



# **MONITORAMENTO DAS ESTRUTURAS DA PONTE ESTAIADA – ESTAÇÃO SANTO AMARO**



# Escopo

O sistema de monitoramento contínuo e automatizado é composto por sensores de vibração (acelerômetros) e uma estação meteorológica compacta na Estação/Ponte Metroferroviária Santo Amaro, inaugurada em 20/10/2002, que está localizada na Av. Guido Caloi, 2.221 sobre o rio Pinheiros em São Paulo – SP.



# Objetivos

As posições e direções dos sensores possibilitam o acompanhamento pela manutenção das frequências naturais e das deformadas modais da estrutura, possibilitando a avaliação contínua de eventuais degradações da estrutura e surgimento de anomalias.



# Vistas



Vista geral da ponte estaiada.



Vista geral do mastro e ancoragens.



# Esquema Estais

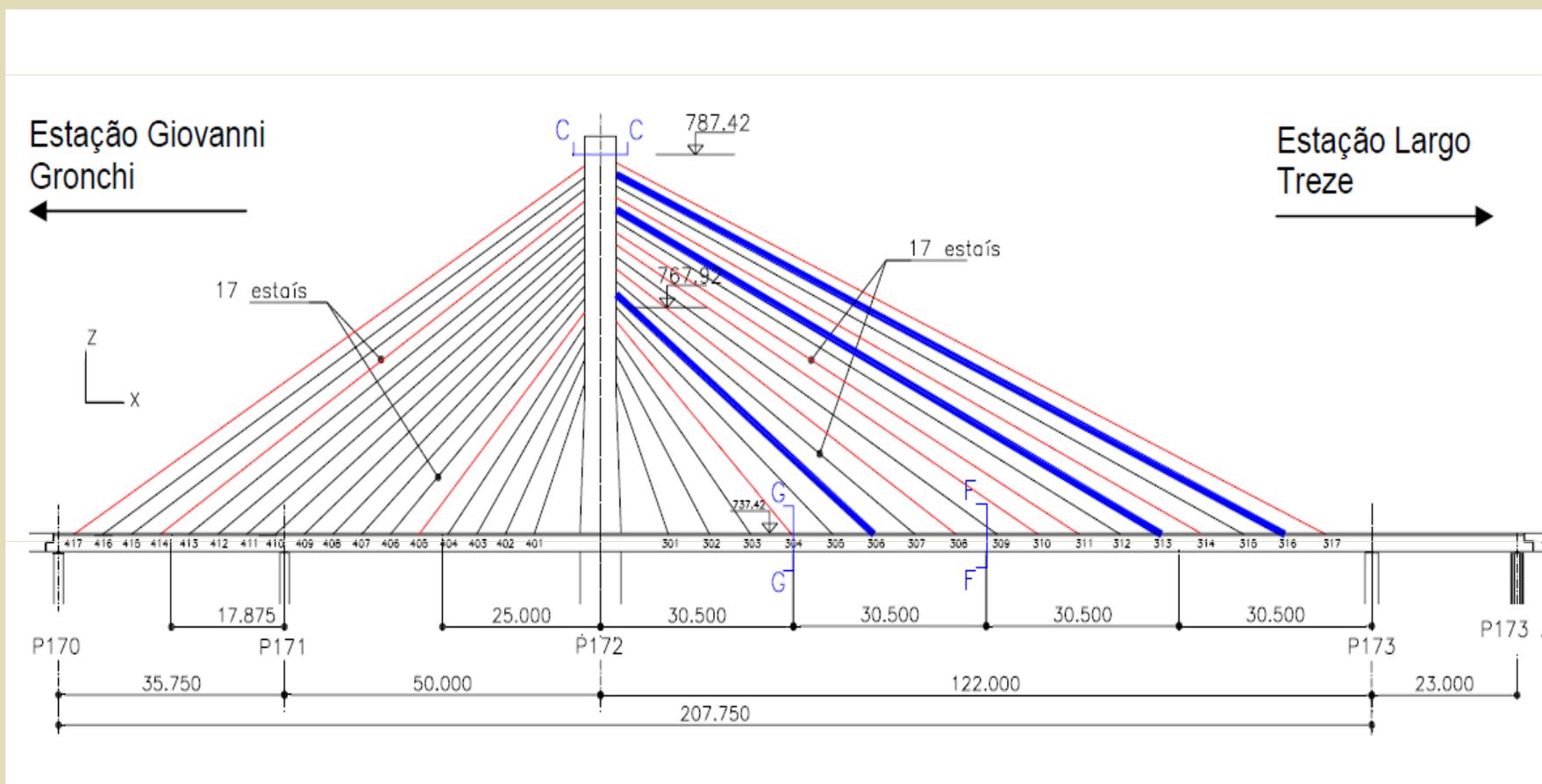


Figura 1 – Seções instrumentadas na ponte estaiada



# Atividades Desenvolvidas

A equipe técnica realizou a instalação dos instrumentos no topo do mastro, nos estais 304 e 317, e na seção 304 do caixão, localizada a  $\frac{1}{4}$  do maior vão e seção 309 do caixão, localizada no  $\frac{1}{2}$  do maior vão.



# Instalação dos Instrumentos

No mastro foram instalados dois acelerômetros um serial e outro terminal, nos eixos x e y.

Para realizar uma completa análise da estrutura, foi necessário realizar a medição da direção e velocidade do vento na estação, instalando um sensor ultrassônico WS-200 – UMB da marca LUFFT.



