

Nº 177308

Modelo preditivo de vazamentos de água em redes de distribuição

Olga Satomi Yoshida
Leonardo Fonesca Larrubia

*Palestra apresentada no WORKSHOP
TRM TECNOLOGIAS REGULATÓRIAS E
METROLÓGICAS, 4., 2021., São Paulo.
24 slides*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.



Modelo preditivo de vazamentos de água em redes de distribuição

19-04-2021

4º Workshop TRM

Olga S. Yoshida e Leonardo Larrubia

Incidências de vazamentos na Sabesp – vazamentos reparados (2016)

Vazamentos em redes 13 %

Vazamentos em ramais 41 %



Vazamento nos cavaletes 46 % !!

Vazamentos em cavaletes 46 %

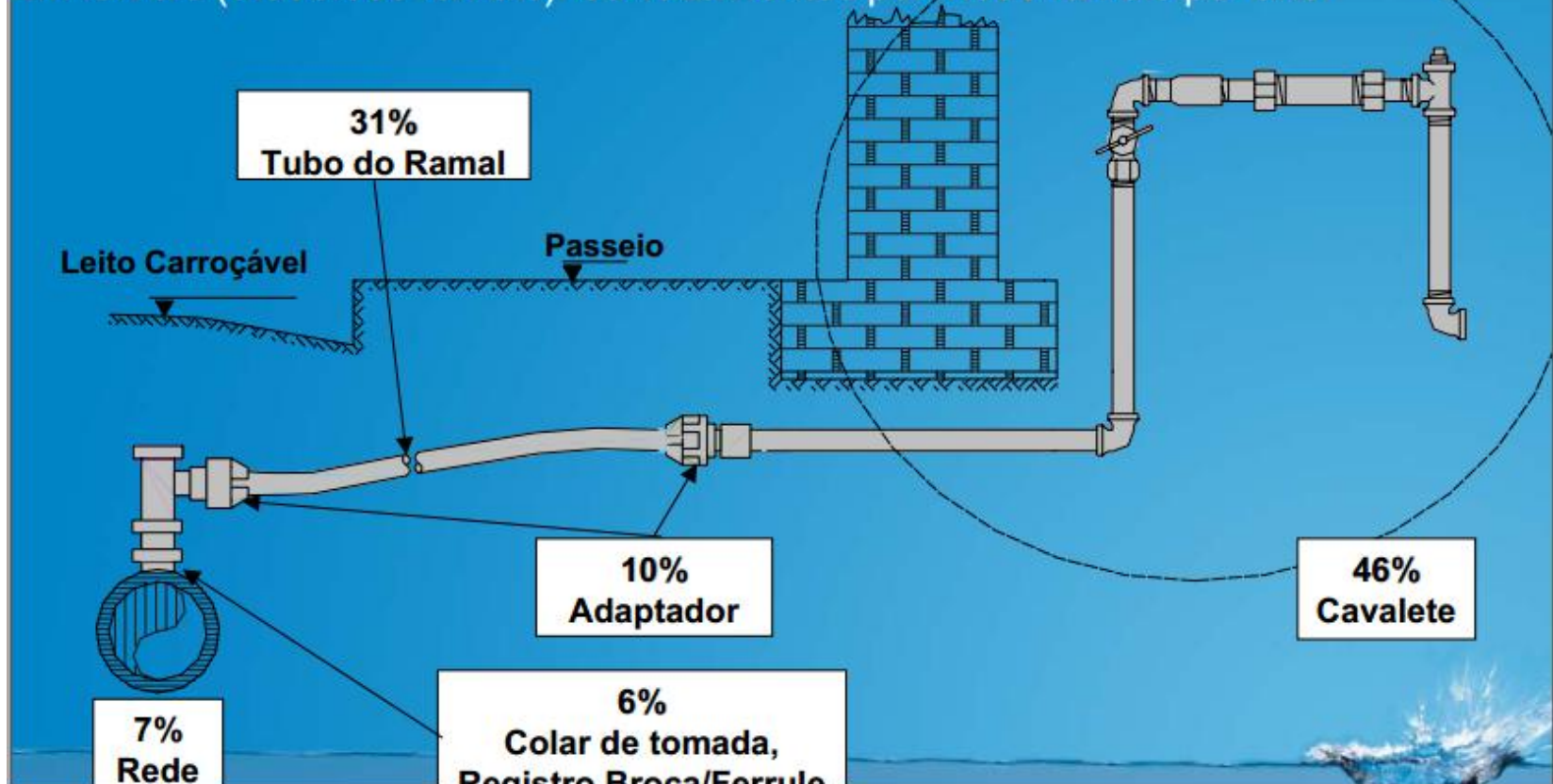


72.600 reparos mês = 2.420 reparos dia

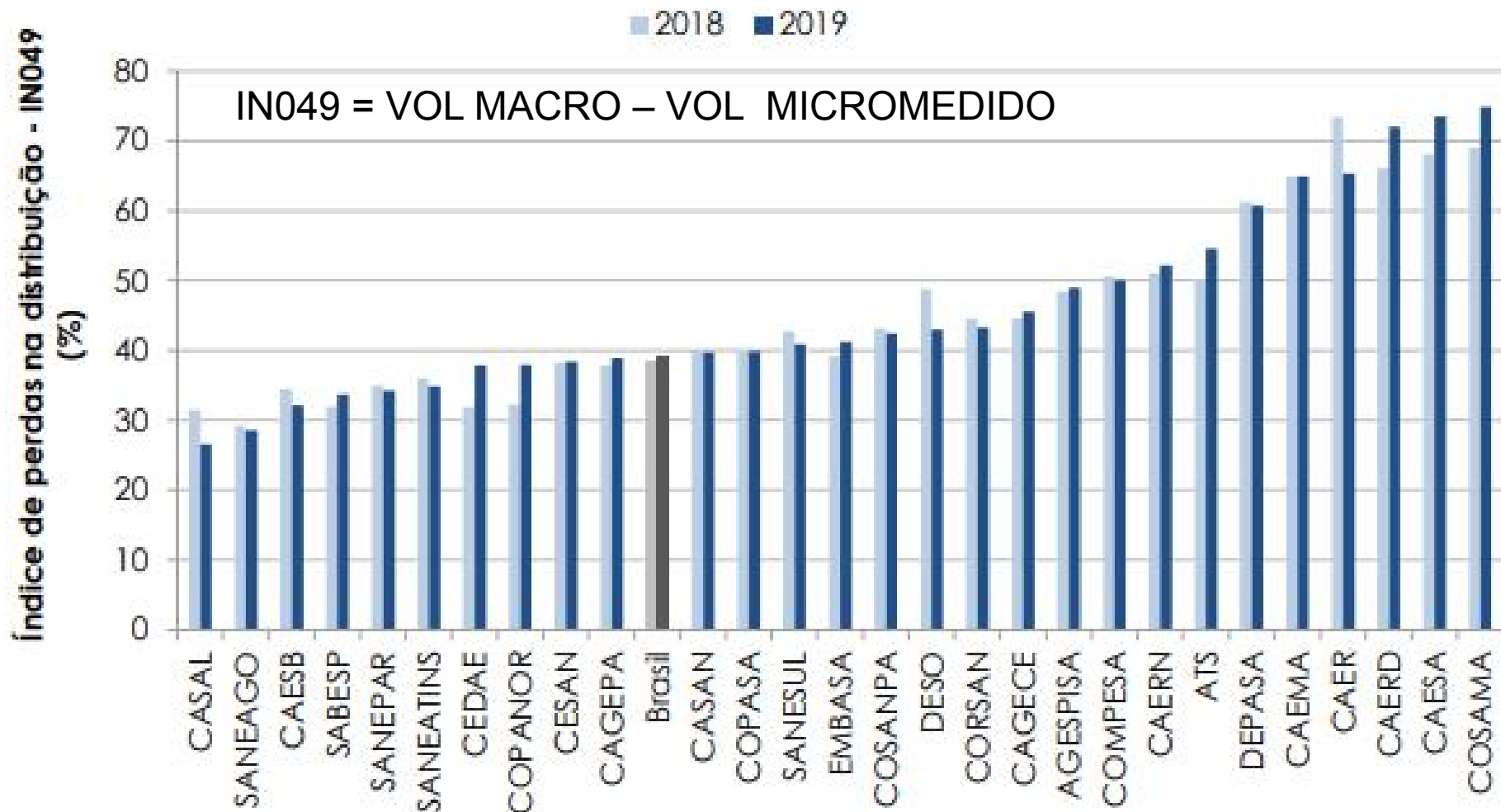
💧 Incidência dos vazamentos: 72.600 reparos por mês (Sabesp)

Em redes (54.200km): 110 vazamentos por 100 Km por ano

Em ramais (5.936.000 ramais): 69 vazamentos por 1.000 ramais por ano



Índice de perdas na distribuição (IN049) dos prestadores de serviços de abrangência regional participantes do SNIS em 2018 e 2019



Fonte SNIS

RECURSOS APLICADOS NO COMBATE AS PERDAS PELA SABESP

R\$ 3,2 trilhões de 2009 a 2016

R\$ 407 bilhões/ano

<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=114>

2012 IN049 = 37%

2019 IN049 = 34%

PROBLEMA

Não há hoje como medir a eficácia de ações de combate a perdas !!

Necessidade de elaborar metas factíveis de perdas a longo prazo; direcionar adequadamente os recursos para o combate aos vazamentos em redes, ramais e cavaletes.

Carência de dados de vazões de vazamentos na literatura. A Sabesp conhece a quantidade de vazamentos e, redes, ramais e cavaletes mas não conhece o volume perdido!!!

