



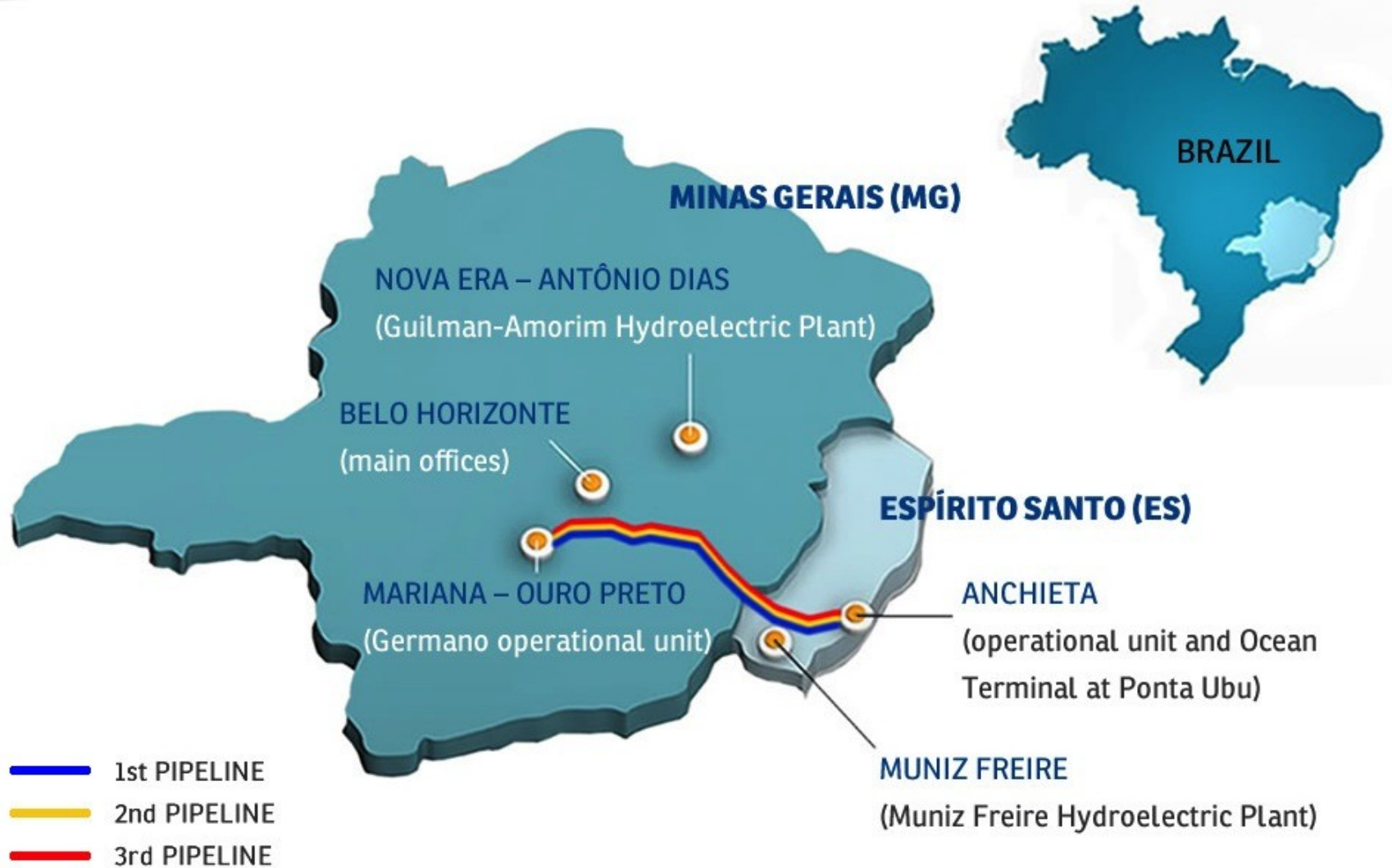
2º W O R K S H O P
**ANALISADORES
ON-LINE**
N A M I N E R A Ç Ã O

**AVALIAÇÃO DE MEDIDORES
ONLINE DE UMIDADE PARA
MINÉRIO DE FERRO E
DESENVOLVIMENTO DE MEDIÇÃO
ROBOTIZADA EM CAMPO**

20 DE AGOSTO DE 2014
BELO HORIZONTE - MG



PROCESSO SAMARCO





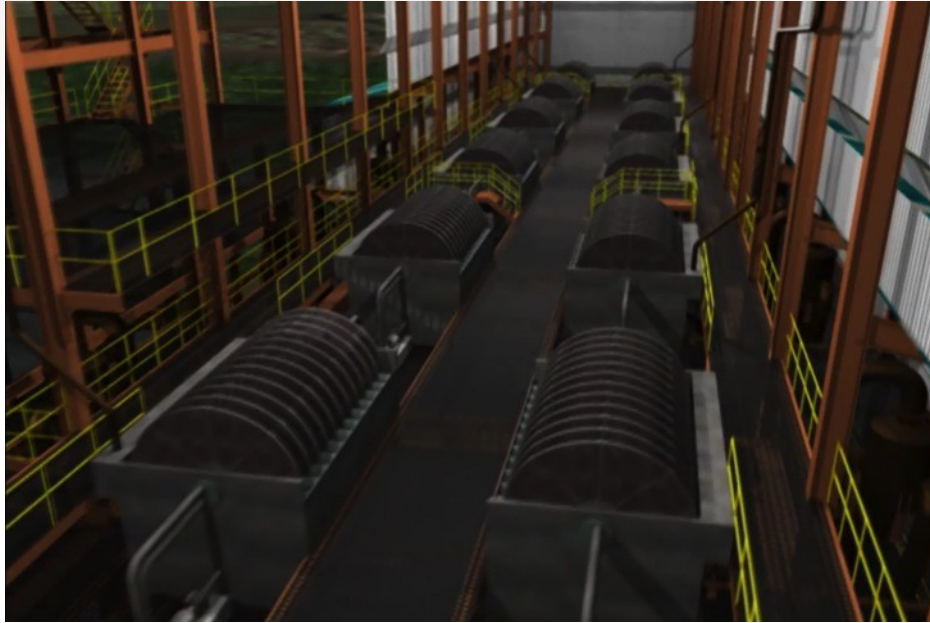
PROCESSO PELOTIZAÇÃO



- 7 Thicker and blending tank
- 8 Filtration
- 9 Industrial wastewater Treatment plant
- 10 Roller Press
- 11 Mix plant
- 12 Pellet plant
- 13 Induration furnace
- 14 Classifying screen
- 15 Stockpile yard
- 16 Port