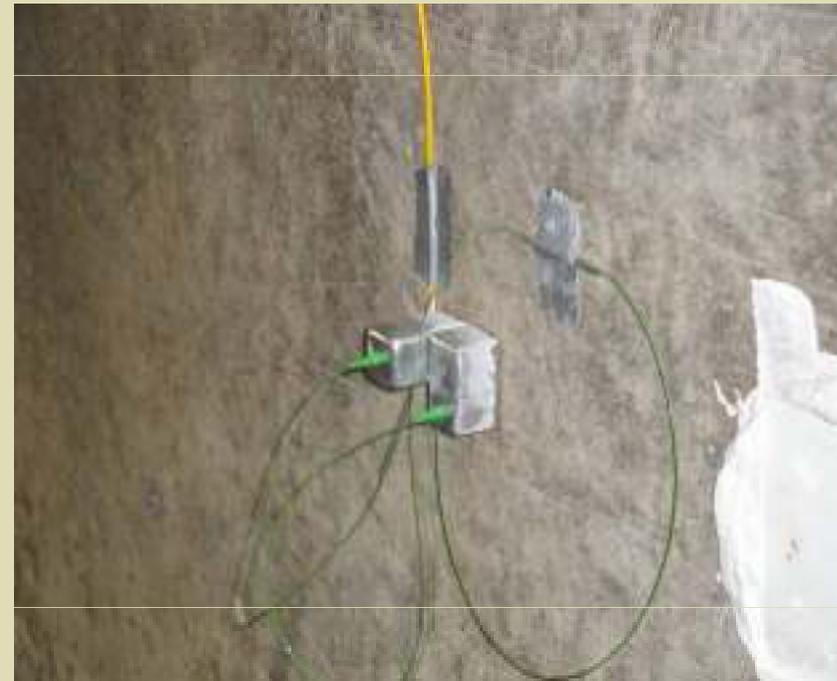
Instalação do sensor ultrassônico WS-200 na tubulação de aço galvanizado no topo do mastro.



Vista do sensor ultrassônico WS-200 fixado na estrutura



Vista dos acelerômetros instalados  
na El. 787,42 m.