ESTUDO FEITO PELA SABESP em 2017



Objetivo: estimar a vazão de água perdida nos vazamentos

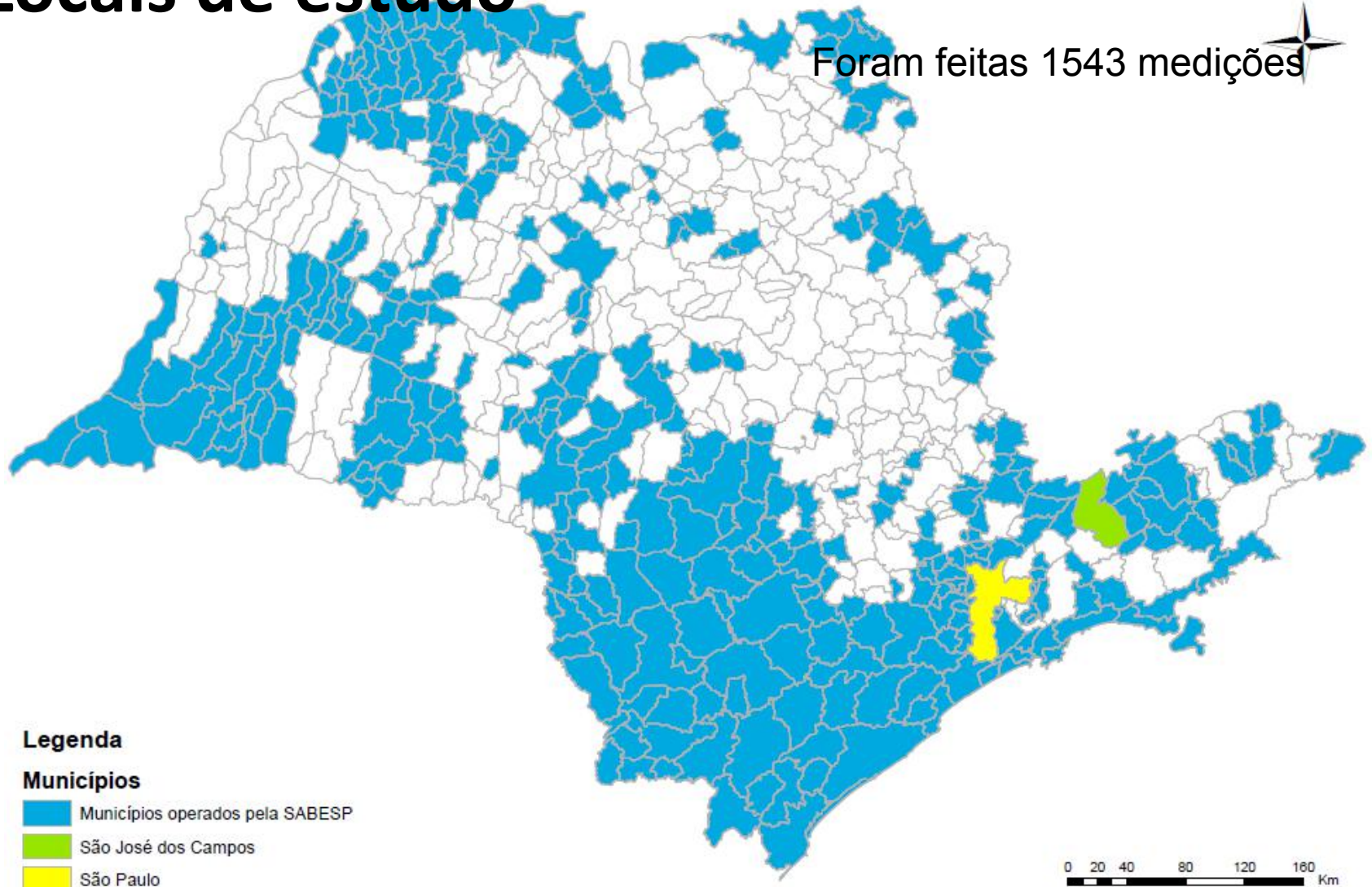
IPT participou da análise da pesquisa e dos dados!

Medições de vazamentos em campo !!!