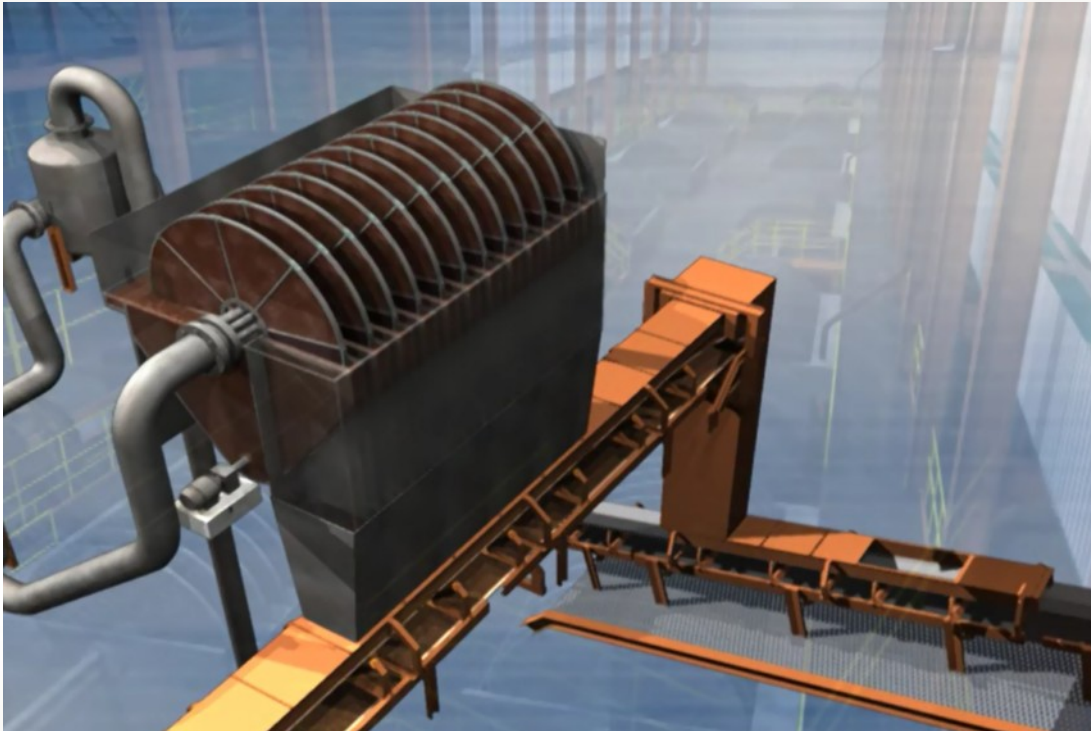
PROCESSO DE FILTRAGEM



A polpa com 70% de sólidos em massa é filtrada em uma série de filtros a vácuo que removem a água por sucção através de tecidos filtrantes.



PROCESSO DE FILTRAGEM



Depois de filtrado o minério passa a ter 90% de sólidos em massa e começa a ser conduzido por correias transportadoras para as próximas etapas do processo.



SITUAÇÃO ANTES DO PROJETO: coletas manuais de amostras a cada 2 horas, medições realizadas no laboratório e reportadas também a cada 2 horas. Estes resultados são utilizados para nortear as ações dos operadores na sala de controle.



OBJETIVOS

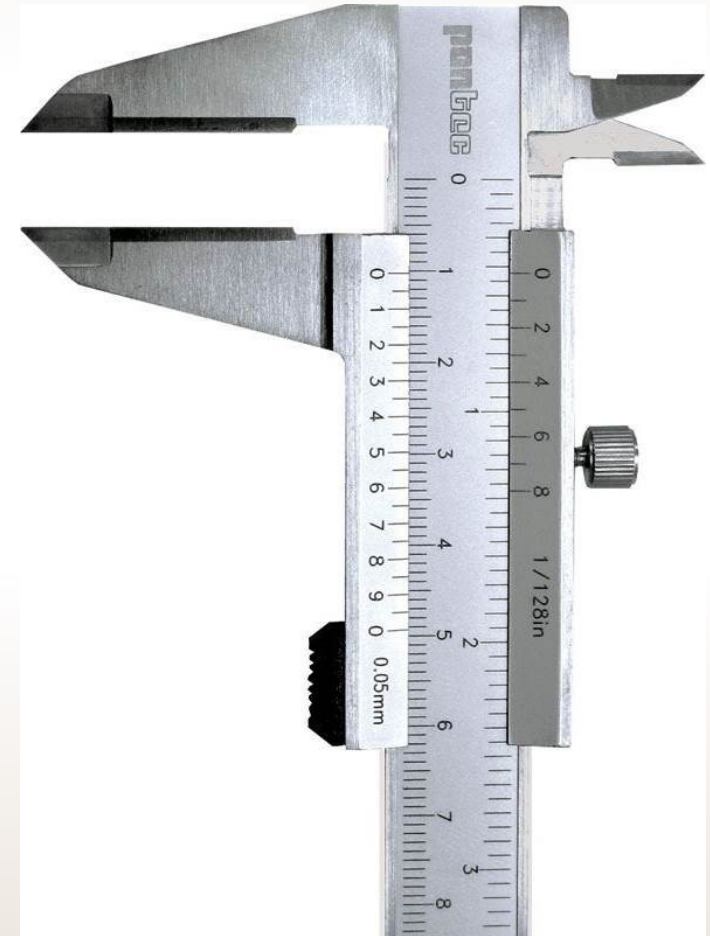
Objetivos: desenvolver um sistema de medição online de umidade para a unidade de filtragem que entregue resultados confiáveis, com alta disponibilidade, **que não utilize tecnologia radioativa**, respeitando o meio ambiente e segurança das pessoas envolvidas.

<i>Requisitos</i>	<i>Valores</i>
Exatidão	+/- 0,2 p.p.
Frequência	Online
Disponibilidade	Alta
MTBF	Alto
Radioatividade	Inexistente



