas de túnel não afetadas por fogo ou fumaça.

### ✓ *Critério de afastamento do ponto de origem da ocorrência*

Situações de incêndio na plataforma ou em túneis (fogo ou fumaça).

### ✓ *Critério de menor distância em área com fumaça*

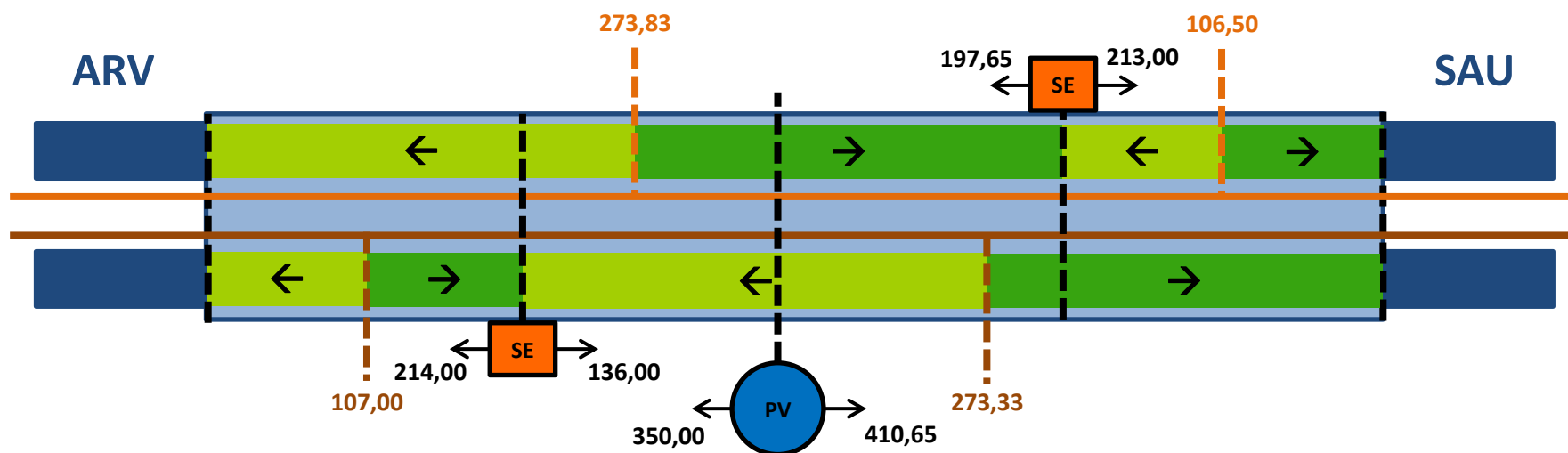
Áreas afetadas pela fumaça (e não diretamente pelo fogo), em que é possível escolher ambos os sentidos de fuga (permite às pessoas a fuga pela menor distância possível dentro da fumaça).



# Proposta do SGRF – Sistema de Gerenciamento de Rotas de Fuga

## Determinação do Estado das Placas – Estudo do trecho SAU / ARV

Caso 1: situação normal (evacuação normal).

