



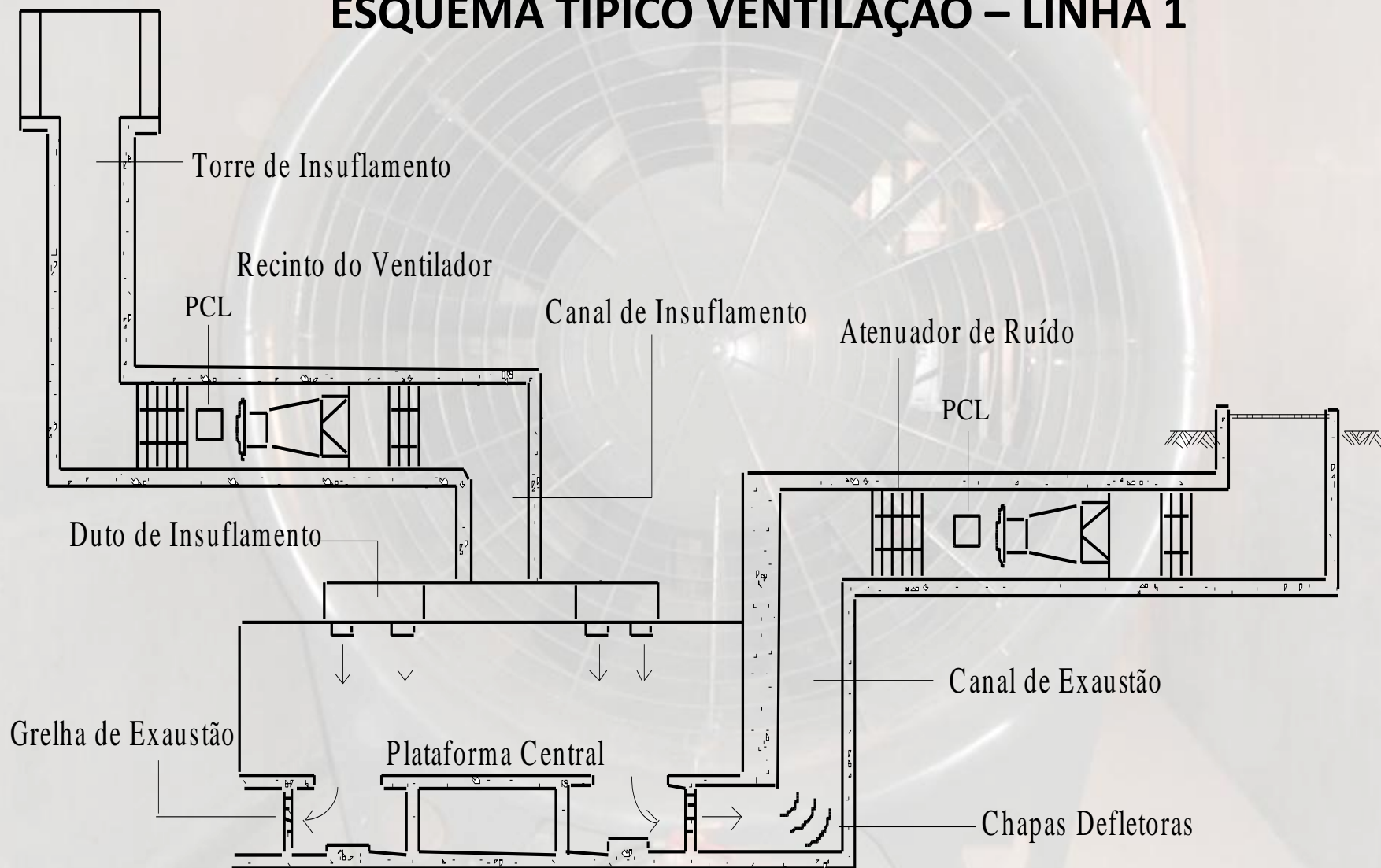
# **18ª Semana de Tecnologia Metroferroviária – Fórum Técnico**

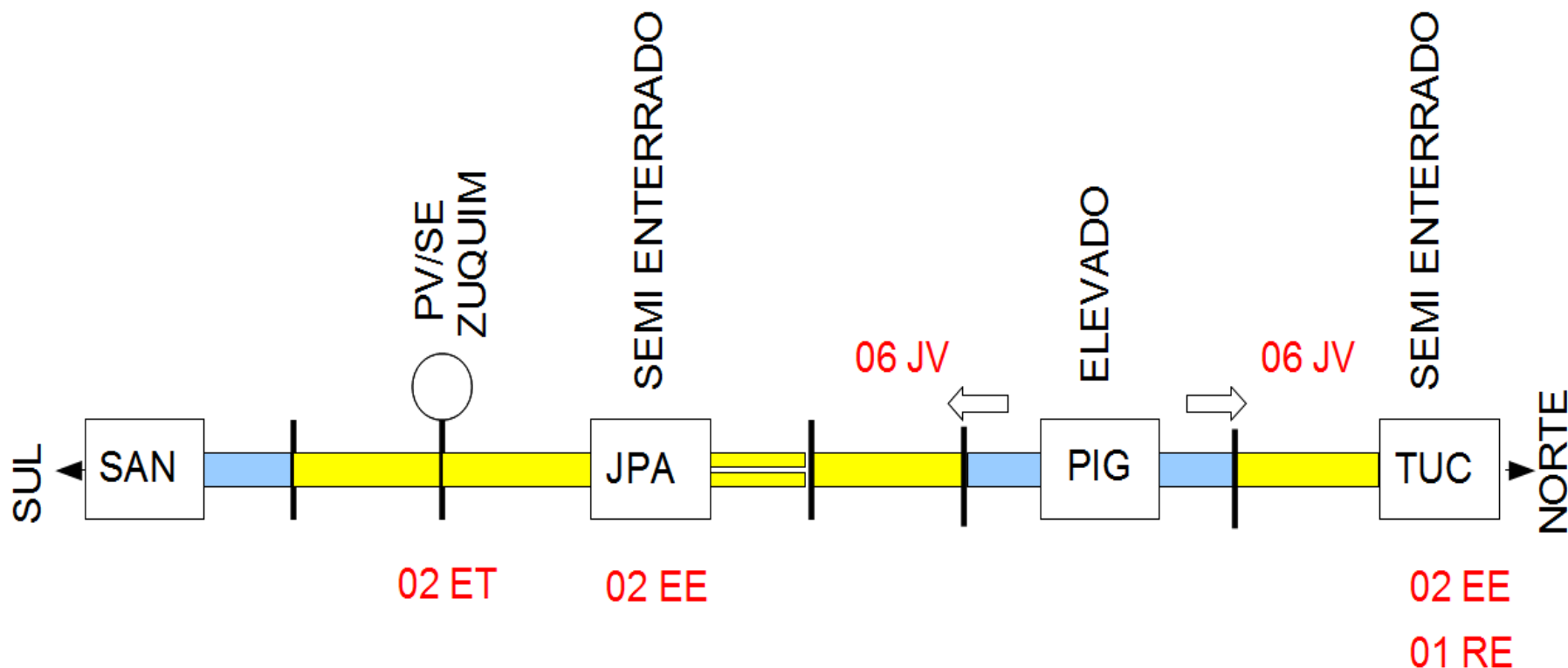
**MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE:  
APLICAÇÃO PARA MELHORIA DE DISPONIBILIDADE  
DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO PRINCIPAL**