SISTEMAS DE MEDIÇÃO

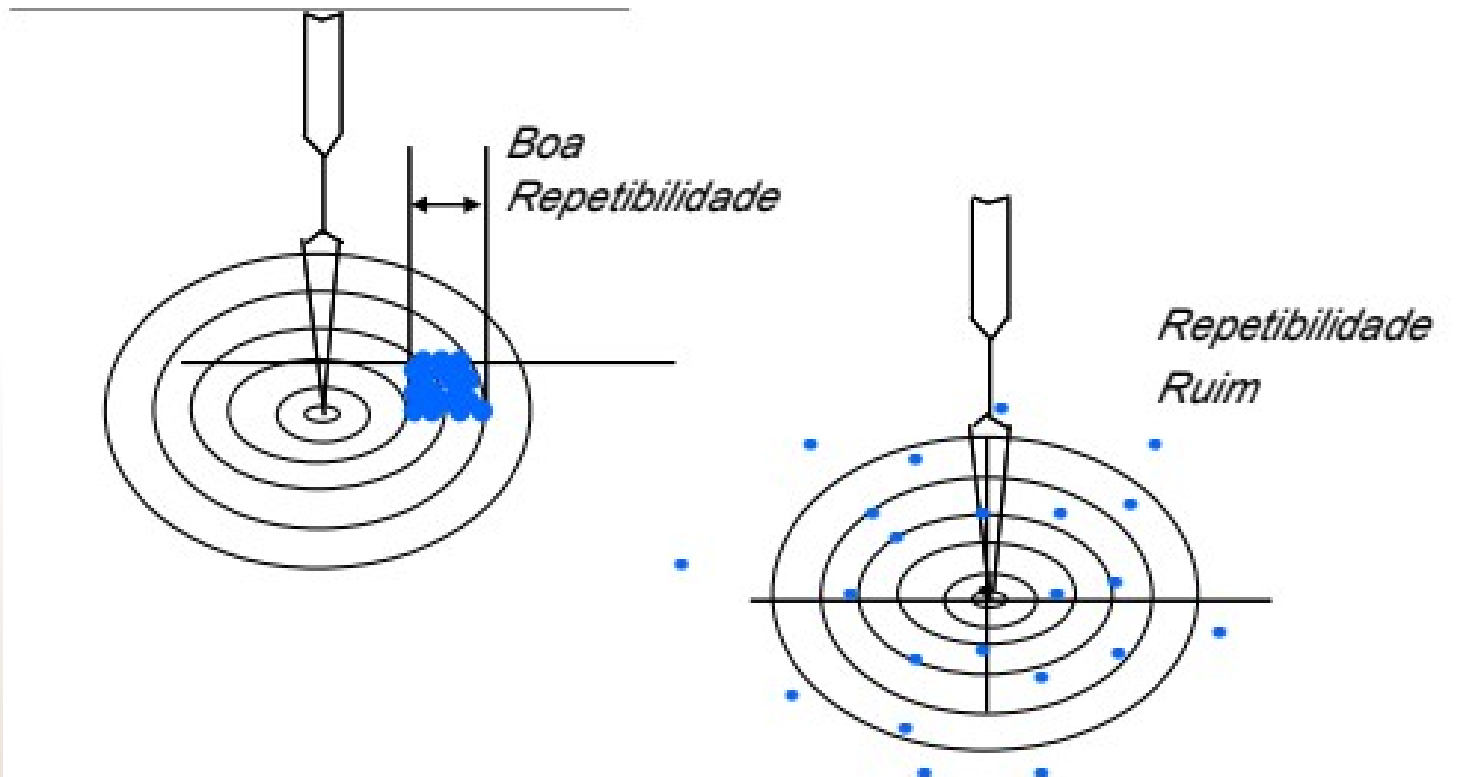
Qual desses dois é o melhor instrumento de medição?



R: DEPENDE DA APLICAÇÃO



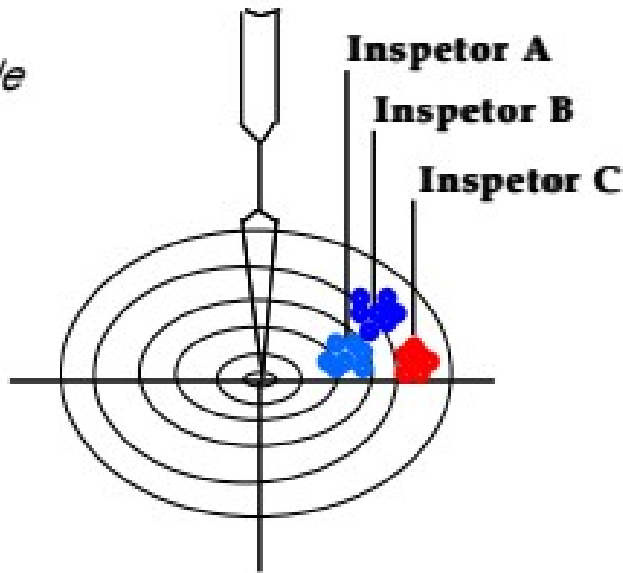
REPETIBILIDADE: A variação entre sucessivas medições, da mesma peça e da mesma característica, pela mesma pessoa usando o mesmo instrumento.



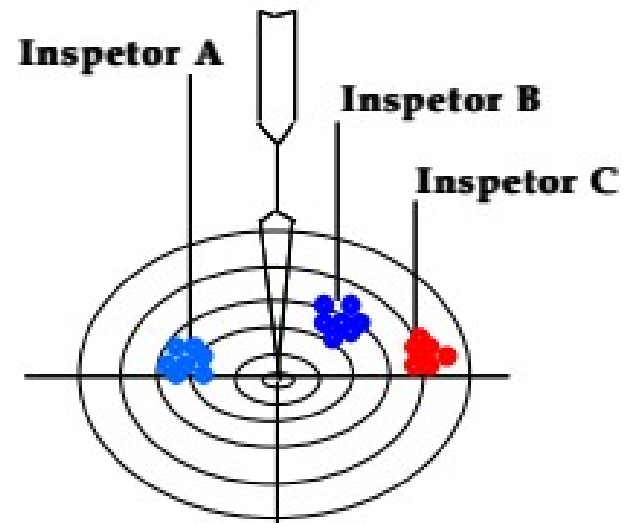


REPRODUTIBILIDADE: É a diferença na média das medições feitas por pessoas diferentes usando instrumentos iguais ou diferentes quando medindo característica idêntica.