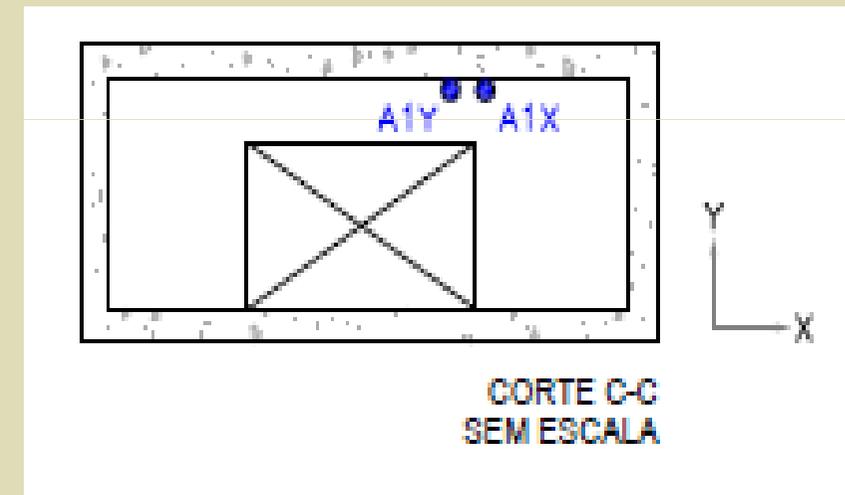
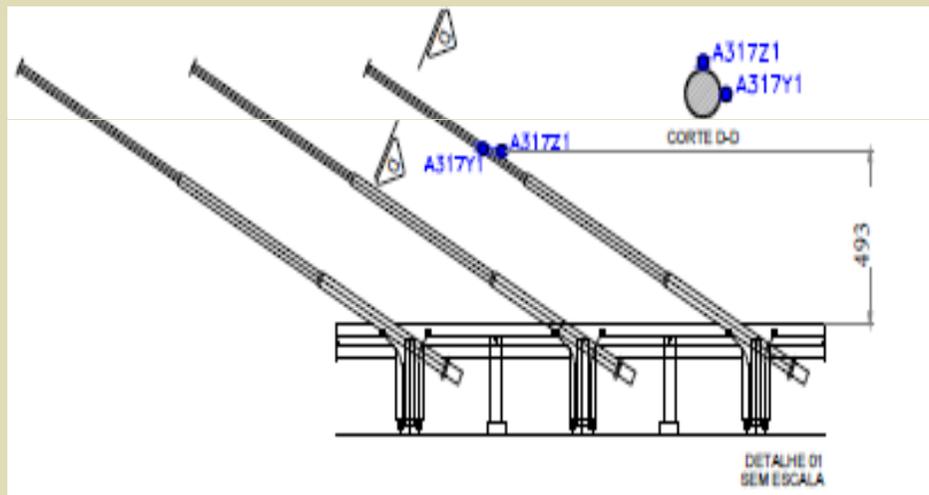
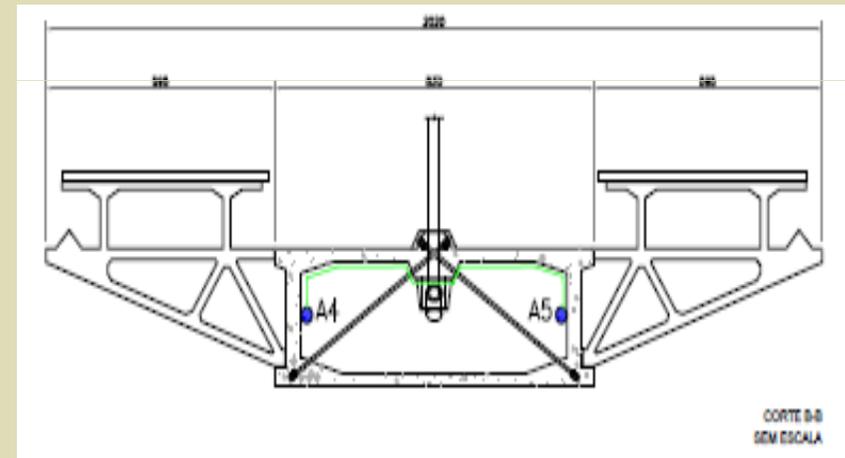
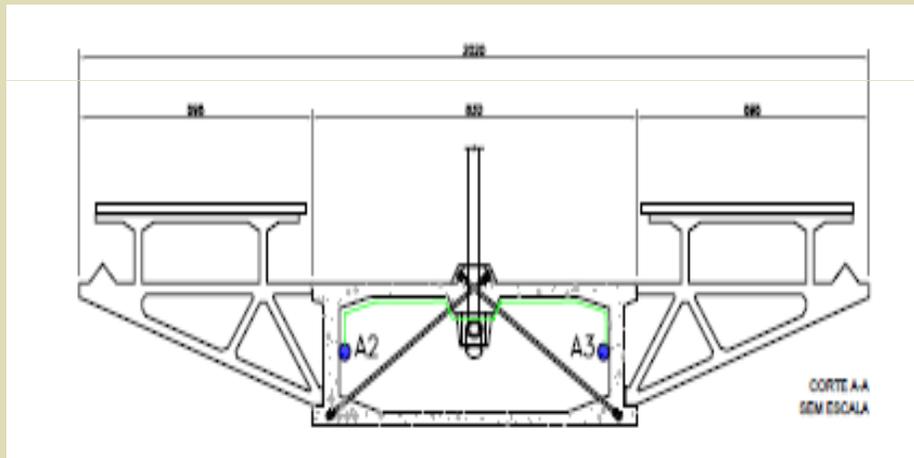
Instalação dos sensores na seção 304  
no interior da superestrutura.