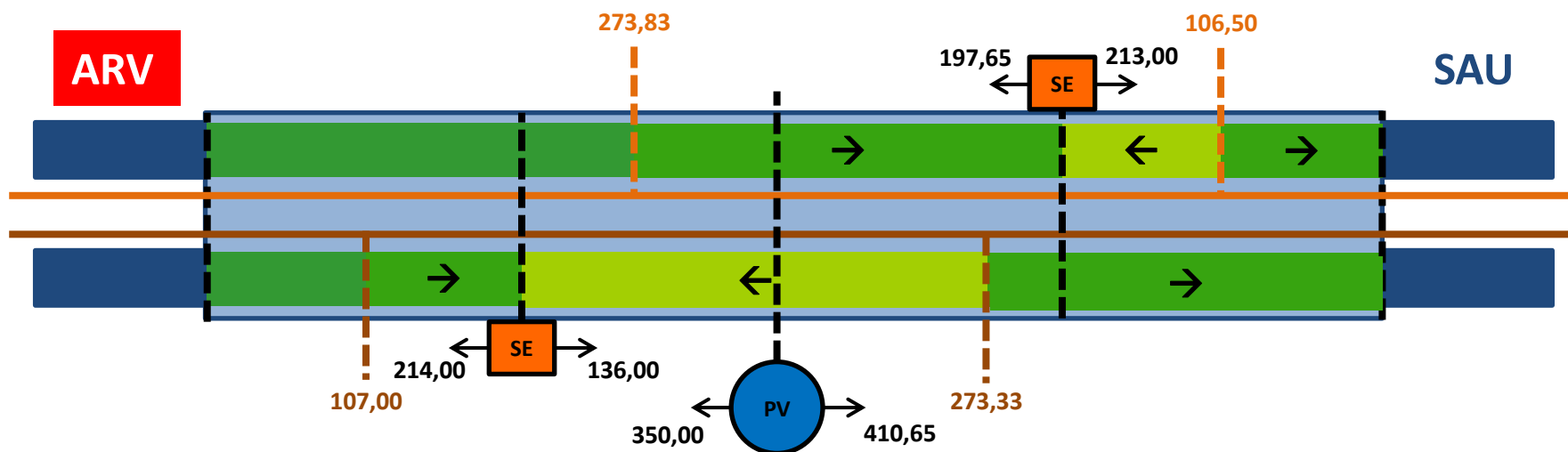


[Clique para animação](#)

# Proposta do SGRF – Sistema de Gerenciamento de Rotas de Fuga

## Determinação do Estado das Placas – Estudo do trecho SAU / ARV

Caso 2: incêndio / fumaça no mezanino de ARV.

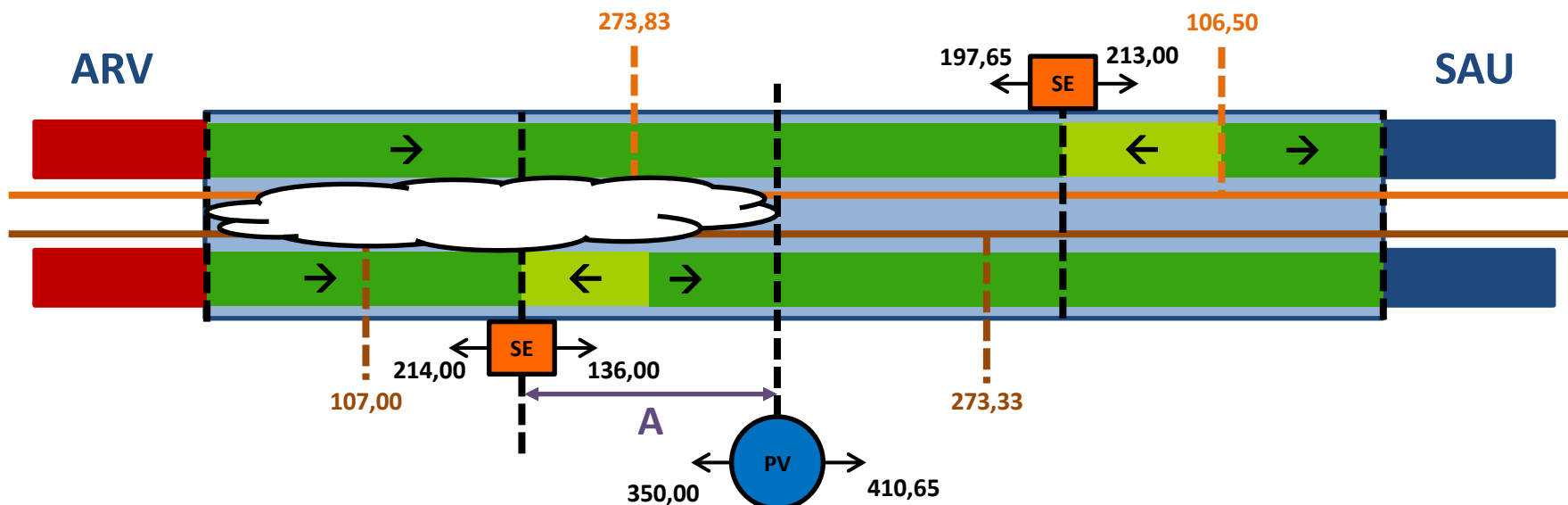


[Clique para animação](#)

# Proposta do SGRF – Sistema de Gerenciamento de Rotas de Fuga

## Determinação do Estado das Placas – Estudo do trecho SAU / ARV

Caso 3: incêndio / fumaça na plataforma de ARV.