*Reproducibilidade
Boa*



*Reproducibilidade
Ruim*



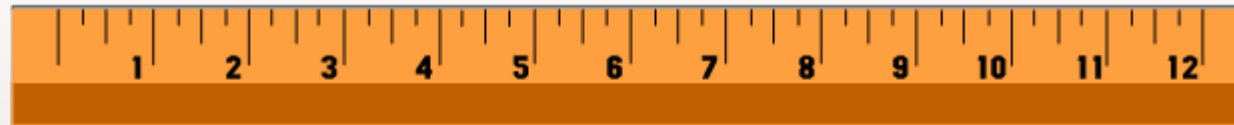
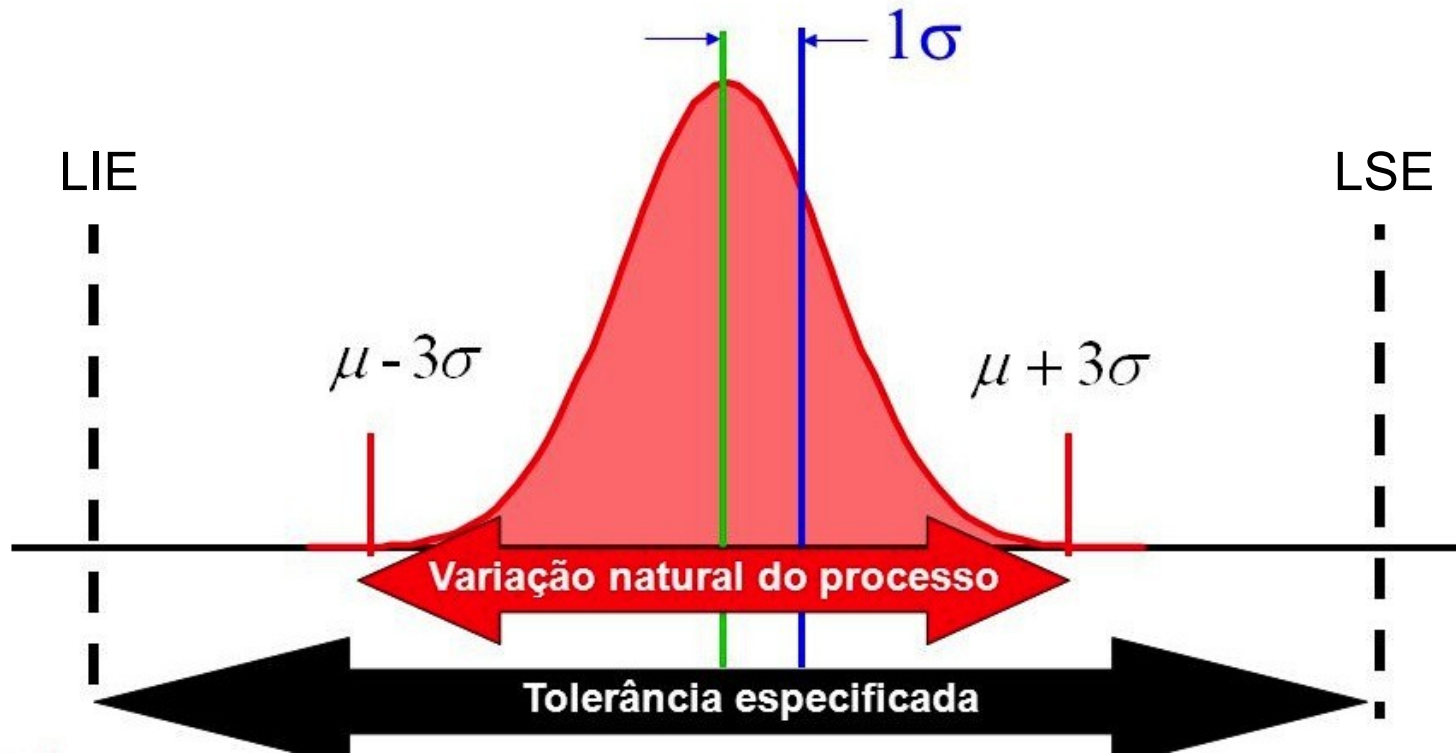


LIE e LSE: Limites inferior e superior de especificação de um processo.

Variação natural: Parcela da variação total do processo devido as causas comuns e pode ser estimada utilizando cartas de controle.