## **FINALIDADE**

- Renovação de ar das estações e túneis do Metrô
- Conforto térmico
- Manter a temperatura de funcionamento especificada para os equipamentos
- Promover exaustão de fumaça e gases
- Controle da velocidade do ar nas plataformas

## ESQUEMA TÍPICO VENTILAÇÃO – LINHA 1





- TRECHO EM ELEVADO
- TRECHO SUBTERRÂNEO

## Ventilador Axial de Túnel

vazão variável com reversão do fluxo

## Ventilador Axial de Estação

- vazão fixa sem reversão

## Jato Ventilador

- vazão variável com reversão

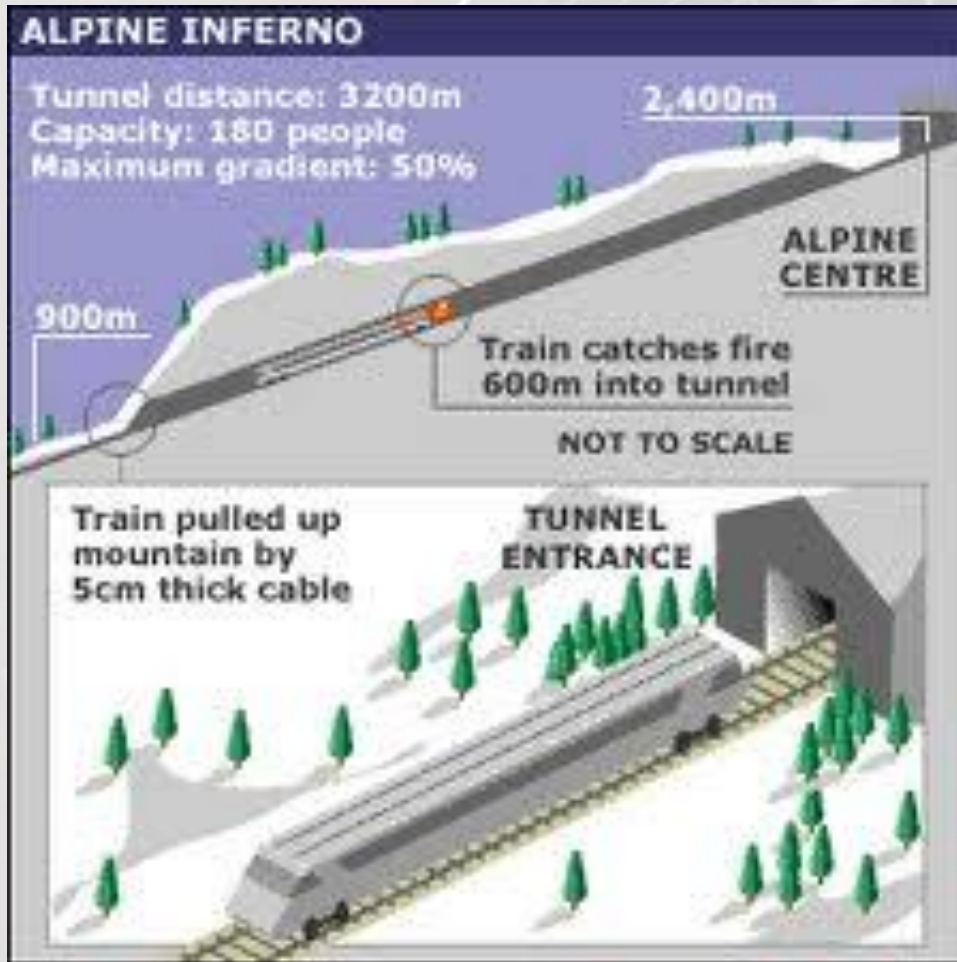


## IMPORTÂNCIA

- Estação de Esqui na Geleira de *Kitzsteinhorn*, Áustria (acidente ocorrido em 2.000)
- Túnel de 3.200 metros de comprimento
- 159 mortes
- 12 sobreviventes



# FOTOS ACIDENTE





## **Procedimentos de Manutenção**

Até que ponto estas ações são necessárias e eficazes?

## **Metas de Desempenho**

Até onde é possível e como definir?

## **Quadro de Funcionários**

Como dimensionar o novo quadro?

## **Sobressalentes**

O que manter e quantos ?