Nos estais 304 e 317 foram instalados dois acelerômetros em cada, um serial e um terminal, nos eixos z1 e y1, junto com o cabo secundário, que realiza a ligação com os sensores dos estais.

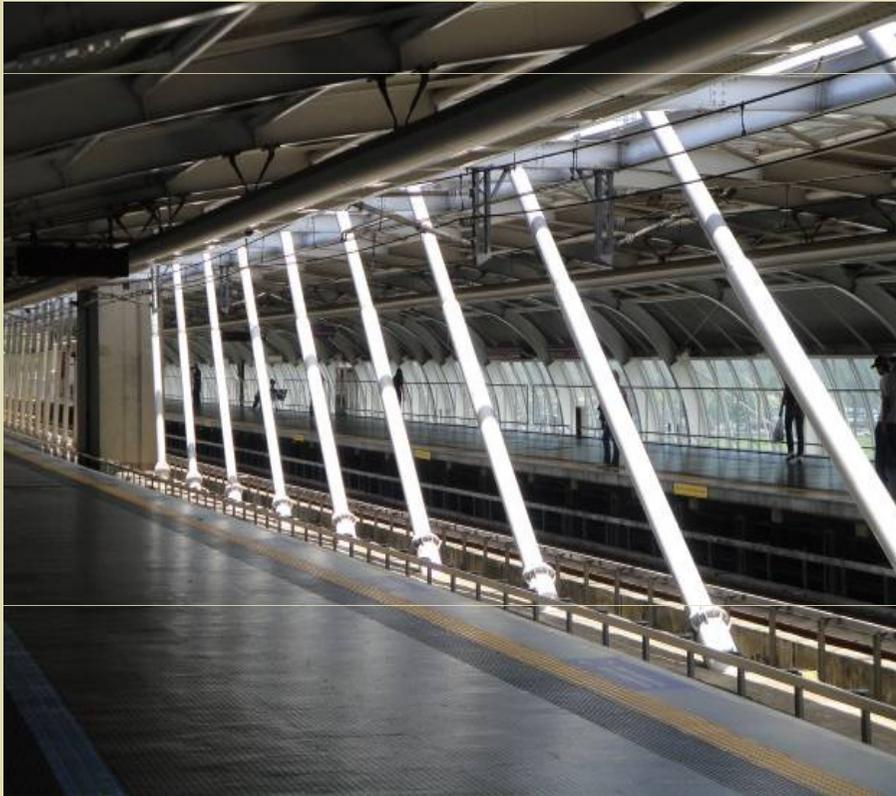


# Croquis das Seções Instrumentadas

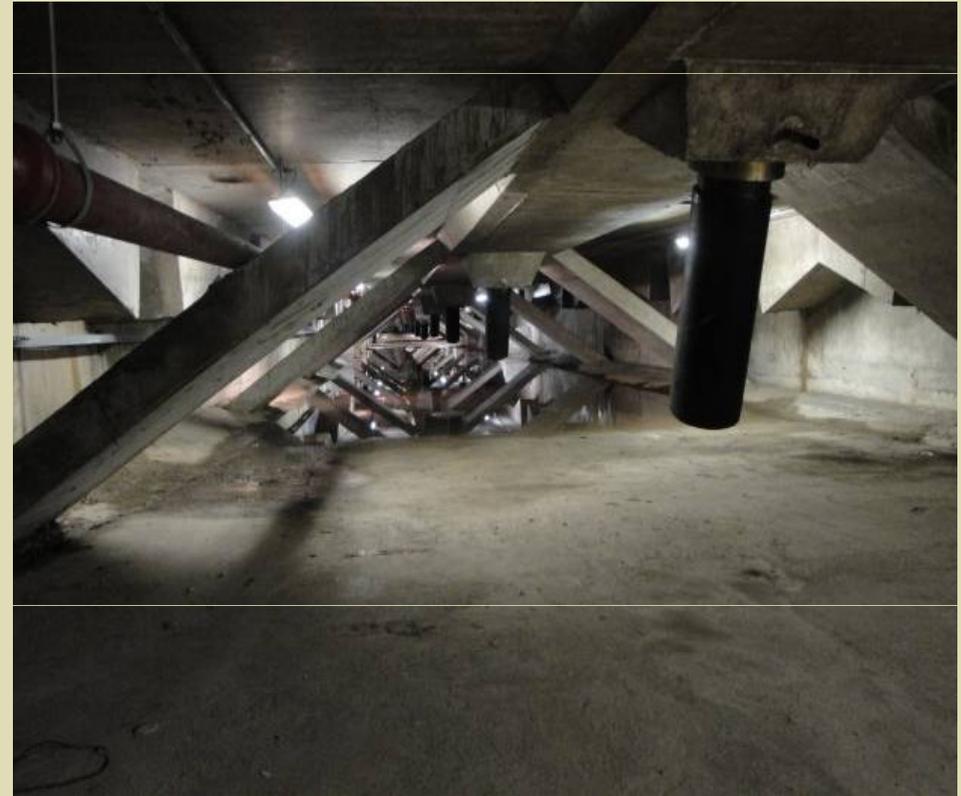




# Fotos



Vista geral da plataforma 01 sentido Capão Redondo.



Vista geral do caixão sentido seção 317.



Vista dos acelerômetros no estai 304



Vista do estai 317 instrumentado com os sensores, nos eixos Z 1e Y1.