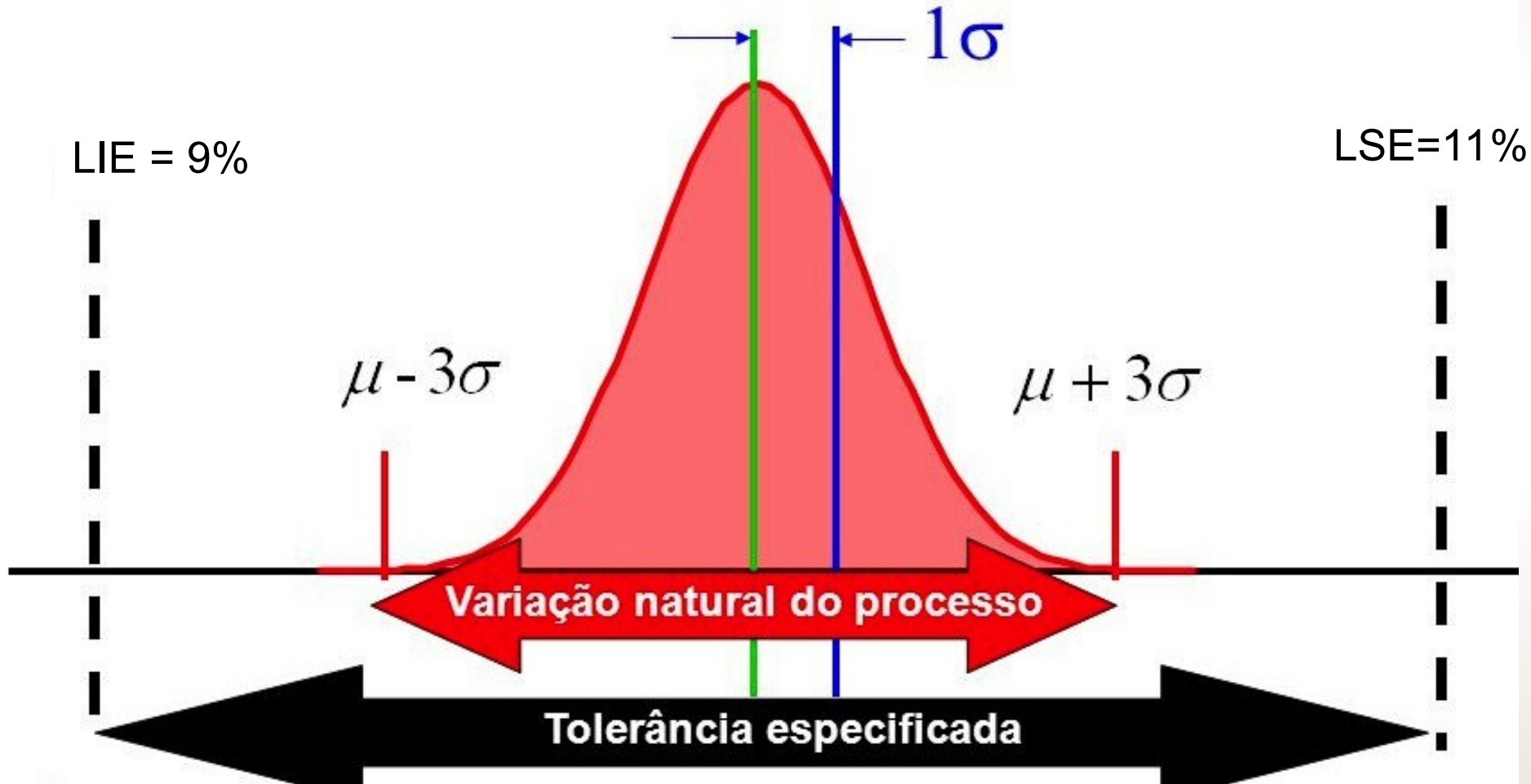
MEDIÇÃO E VARIAÇÃO DO PROCESSO





LIMITES PARA A UMIDADE NA FILTRAGEM

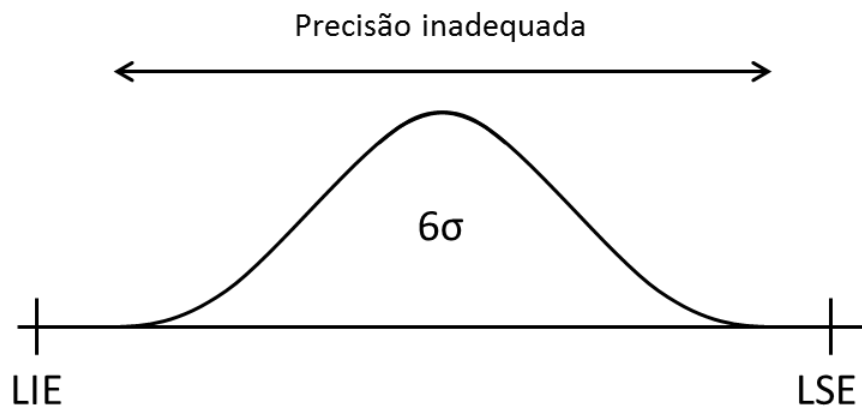
FAIXA ESTREITA DE OPERAÇÃO DE 2%



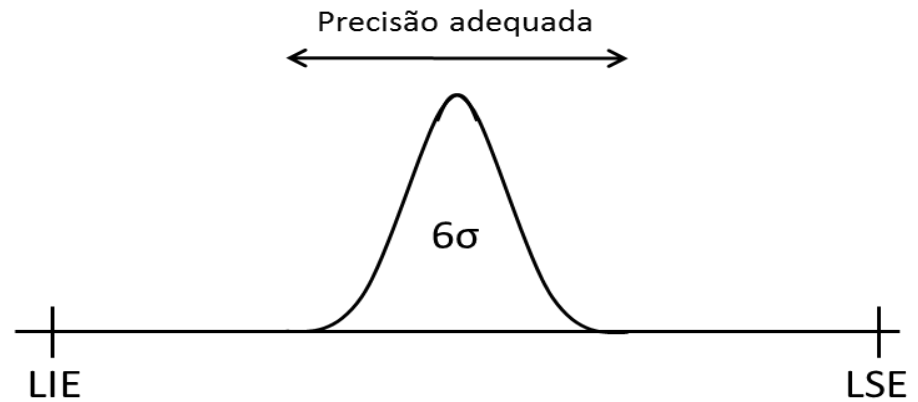


CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

SISTEMA DE MEDIÇÃO A



SISTEMA DE MEDIÇÃO B



LIE – Limite Inferior de Especificação

LSE – Limite Superior de Especificação

$$\sigma_{\text{medição}}^2 = \sigma_{\text{repe}}^2 + \sigma_{\text{repro}}^2$$

$$PT_{\text{repe}} = \frac{6\sigma_{\text{repe}}}{LSE - LIE} \times 100$$



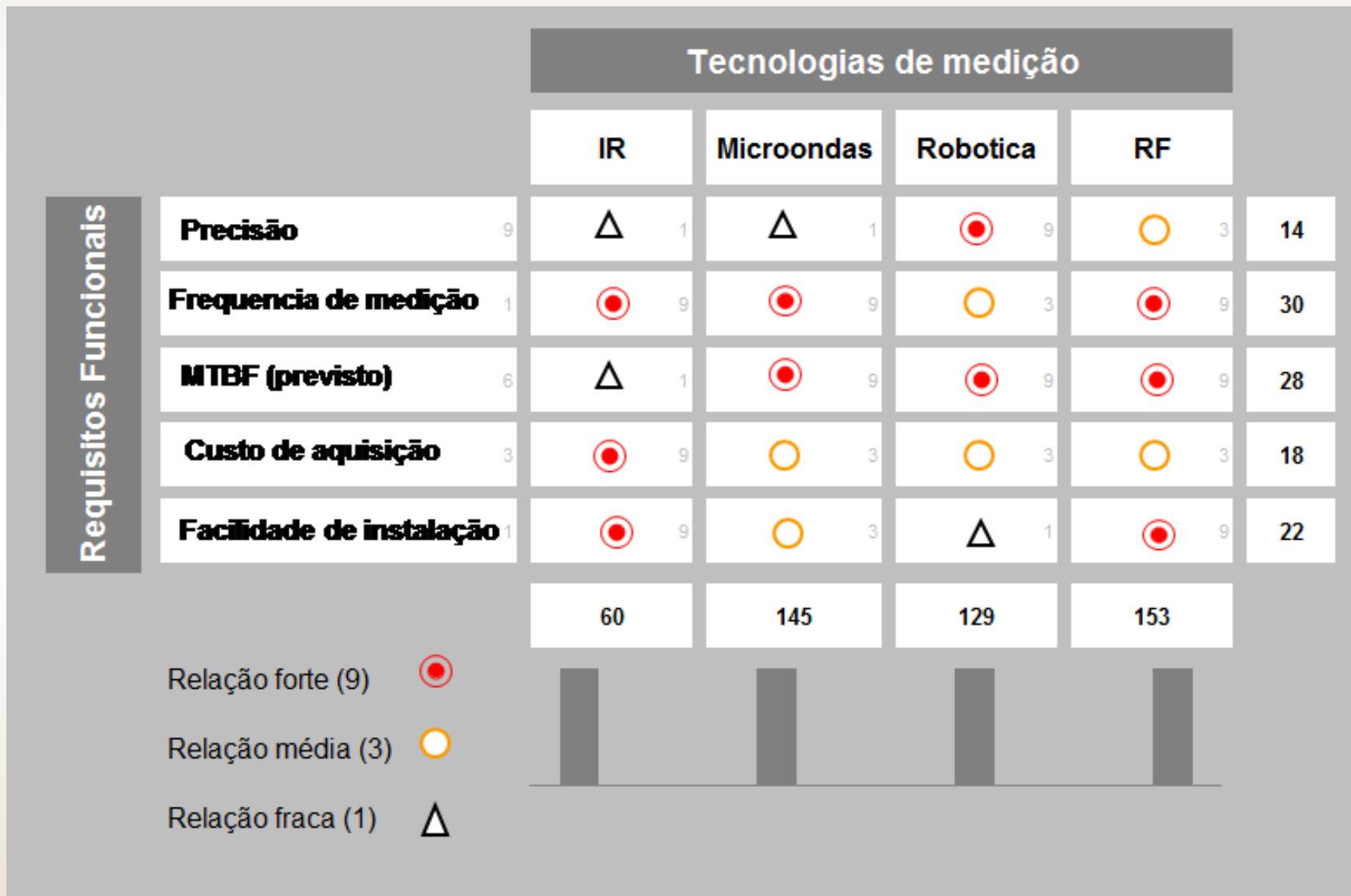
CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