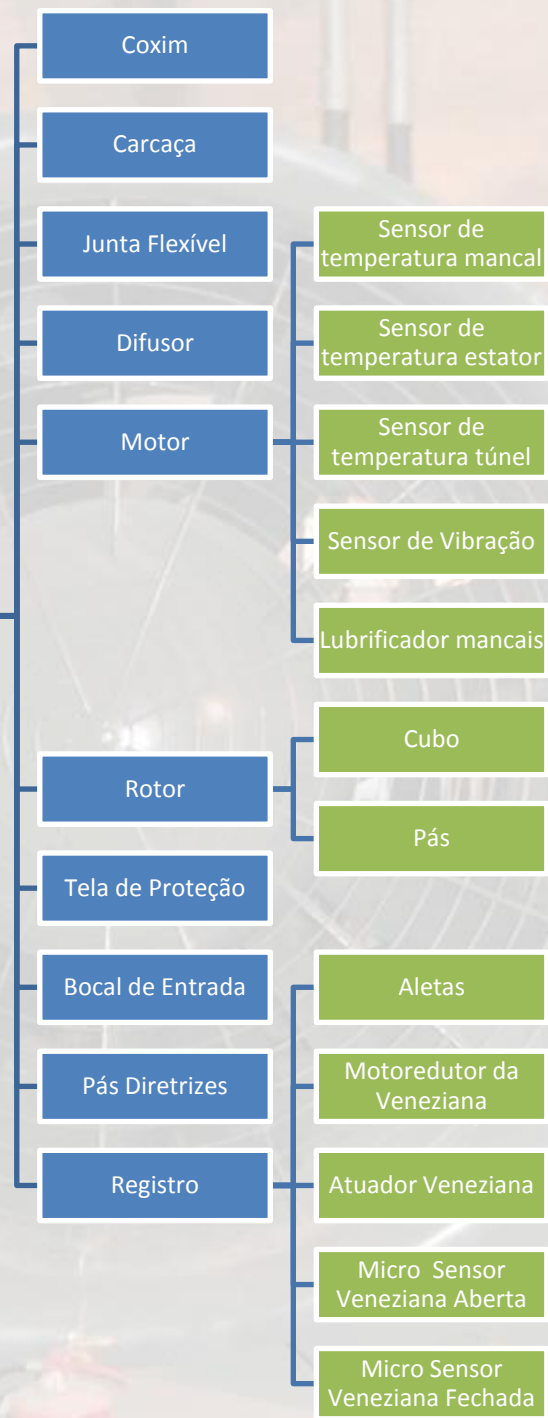
Divisão do Sistema de  
Ventilação em Subsistemas:  
Mecânico, Elétrico e  
Controle.

Elaboração da Árvore de  
Funções dos subsistemas;  
Elaboração do FMEA;  
Definição dos  
Componentes Críticos.

Análise dos Resultados:  
Melhoria do Plano de Manutenção;  
Propostas para revisão dos Novos Projetos