Locais de estudo

~2.420 reparos dia

Foram feitas 1543 medições



Legenda

Municípios

- Municípios operados pela SABESP
- São José dos Campos
- São Paulo

Metodologia – Campanha de medição



KIT 1

Medidor de vazão de vazamento portátil - fabricação japonesa
Manômetro

1 cronômetro
2 recipientes graduados
Anteparo direcionador do jato de água
Manômetro

KIT 2



Medição de vazamento no ramal – Q e H pressão (mca)



Identificação do Local



Pressão antes da troca (mca) = 17



Local do Vazamento



Medição da vazão (l/min) = Q = 39,5

Medição de vazamento na rede – Q e H pressão (mca)



1 Identificação do Local



2 Pressão antes da Poça (mca) = 45

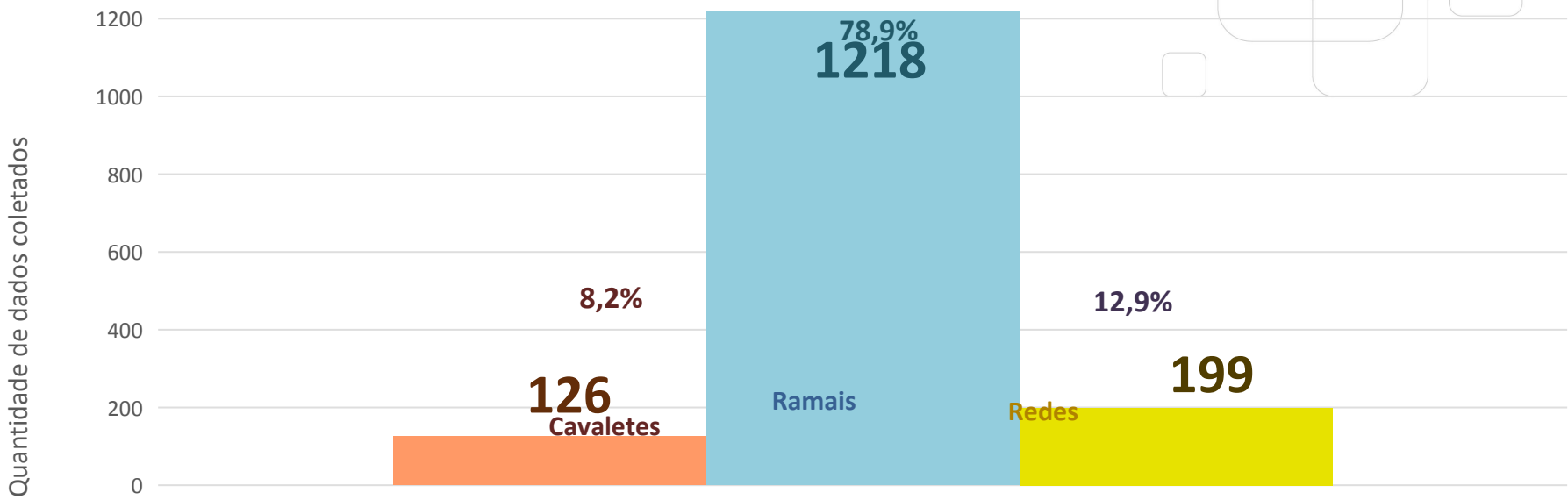


3 Local do Vazamento



4 Medição de vazão (l/min) = Q = 25

Quantas medições? 1.543 vazamentos em campo !!



Problema 1: poucas medições nos cavaletes e redes

Problema 2: poucas medições de grandes vazamentos em pressões maiores – kits de medição

Problema 3: as medições precisam ser validadas!!

Mas estes dados são valiosos !!! São 1.543 medidas de Q e H !!

Modelos matemáticos para explicar vazamentos de água

- EQUAÇÃO DO ORIFÍCIO

- $$Q = C_d \times A_l \times \sqrt{2 \times g \times H}$$

- H (mca) A_l m²

- g ($\frac{m}{s^2}$) = 9,8 ($\frac{m}{s^2}$)
 C_d adimensional 0,62

- Q vazão [m^3/s]

Modelos matemáticos para explicar vazamentos de água

- EQUAÇÃO DO ORIFÍCIO EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO DO CÍRCULO COM ÁREA EQUIV A A_l

- $$Q = C_d \times \pi \times \frac{D^2}{4} \times \sqrt{2 \times g \times H}$$

- H (mca)