# Central de Aquisição de Dados

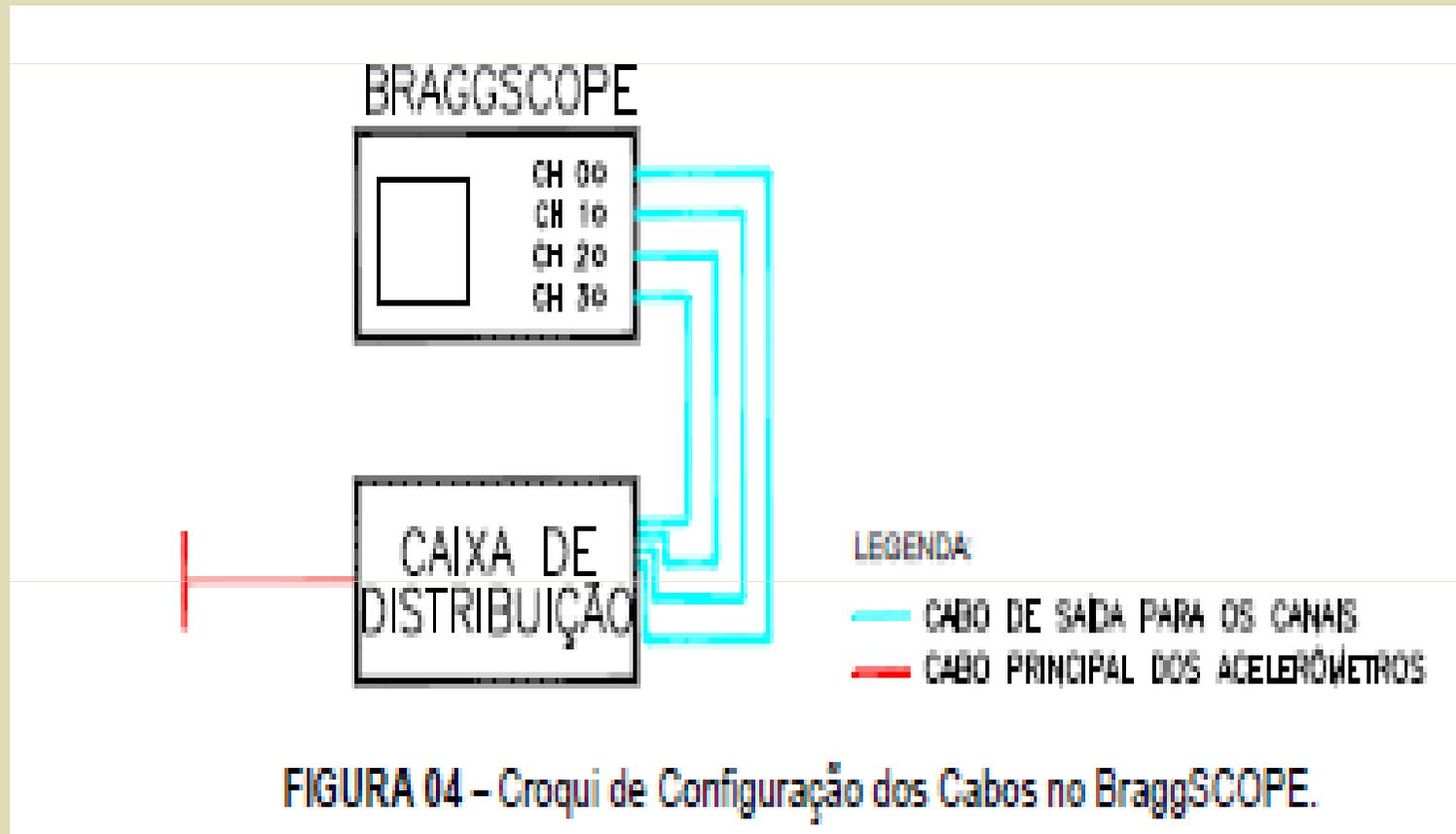
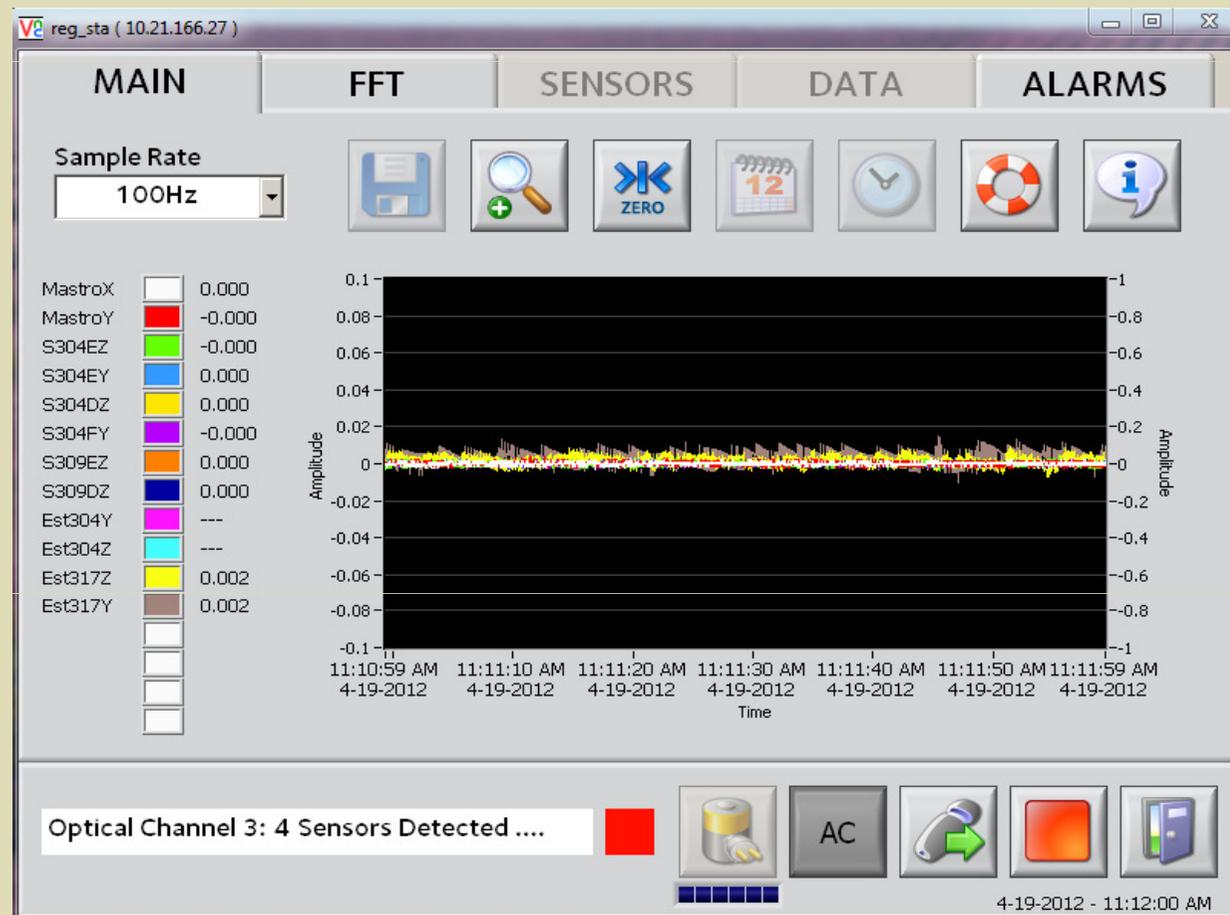




Imagem do BraggSCOPE Instalado.