# ÁRVORE FUNCIONAL

Ventilador Axial Túnel

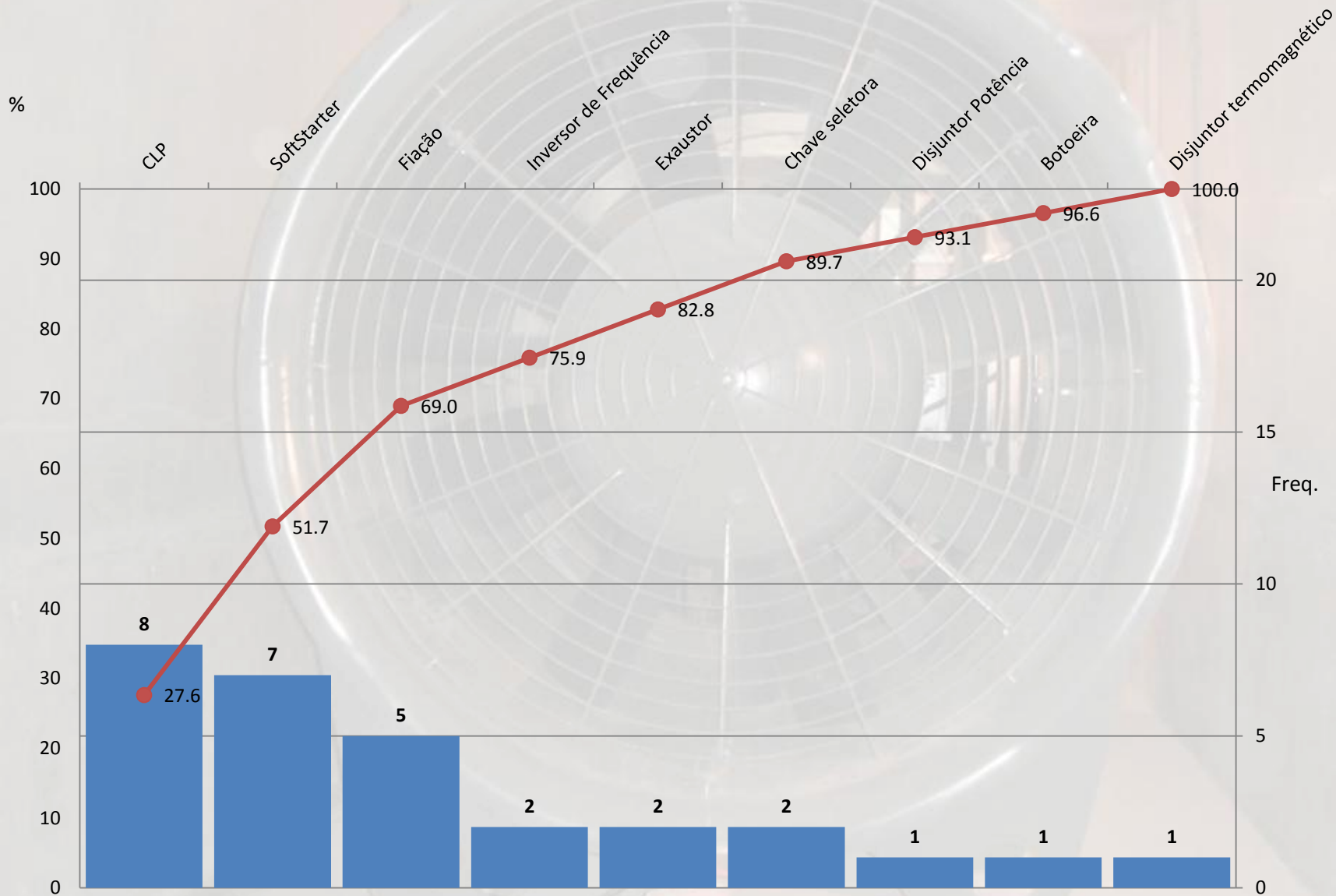


# FMEA

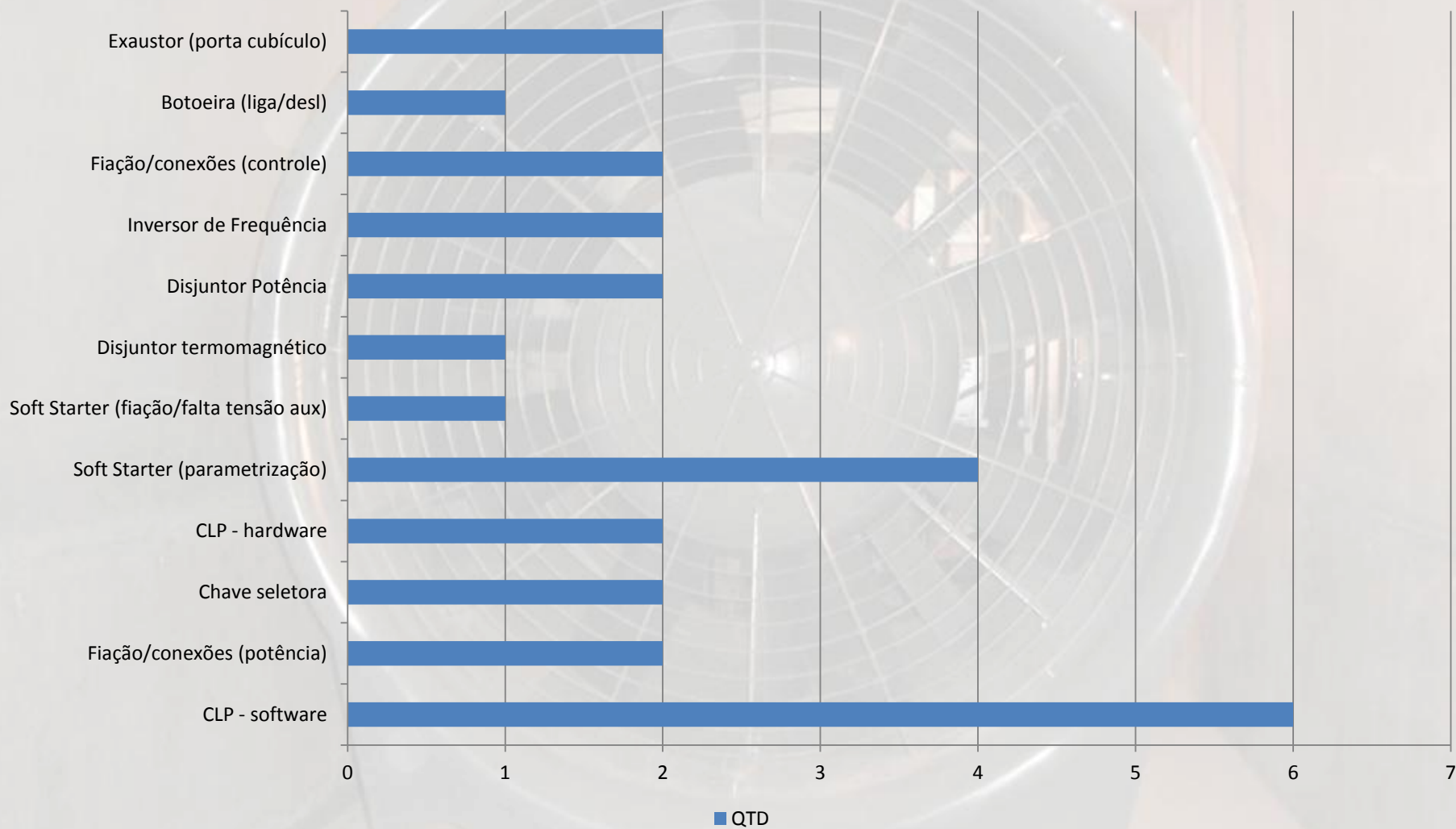
**Componente:** Veneziana (haste + Bucha)

Função	Modo de falha	Causa Potencial de Falha	Efeito potencial de falha
Regular a passagem do ar	Falhar fechada	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Travamento das partes móveis por sujeira</li> <li>2) Travamento das partes móveis por falta de lubrificação</li> <li>3) Desgaste Bucha</li> <li>4) Fadiga haste</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Queimar motor da veneziana</li> <li>2) Não aciona a chave fim de curso</li> <li>3) Não permite a partida do motor</li> </ol>
	Falhar aberta	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Travamento das partes móveis por sujeira</li> <li>2) Travamento das partes móveis por falta de lubrificação</li> <li>3) Desgaste Bucha</li> <li>4) Fadiga haste</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Curto circuito do ar no caso de falha de um ventilador</li> </ol>