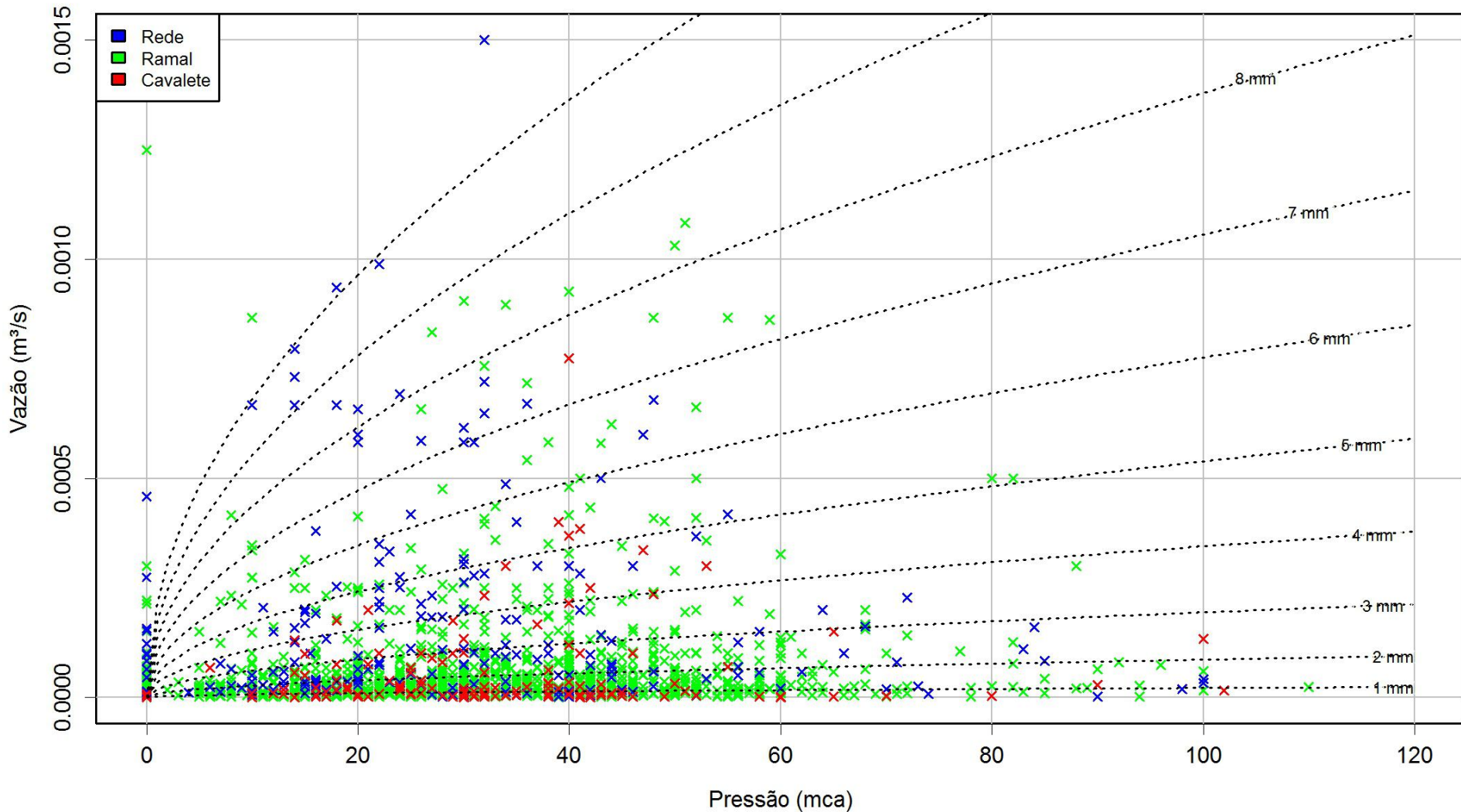
- D (m) *diâmetro do círculo com área equivalente*

- g ($\frac{m}{s^2}$) = 9,8 ($\frac{m}{s^2}$)