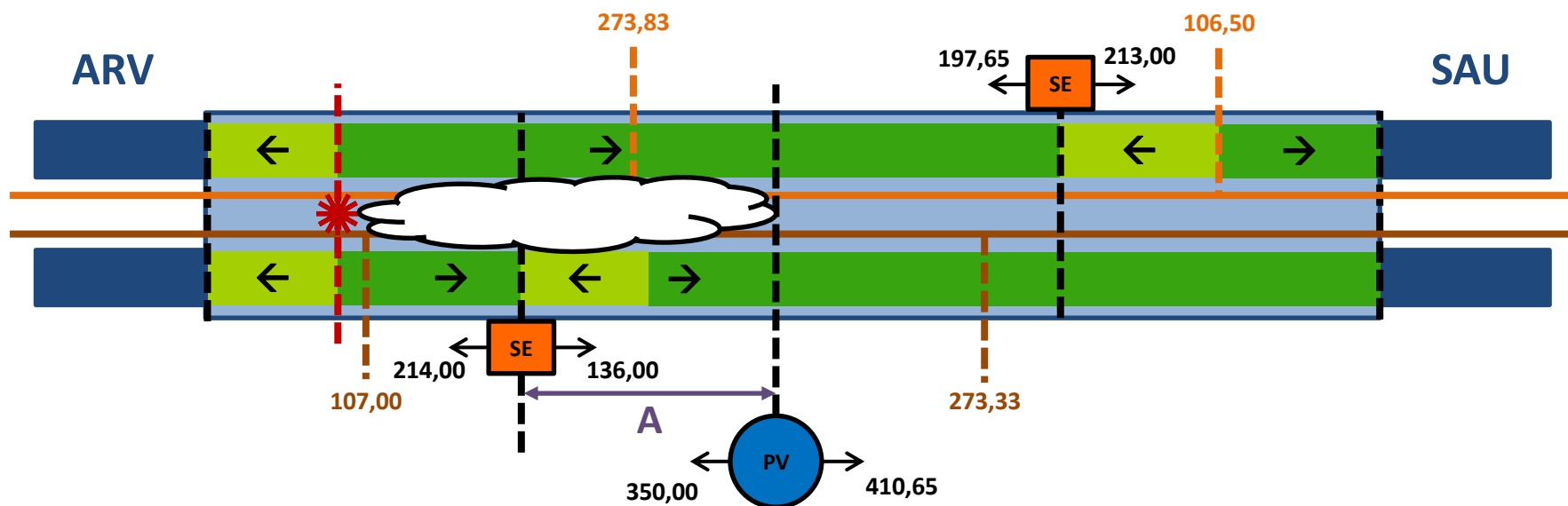


Clique para animação

# Proposta do SGRF – Sistema de Gerenciamento de Rotas de Fuga

## *Determinação do Estado das Placas – Estudo do trecho SAU / ARV*

Caso 4: incêndio / fumaça entre ARV e a SE.



Clique para animação

# Proposta do SGRF – Sistema de Gerenciamento de Rotas de Fuga

## Método de Determinação da Rota de Fuga

*Em um trecho com fumaça, é extremamente necessário escapar rapidamente, evitando ao máximo os efeitos físicos e psicológicos que ela proporciona.*

*Portanto, nem sempre a melhor rota é a mais próxima de uma saída de emergência, mas sim é aquela em que se permaneça menos tempo envolto pela fumaça.*



# Implementação de Solução por Software

## O Software

- ✓ Permite a automatização e o gerenciamento do Sistema de Sinalização de Rota de Fuga atual.
- ✓ Baseado em arquitetura cliente – servidor em que, para determinadas funções, ambos (SGRF Central e SGRF Local) assumem o papel de cliente e de servidor.
- ✓ Atende aos requisitos de ergonomia, usabilidade e segurança adotados pelo Metrô.