# Controle de vibrações com informações online





# Tabelas

TABELA 01 – Metragem do Cabo Utilizado

Cabeamento Utilizado			
Cabo	Local	Comprimento ( m )	Nº de Sensores
Principal	Caixa de Passagem Ótica até SPC 64	170	-
Secundário	Mastro até Caixa de Passagem Ótica	70	2
Secundário	S304 até Caixa de Passagem Ótica	40	4
Secundário	S309 até Caixa de Passagem Ótica	80	2
Secundário	Estal 304 até Caixa de Passagem Ótica	40	2
Secundário	Estal 317 até Caixa de Passagem Ótica	140	2
Estação Meteorológica	Mastro até SPC 64	240	1
Total	-	780	12 Acelerômetros e 1 Anemômetro



**TABELA 02 – Configuração dos Sensores**

Configuração dos Sensores		
Posição de Medida	Local	Direção
A1Y	Mastro (El. 787,42 m)	Horizontal (Y)
A1X	Mastro (El. 787,42 m)	Horizontal (X)
A2V	Caixão (1/4 do vão principal)	Vertical (Z)
A3V	Caixão (1/4 do vão principal)	Vertical (Z)
A2Y	Caixão (1/4 do vão principal)	Horizontal (Y)
A3Y	Caixão (1/4 do vão principal)	Horizontal (Y)
A4V	Caixão (1/2 do vão principal)	Vertical (Z)
A5V	Caixão (1/2 do vão principal)	Vertical (Z)
A304Y1	Estai 304	Eixo Y1
A304Z1	Estai 304	Eixo Z1
A317Y1	Estai 317	Eixo Y1
A317Z1	Estai 317	Eixo Z1



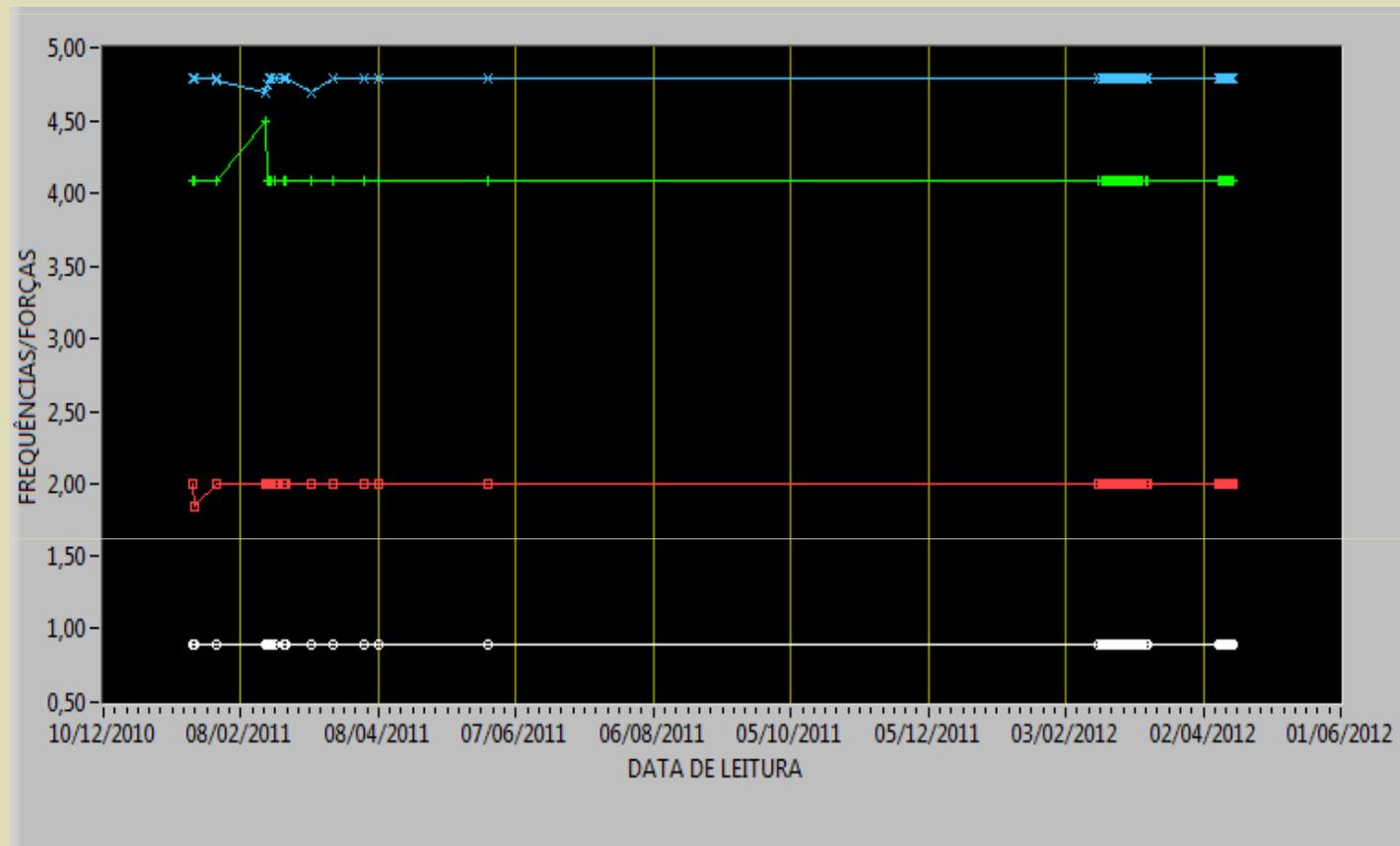
# Análise dos Dados

Os dados dos sensores de aceleração são armazenados no hard disk do BraggSCOPE, possibilitando à manutenção civil a coleta das medidas de aceleração por meio de rede interna do Metrô. Os dados da estação são lidos com frequência de 1 segundo e armazenados em computador próprio.