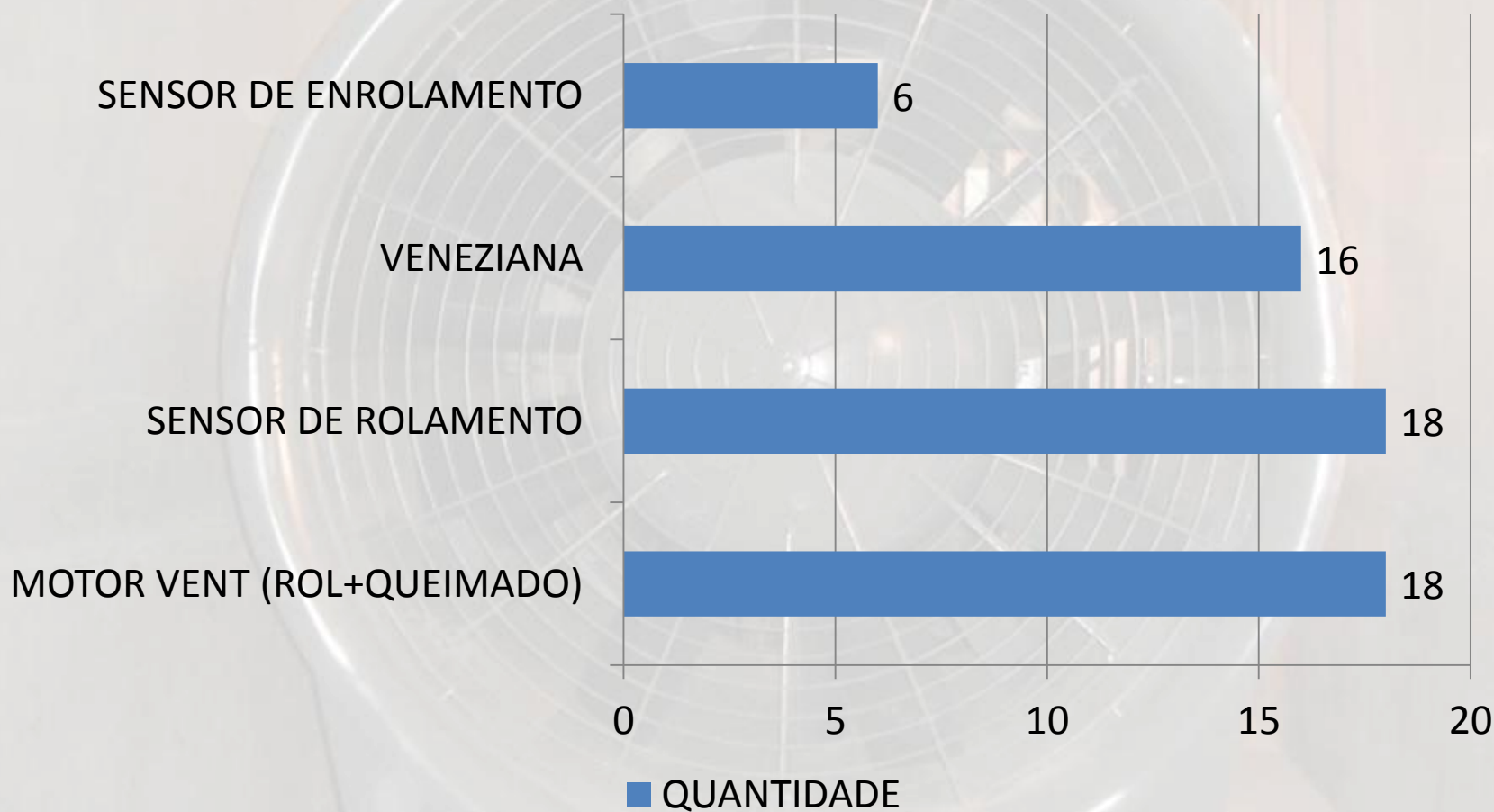
## Falhas no Sistema de Ventilação da Linha 2 - Verde no período de 2008 a 2012



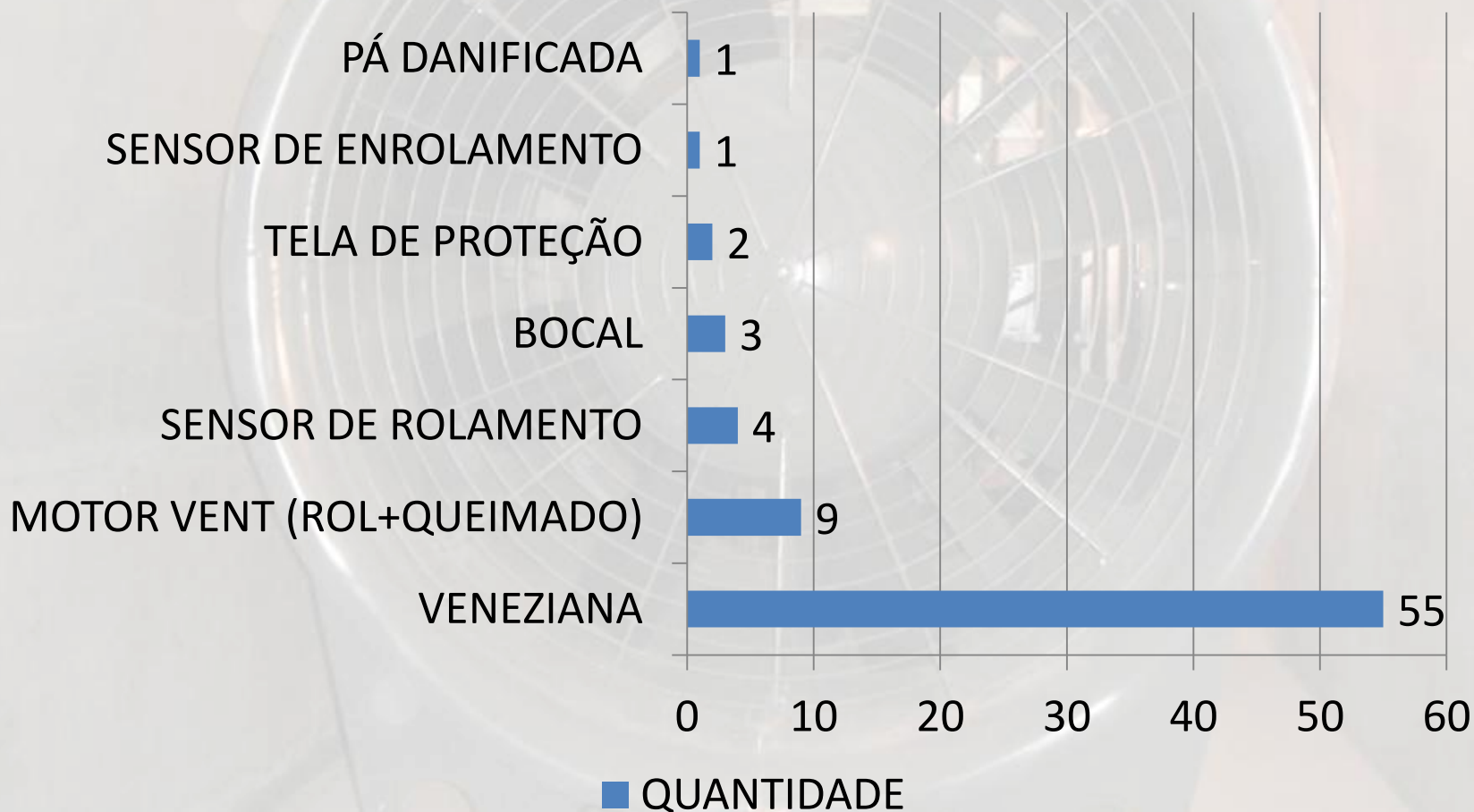
### Falhas no Sistema de Ventilação da Linha 2 - Verde no período de 2008 a 2012