C_d adimensional 0,62

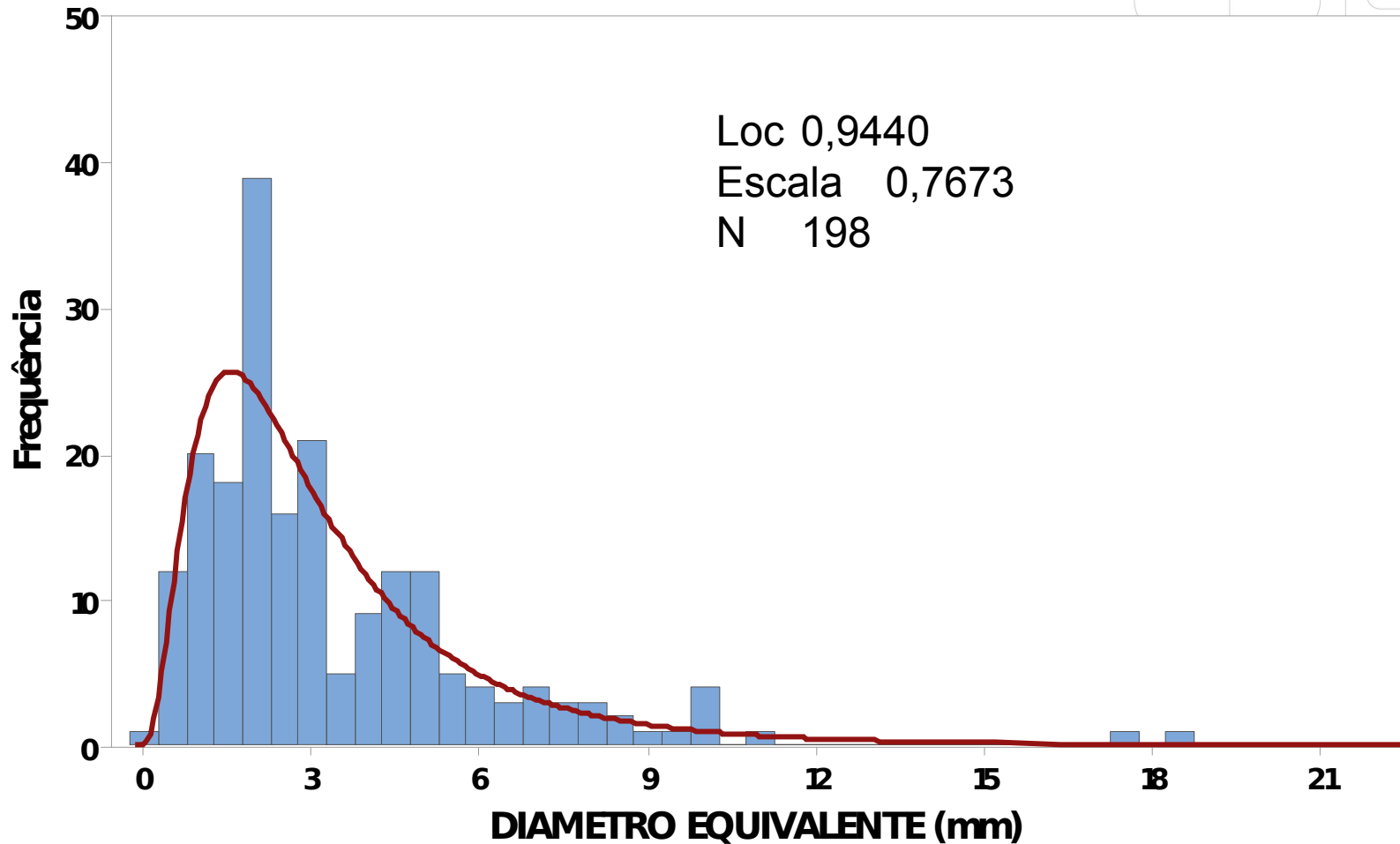
- Q vazão [m^3/s]

VISAO GERAL DOS VAZAMENTOS MEDIDOS e EQUAÇÃO ORIFÍCIO



DISTRIBUIÇÃO LOGNORMAL PARA DIAMETRO EQUIV - REDES

LOCAL_ = 3_REDE