# Implementação de Solução por Software

## Principais Requisitos Funcionais

- ✓ Funcionar como um sistema único.
- ✓ Atender aos critérios de direcionamento das placas de rotas de fuga estudados.
- ✓ Implementar um modo de controle do sistema, de forma a garantir que, num determinado instante, somente uma entidade (SGRF Central ou SGRF Local, de forma automática ou por meio de ação humana) comande as placas de sinalização de rotas de fuga de uma determinada localidade.
- ✓ Possibilitar a ação humana, prioritária em relação ao automatismo.

# Implementação de Solução por Software

## Principais Requisitos Funcionais

- ✓ Apresentar na tela a rotina do SVP que está ativa e o *status* dos ventiladores de túneis.
- ✓ Apresentar na tela a posição real das placas de sinalização de rotas de fuga.
- ✓ Apresentar na tela o *status* da conexão entre o SGRF Central e o SGRF Local da respectiva estação.
- ✓ Informar aos operadores, por meio de alarmes sonoros e visuais, quando houver:
  - ✓ Falhas de comunicação.
  - ✓ Anormalidades no sistema.
  - ✓ Novas ocorrências.

# Implementação de Solução por Software

*Demonstração do Funcionamento (Vídeo)*



# Conclusão

- ✓ Crescente preocupação com a segurança dos usuários em situações de emergência, principalmente devido à demanda cada vez maior.
- ✓ Necessidade de atualização de sistemas antigos ou obsoletos (sinalização da rota de fuga).
- ✓ SGRF : ferramenta que deve auxiliar em situações de emergência que envolvam evacuação.
- ✓ Diversas áreas técnicas foram envolvidas e todas mostraram interesse e confirmaram a necessidade.
- ✓ Sistema possível de ser implantado, com benefícios reais e a curto prazo.
- ✓ Referência para novos projetos em São Paulo ou em metrô de outras cidades do Brasil e do mundo.

# Automatização do Sistema de Sinalização de Rotas de Fuga em Túneis do Metrô de São Paulo

*José Augusto de Araujo Junior – [araujojr@metrosp.com.br](mailto:araujojr@metrosp.com.br)*

*Renato Ferreira da Costa – [renato.fcosta@metrosp.com.br](mailto:renato.fcosta@metrosp.com.br)*

*Ricardo Frade Mourinho – [rfmourino@metrosp.com.br](mailto:rfmourino@metrosp.com.br)*