## FALHAS no Período de 2002 a 2012 na Linha 1-Azul



## DEFEITOS DETECTADOS EM MANUTENÇÃO (DM) no Período de 2002 a 2012 na Linha 1-Azul



## Totalização das Falhas + DM do período de 2002 a 2012, da Linha 1-Azul

FALHA + DM	QUANTIDADE	Total
VENEZIANA	71	53%
MOTOR VENT (ROL+QUEIMADO)	27	20%
SENSOR DE ROLAMENTO	20	15%
SENSOR DE ENROLAMENTO	9	7%
BOCAL	3	2%
TELA DE PROTEÇÃO	2	2%
PÁ DANIFICADA	1	1%
<b>TOTAL</b>	<b>133</b>	<b>100%</b>



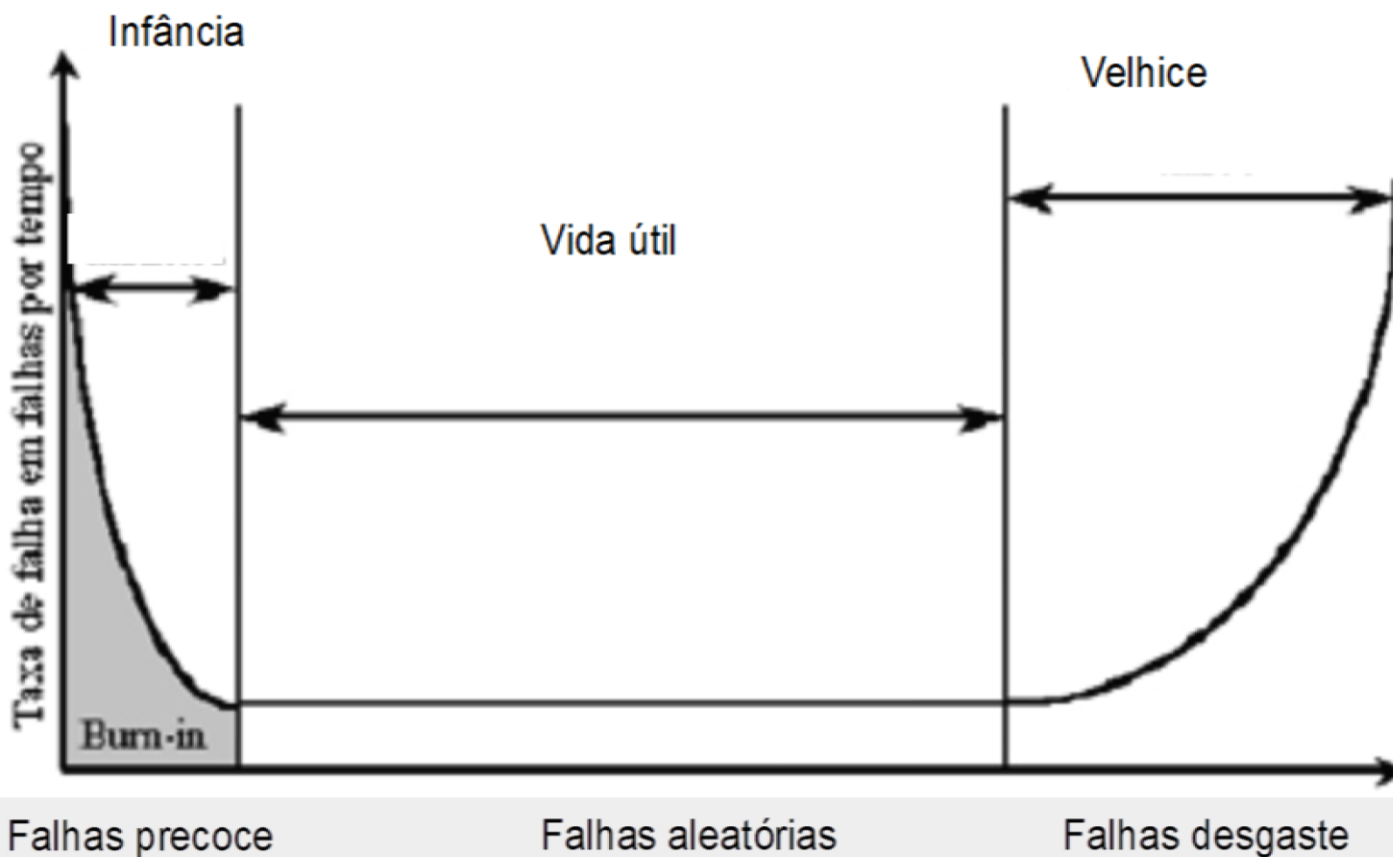
# FALHA VENEZIANA

			DIAS						
UV	LOCAL	QTDE	1ºfalha	2ºfalha	3ºfalha	4ºfalha	5ºfalha	6ºfalha	7ºfalha
LIB	Estação	I01	3374	100	162				
		I02	3243						
LIB	SV 369-0 (E4.1)	E01							
		E02							
JQM	Estação	I01	1205						
		I02	2869						
JQM	SV 290 (E4.2)	E01	771	237	378	212	503	1491	
		E02	2451						
VGO	Estação	I01	2332	679					
		I02							
VGO	SV 235-36 (E5.1)	E01							
		E02	1669						
PSO	Estação – L2	I01	637	113	181	24	264		
		I02	755	475	487				