Modelo preditivo da Vazão de Vazamento (Q) – método de Monte Carlo !!!

H

$D \sim \text{Log Normal}$
 $n=1000$

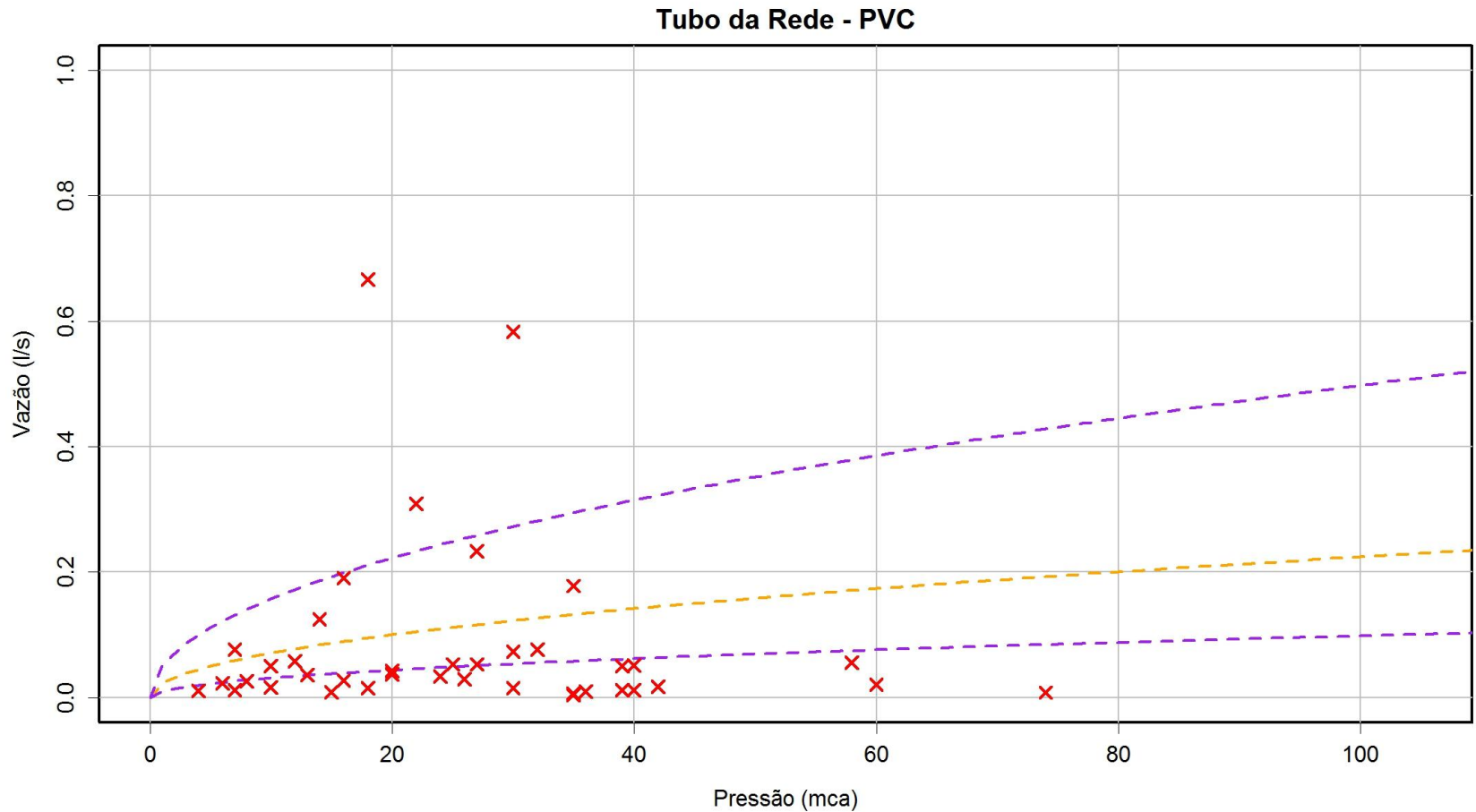
$$g \text{ (m/s}^2\text{)} = 9,8 \text{ (m/s}^2\text{)}$$
$$C_d = 0,62$$