<i>Classificação do Sistema</i>	<i>Valor da Percentagem de Tolerância (PT)</i>
<i>Sistema aceitável:</i>	$PT \leq 10\%$
<i>Sistema marginal:</i>	$10\% \leq PT \leq 30\%$
<i>Sistema inaceitável:</i>	$PT > 30\%$

Para $PT = 30\%$ o valor máximo para $6\sigma = 0,6$ p.p. de umidade

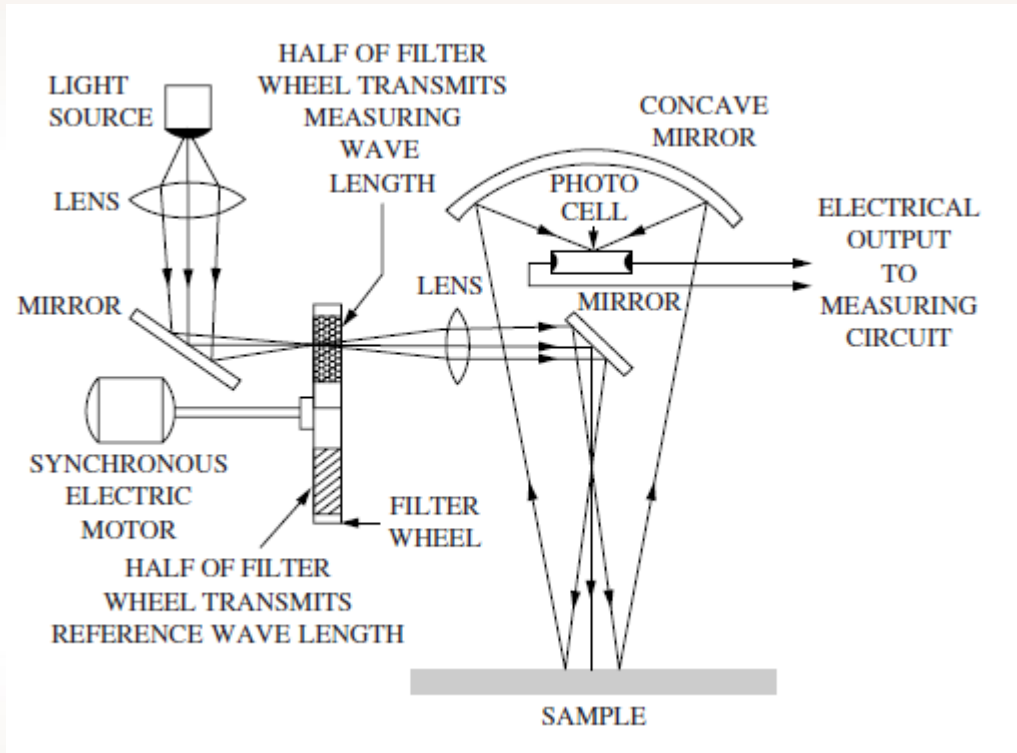


PRIORIZAÇÃO DE SOLUÇÕES





MEDIDOR IR



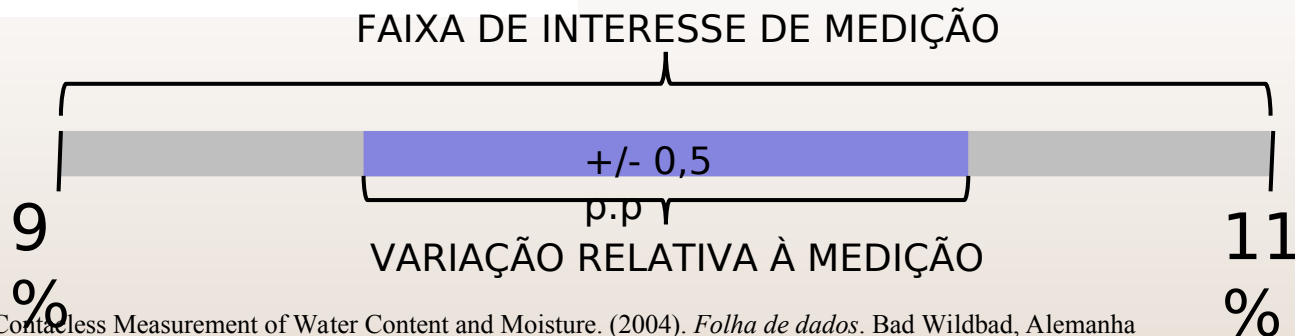
- Utilização de lentes em área com sólidos em suspensão no ar;
- Princípio mais adequado a medição em laboratório ou em ambientes mais controlados;
- Frequentes calibrações devido a mudanças nas características do material.