## Falhas por equipamento, referente aos componentes mecânicos, Linha 1-Azul.

Nº EQUIPAMENTOS	Nº FALHAS	EQUIPAMENTOS
36	0	52,17%
16	1	23,19%
7	2	10,14%
6	3	8,70%
0	4	0%
1	5	1,40%
2	6	2,90%
1	7	1,40%

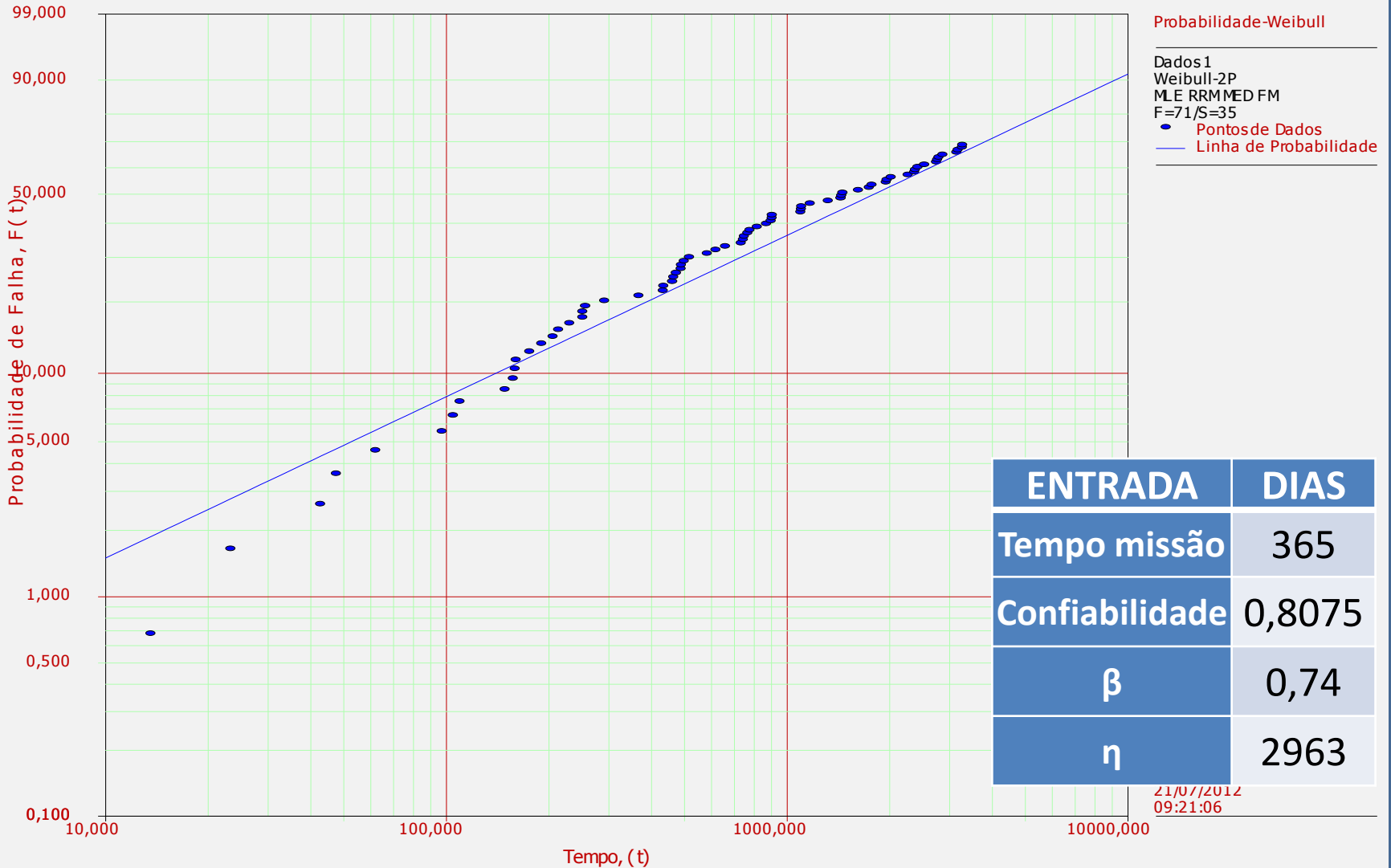
# Curva da Banheira



# Gráfico de probabilidade de falha - Weibull



Probabilidade - Weibull

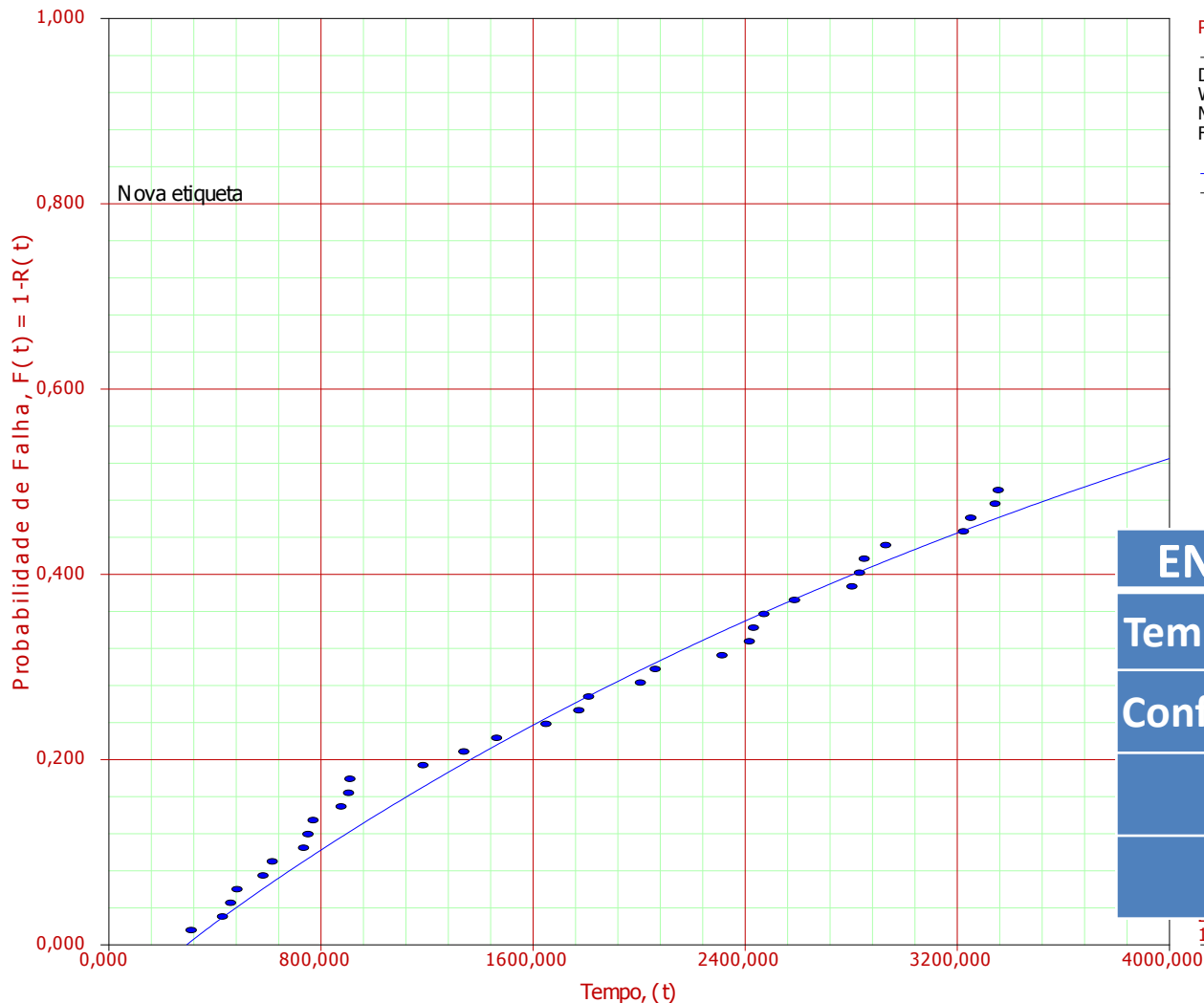


# Probabilidade de falha – Weibull III– 1º falha



ReliaSoft Weibull++ 7 - www.ReliaSoft.com.br

Gráfico da Probabilidade de Falha vs Tempo



Probabilidade de Falha

Dados 1  
Weibull-3P  
MLE RRMMED FM  
F=33/S=34  
● Pontos de Dados  
— Linha de Probabilidade de Falha

ENTRADA	DIAS
Tempo missão	365
Confiabilidade	0,9841
$\beta$	0,97
$\eta$	5025

13:37:54

# Confiabilidade x tempo de serviço

ENTRADA	DIAS				
Tempo missão	30	185	365	1825	3650
Confiança	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Superior	0,9813	0,9149	0,8543	0,5632	0,3859
Confiabilidade	<b>0,9667</b>	<b>0,8785</b>	<b>0,8075</b>	<b>0,4967</b>	<b>0,3116</b>
Inferior	0,941	0,8281	0,7481	0,4261	0,2397

## Falha x tempo de serviço

TEMPO (DIAS)	$F(t) = 1 - R(t)$	PROBABILIDADE FALHA
30	0,0333	3,33%
185	0,1215	12,15%
365	0,1925	19,25%
1825	0,5033	50,33%
3650	0,6884	68,84%

## Número de falhas esperadas em 365 dias

MISSÃO DE 365 DIAS	CONFIABILIDADE	PROBABILIDADE FALHA	FALHAS ESPERADAS