A manutenção civil coleta os dados



# Software de controle de vibrações





# Estação Meteorológica

A estação meteorológica compacta WS-200 – UMB possibilita que seja captada informações de grande relevância como a velocidade do ar entre 0 a 60 m/s (0 a 216 km/h), com uma precisão de  $\pm 0,3$  m/s, (01 km/h). O instrumento ainda informa a direção do vento em  $359,9^\circ$ , sendo sua precisão de  $\pm 03^\circ$ . Sua comunicação com o software Smartview é por meio de um protocolo de comunicação RS-485.



# WS-200 UMB instalado





# Aquisição e Transmissão de Dados

Para aquisição dos dados da estação meteorológica foi utilizado um computador onde está instalado o software SmartView que gerencia, armazena e transmite os dados para o C.C.5.



Os limites de velocidade estabelecidos pelas normas são identificados pelo software e sinalizados com as seguintes cores:

- Verde – Velocidade do vento abaixo de 60 km/h, operação normal;
- Amarelo – Velocidade do vento acima de 60 km/h e abaixo de 80 km/h, operação com restrição de velocidade;
- Vermelho – Velocidade do vento acima de 80 km/h, paralização da operação comercial.

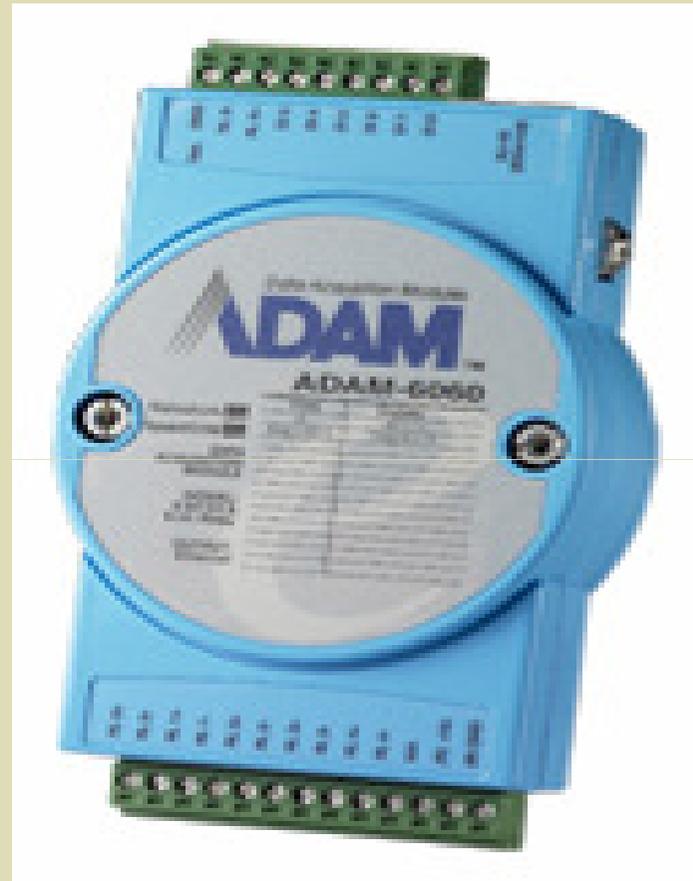


# Transmissão de Dados

O módulo ADAM 6060 transmite os sinais que estão armazenados no computador, que foram coletados da estação meteorológica, para o sistema de rede interna do Metrô, possibilitando o acompanhamento em tempo real da situação do vento.