MEDIDOR MICROONDAS

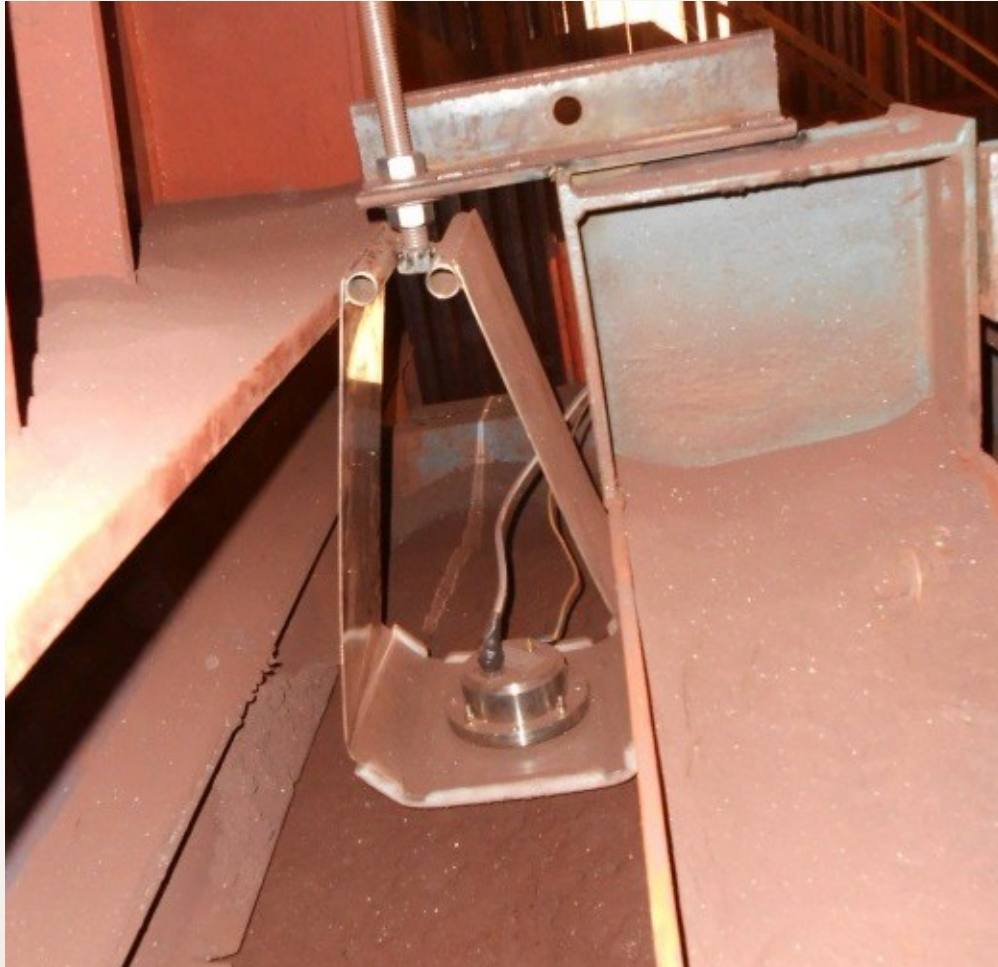


- Precisão na literatura e nas folhas de dados dos fabricantes não atende a aplicação (+/- 0,5 p.p.);
- Limitação da altura da camada de sólidos;
- Exige medição da altura da camada para correção da leitura;
- Medição por atenuação e deslocamento de fase da onda emitida pela recebida.





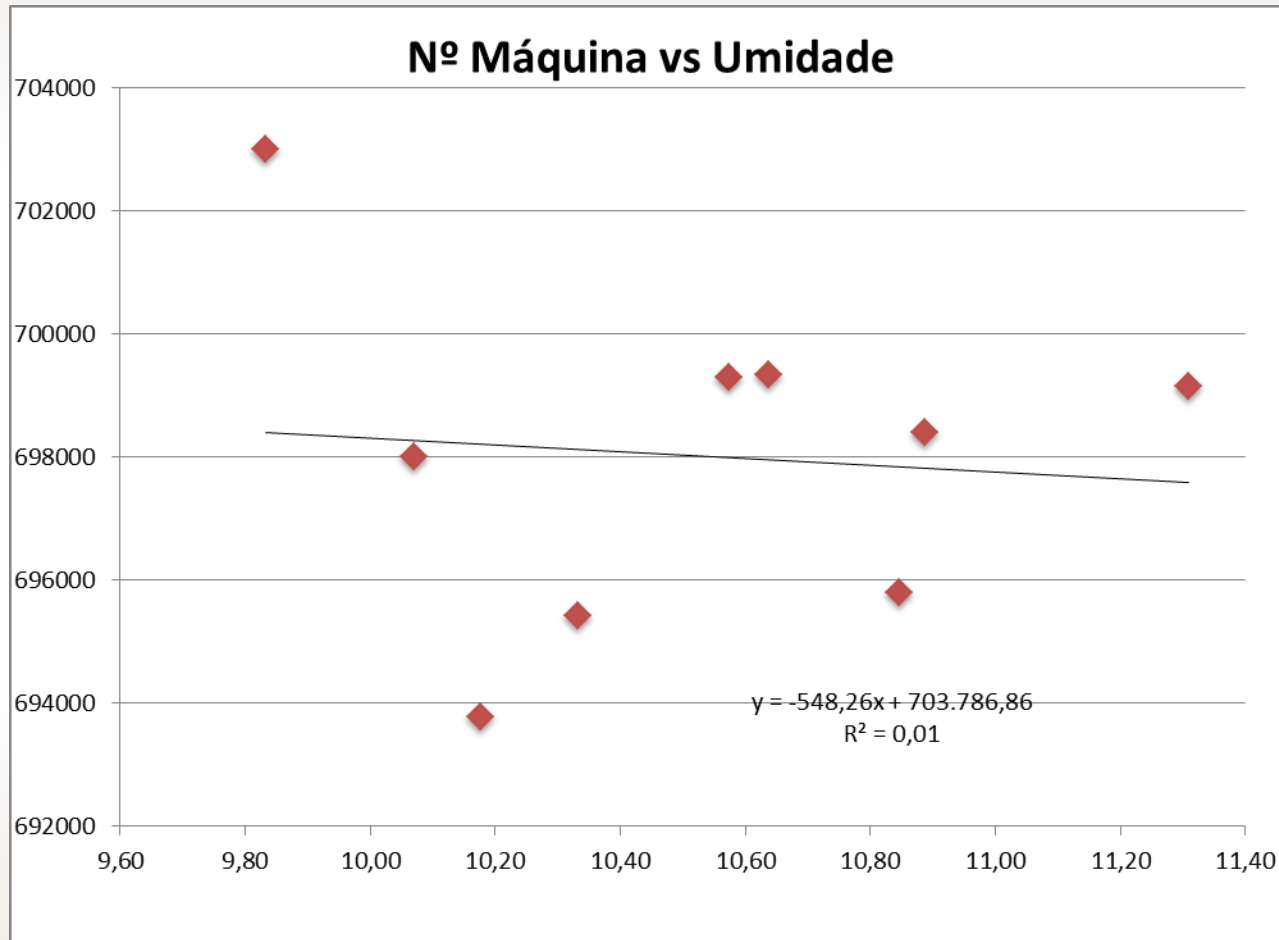
MEDIDOR RF



- Precisão na literatura e nas folhas de dados do fabricante atenderia a aplicação ($\pm 0,1$ p.p.);
- Medição da permissividade do meio por ondas de RF;
- Alteração no tamanho das partículas e densidade afetam a medição.