*Agradecimento especial ao Prof. Dr. Paulo Sérgio Cugnasca*

# Obrigado

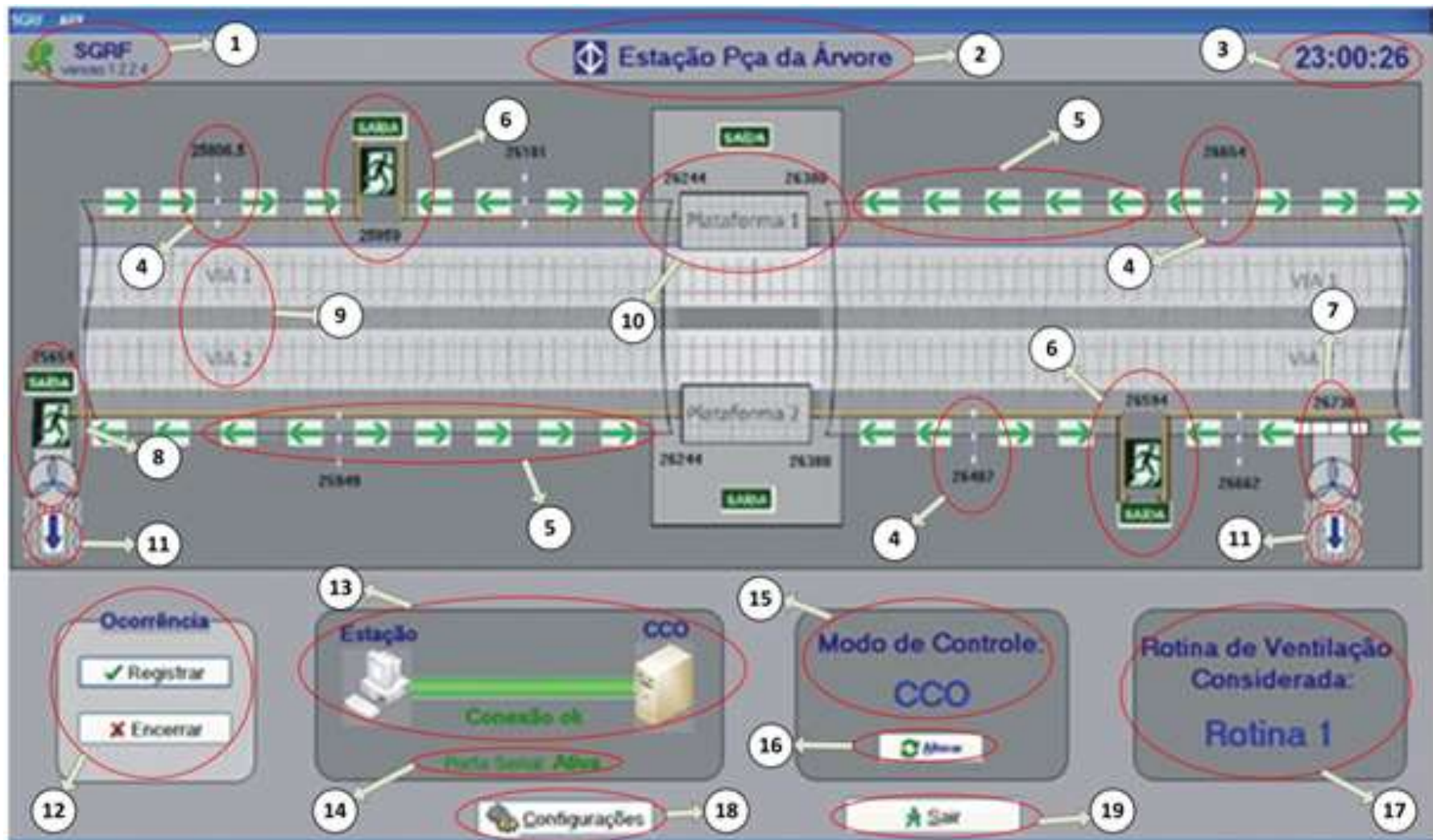


# ANEXOS





# Telas do Software



# Telas do Software

SGRF - ARV

**SGRF**  
versao 1.2.2.4

**Estação Pça da Árvore**

23:01:58

**OCORRÊNCIA**

Local Ocorrência  
 Plataforma / Via     níveis intermediários

Ocorrência de incêndio  
 SIM     NÃO


KM Ocorrência  
 26300

**Ocorrência**

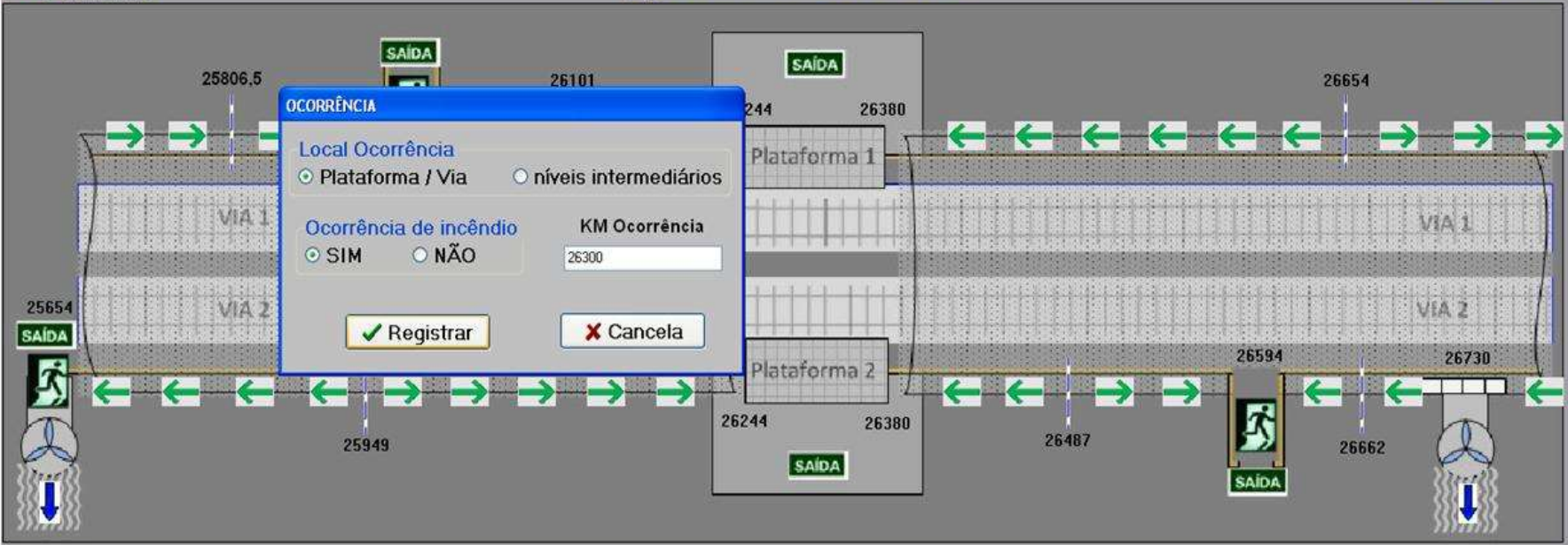
**Estação**    **CCO**

 **Conexão ok**

Porta Serial: **Ativa**

**Modo de Controle:**  
**CCO**

**Rotina de Ventilação Considerada:**  
**Rotina 1**





# Telas do Software

SGRF - ARV

SGRF versão 1.2.2.4

Estação Pça da Árvore

23:02:02

VIA 1

VIA 2

Plataforma 1

Plataforma 2

SAÍDA

SAÍDA

SAÍDA

SAÍDA

25806.5

26101

25959

26244

26380

26654

25654

25949

26244

26380

26487

26594

26662

26730

Ocorrência

✓ Registrar

✗ Encerrar

Estação

CCO

Conexão ok

Porta Serial: Ativa

Configurações

Modo de Controle:

CCO

Alterar

Rotina de Ventilação Considerada:

Rotina 2

Sair







# Telas do Software

SGRF - ARV