Limite superior	85,43%	14,57%	10
Confiabilidade	80,75%	19,25%	13
Limite inferior	74,81%	25,19%	17

## Tempo de intervenção médio para venezianas

ATIVIDADE	MINUTOS
Deslocamento ida	45
Atuação	360
Deslocamento volta	45
Apontamento	30
<b>Total</b>	<b>480</b>

## H x h - Atendimento falhas venezianas

MISSÃO DE 365 DIAS	FALHAS ESPERADAS	H X h
Limite superior	10	160
Confiabilidade	13	208
Limite inferior	17	272





## CONCLUSÕES

- É mais uma ferramenta para tomada de decisão

*ex1: O modelo matemático sugere 1 falha por ano. Isto não impede que tenhamos 2,3,4 ou 5 peças em estoque, mas não precisamos manter 10, ou 20.*

*ex2: Se tomássemos uma decisão somente baseada no número de falhas de venezianas, e reduzíssemos o período da preventiva, estaríamos errando.*

- Metodologia para dominar o equipamento
- Deve ser um processo dinâmico, direcional, ajusta, alinha
- Fornece informações aos novos projetos



# OBRIGADO!



**Alécio Hirano**

[alecio\\_hirano@metrosp.com.br](mailto:alecio_hirano@metrosp.com.br)

**Gabriel de Paula Oliveira**

[gpoliveira@metrosp.com.br](mailto:gpoliveira@metrosp.com.br)

**Waldomiro Puglia**

[waldomiro\\_puglia@metrosp.com.br](mailto:waldomiro_puglia@metrosp.com.br)

**Colaboradores:** Joaquim Bueno Rocha de Macedo, Reinaldo Keiji Fujii, Ricardo Novaes, José Carlos Kazuo Watanabe.