$$C_d \times \pi \times \frac{D^2}{4} \times \sqrt{2 \times g \times H}$$

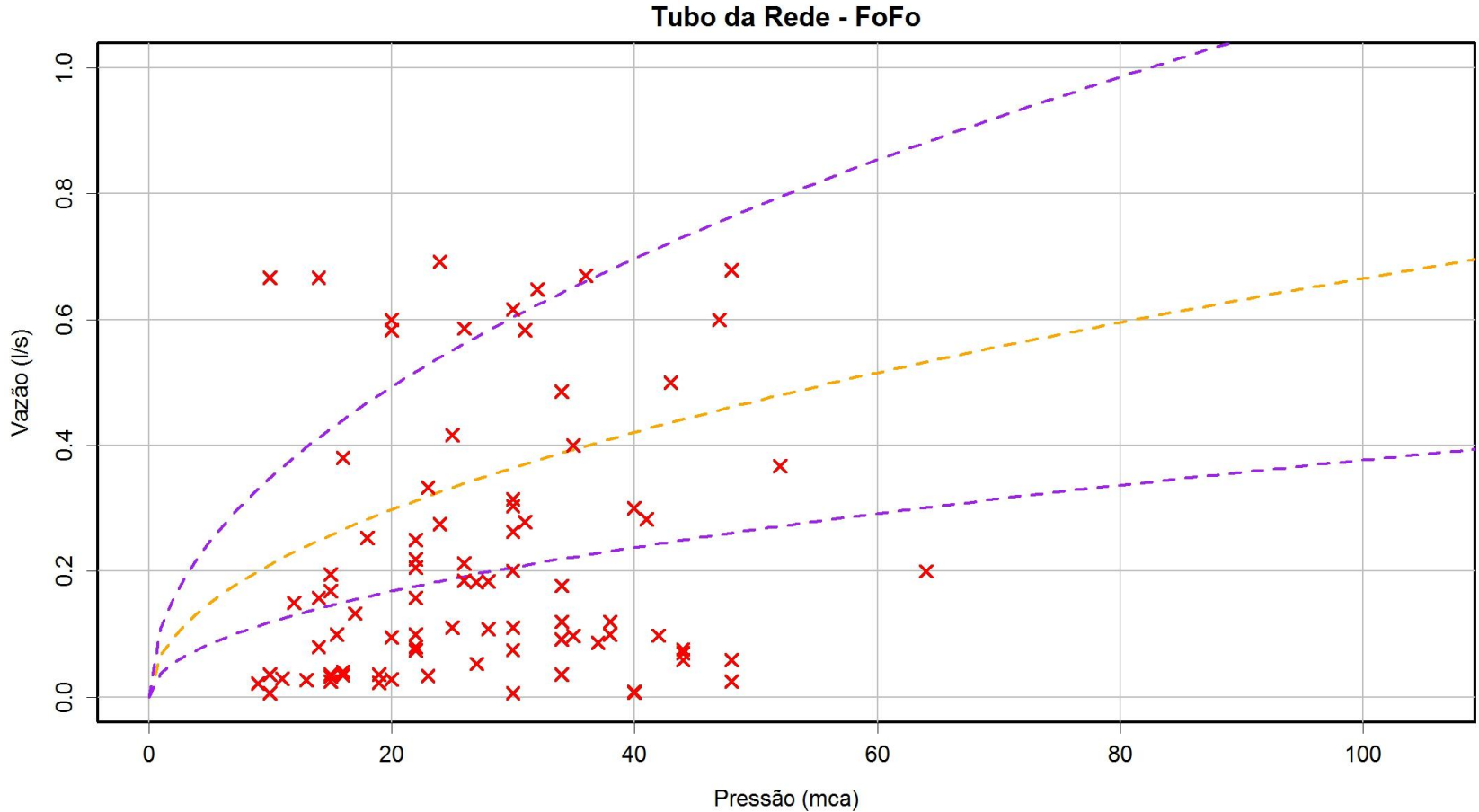
$Q \sim \text{Prob}$

Q1 Média Q3

Modelo preditivo da Vazão de Vazamento (Q) REDE-PVC



Modelo preditivo da Vazão de Vazamento (Q) REDE FoFo



Magnitude da Vazão de Vazamentos por localização

Rever termos: estimativa, I.C, 90 %, ERRO, precisão

LOCAL	m ³ /h	I.C. 90 % m ³ /h	ERRO	n	CAIXA DE ÁGUA / DIA *	litros /seg **	litros / min
RAMAL_CONEXOES	0,17	(0,14 ; 0,19)	± 12 %	387	4	0,05	3
CAVALETE	0,19	(0,14 ; 0,25)	±31 %	126	5	0,05	3
RAMAL_TUBO	0,22	(0,19 ; 0,24)	± 9 %	831	5	0,06	4
REDE_CONEXOES	0,27	(0,18 ; 0,36)	± 33 %	49	6	0,08	5
REDE_TUBO_Pead_PVC	0,29	(0,17 ; 0,42)	± 45 %	55	7	0,08	5
REDE_TUBO_FoFo	0,74	(0,59 ; 0,88)	± 18 %	95	18	0,21	12

** 0,42 litros/seg é a vazão de consumo de torneira uso geral e tanque a 15 - 20 mca
1 cx água = 1000 l

4.1 Vazão de Vazamentos por localização

LOCAL	m ³ /h	ERRO	n	Tamanho amostra necessário para ERRO 10 %
RAMAL_CONEXOES	0,17	± 12 %	387	536
CAVALETE	0,19	±31 %	126	1257
RAMAL_TUBO	0,22	± 9 %	831	687
REDE_CONEXOES	0,27	± 33 %	49	544
REDE_TUBO_Pead_PVC	0,29	± 45 %	55	1105
REDE_TUBO_FoFo	0,74	± 18 %	95	340

FINALIZANDO

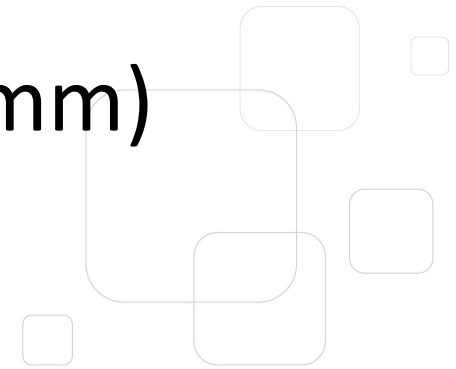
- Foi possível predizer a vazão de vazamento em função da pressão somente, em redes, ramais e cavaletes.
 - O que pode ser feito: validar as medições e fazer outra campanha de medições de vazamentos agora mais planejada e dentro de setores mais controlados!!

Estatísticas Pressão (mca)



Variável	LocalVazam	N	N*	Média	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
PressaoFim	Cavalete	133	6	34,26	6,00	22,50	32,00	41,00	102,00
	Conexões da Rede	43	7	37,74	8,00	24,00	38,00	46,00	83,00
	Conexões do Ramal	417	20	34,159	3,000	20,000	32,000	44,500	110,000
	Indisponível	29	0	45,31	10,00	33,00	41,00	55,50	96,00
	Tubo da Rede	155	8	30,24	4,00	17,00	26,00	38,00	100,00
	Tubo do Ramal	810	34	33,290	2,000	20,000	32,000	43,000	100,000

Estatísticas Diâmetro da rede (mm)



Variável	Material	N	N*	Média	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
DiâmetroRede	C. Amianto	5	0	60,0	50,0	50,0	50,0	75,0	100,0
	DEFoFo	5	0	105,0	50,0	62,5	100,0	150,0	150,0
	FoFo	95	0	83,13	32,00	75,00	75,00	75,00	250,00
	Indisponível	0	2	*	*	*	*	*	*
	PEAD	12	0	48,1	32,0	32,0	32,0	32,0	225,0
	PVC	43	1	57,67	32,00	50,00	50,00	63,00	100,00