SGRF versão 1.2.2.4

Estação Pça da Árvore

23:11:08

Ocorrência

✓ Registrar

✗ Encerrar

Estação

CCO

Conexão ok

Porta Sinal: Ativa

Configurações

Modo de Controle:

CCO

Alterar

Sair

Rotina de Ventilação Considerada:

Rotina 1







# Telas do Software

SGRF - ARV

SGRF versão 1.2.2.4

Estação Pça da Árvore

23:25:33

VIA 1

VIA 2

Plataforma 1

Plataforma 2

SAÍDA

SAÍDA

SAÍDA

SAÍDA

25806,5

26101

26244

26380

26654

25959

25654

25949

26244

26380

26487

26594

26662

26730

Ocorrência

✓ Registrar

✗ Encerrar

Estação

CCO

Conexão ok

Porta Serial: Ativa

Configurações

Modo de Controle:

CCO

Alterar

Rotina de Ventilação Considerada:

Rotina 1

Sair

# Telas do Software

SGRF - ARV

SGRF versão 1.2.2.4

Estação Pça da Árvore

23:27:26

VIA 1

VIA 2

Plataforma 1

Plataforma 2

SAÍDA

SAÍDA

SAÍDA

SAÍDA

25806,5

26101

26244

26380

26654

25959

25654

25949

26487

26594

26730

26662

Ocorrência

✓ Registrar

✗ Encerrar

Estação

CCO

Conexão ok

Porta Serial: Inativa

Configurações

Modo de Controle:

CCO

Alterar

Rotina de Ventilação Considerada:

Rotina 1

Sair