# Módulo ADAM 6060





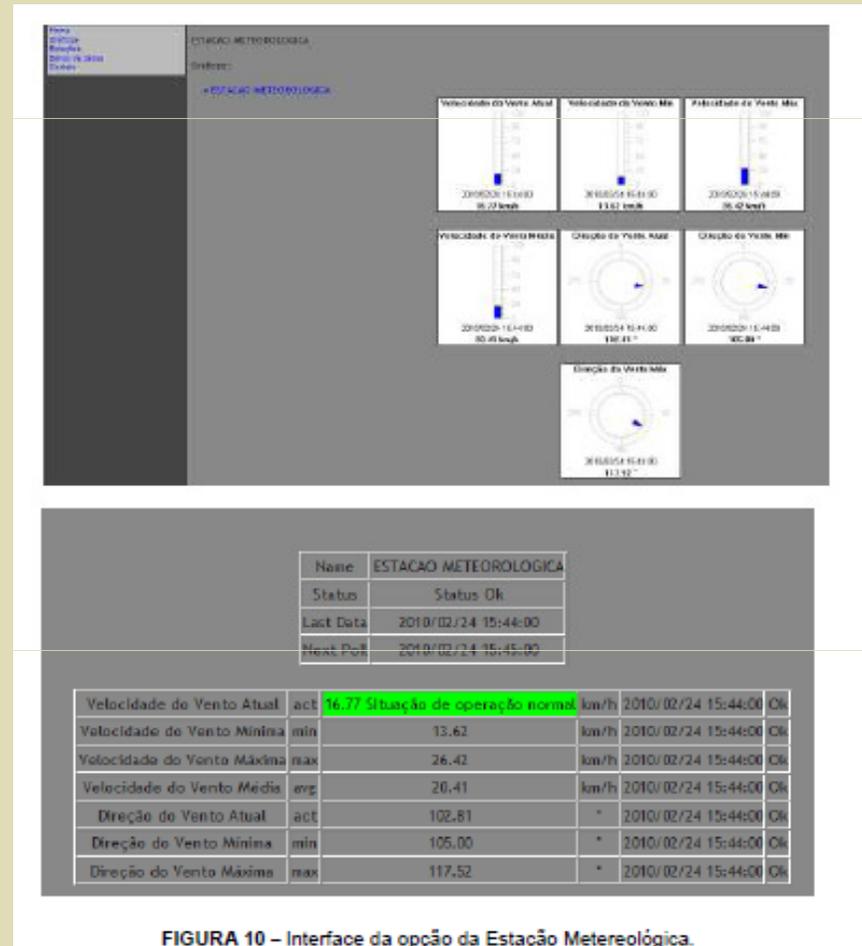
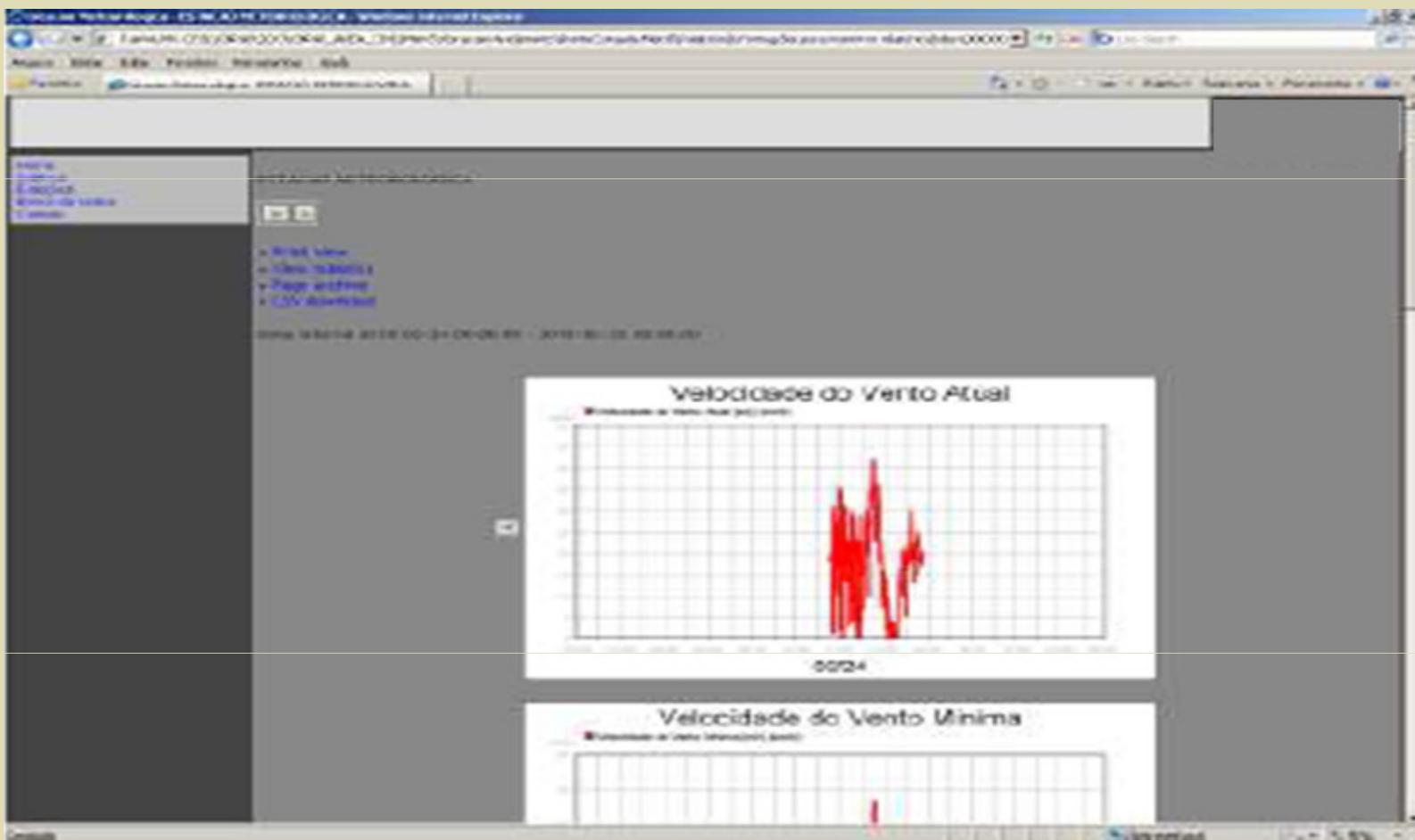


FIGURA 10 – Interface da opção da Estação Meteorológica.

As figuras a seguir ilustram os gráficos dos parâmetros medidos em tempo real e a mensagem “Situação de operação normal” na cor verde.



**FIGURA 09 – Interface da opção do Gráfico.**



A opção Banco de Dados tem por sua finalidade disponibilizar ao usuário dados de todos os períodos monitorados que se encontrem armazenados.



FIGURA 11 – Interface da opção do Banco de Dados.



**ELABORAÇÃO:  
COORDENADORIA CIVIL DA GERÊNCIA DE MANUTENÇÃO DO METRÔ DE  
SÃO PAULO  
MTT/EPC/CIV**

***OBRIGADO!***



***MONITORAMENTO DAS ESTRUTURAS DA PONTE ESTAIADA –  
ESTAÇÃO SANTO AMARO***

Sergio Pinto Michishita

**Metrô de São Paulo**

**Gerência de Manutenção – Coordenadoria de  
Estudos e Planejamento da Manutenção das  
Estruturas e Instalações Civas e Projetos de  
Adequações Civas nas Instalações**