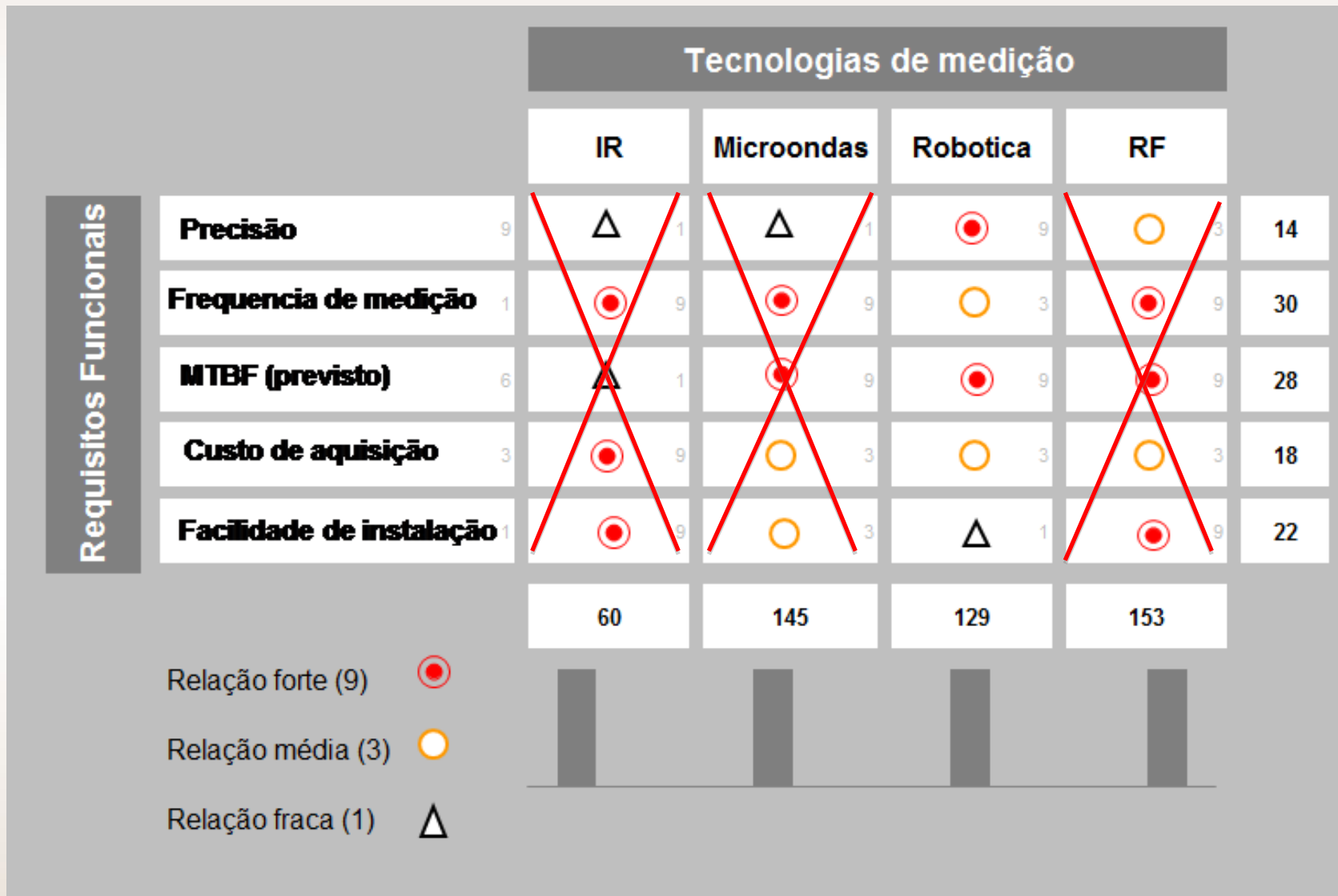
TESTE INDUSTRIAL



Não foi possível identificar as tendências de alta ou baixa da umidade, impossibilitando a calibração e início dos testes.



MATRIZ DE PRIORIZAÇÃO





PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS E LOCAL DE INSTALAÇÃO



Local de instalação
(Amostrador)



Robô



Secador de amostras infra
vermelho de 6kW



LOCAL DE INSTALAÇÃO



Local de instalação: Amostrador de pellet feed



ARQUITETURA DE REDE DE COMUNICAÇÃO DE CAMPO



Controlador de Processo
(executa lógica que controla as
sequências dos movimentos
em SFC)

PROFIBUS – DP



Balança IP 67 / +- 0,1g



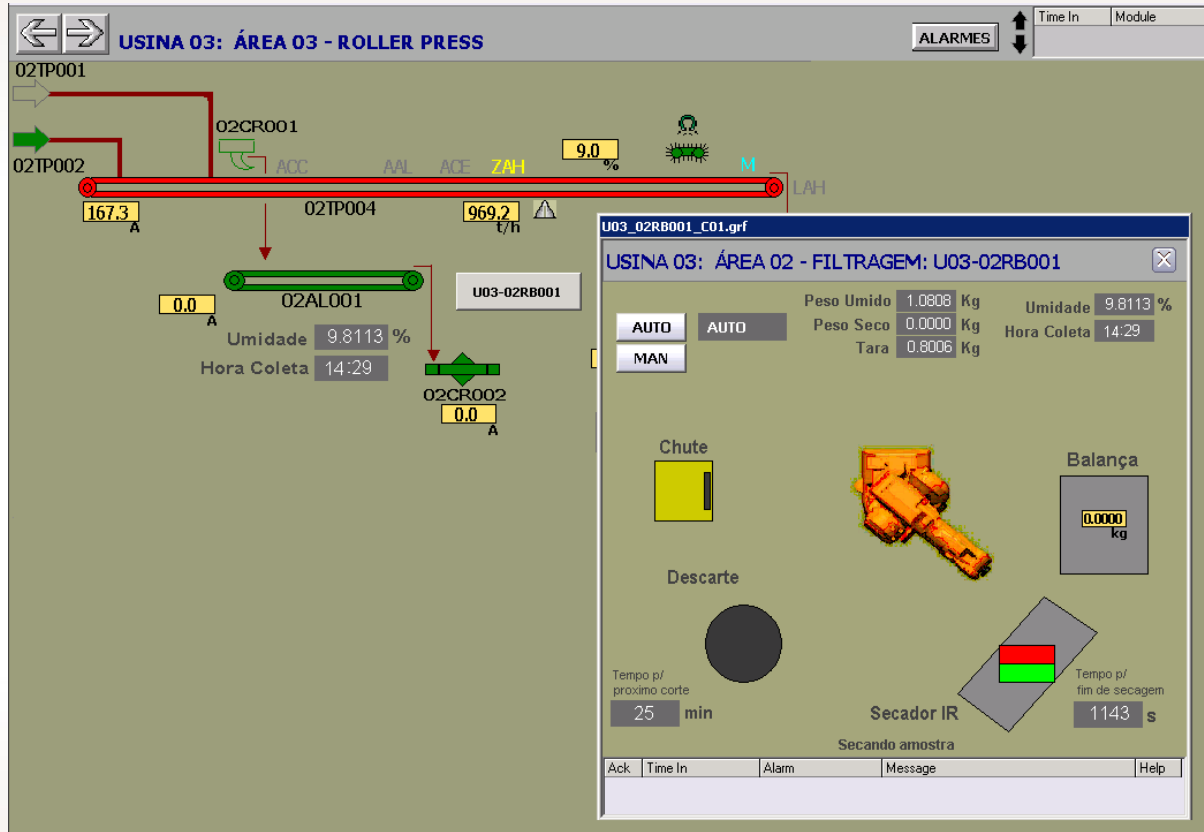
Controlador do robô
(executa os movimentos
pré-programados)



Remota I/O IP67
(acionamento de
periféricos)



SUPERVISÃO DE PROCESSO

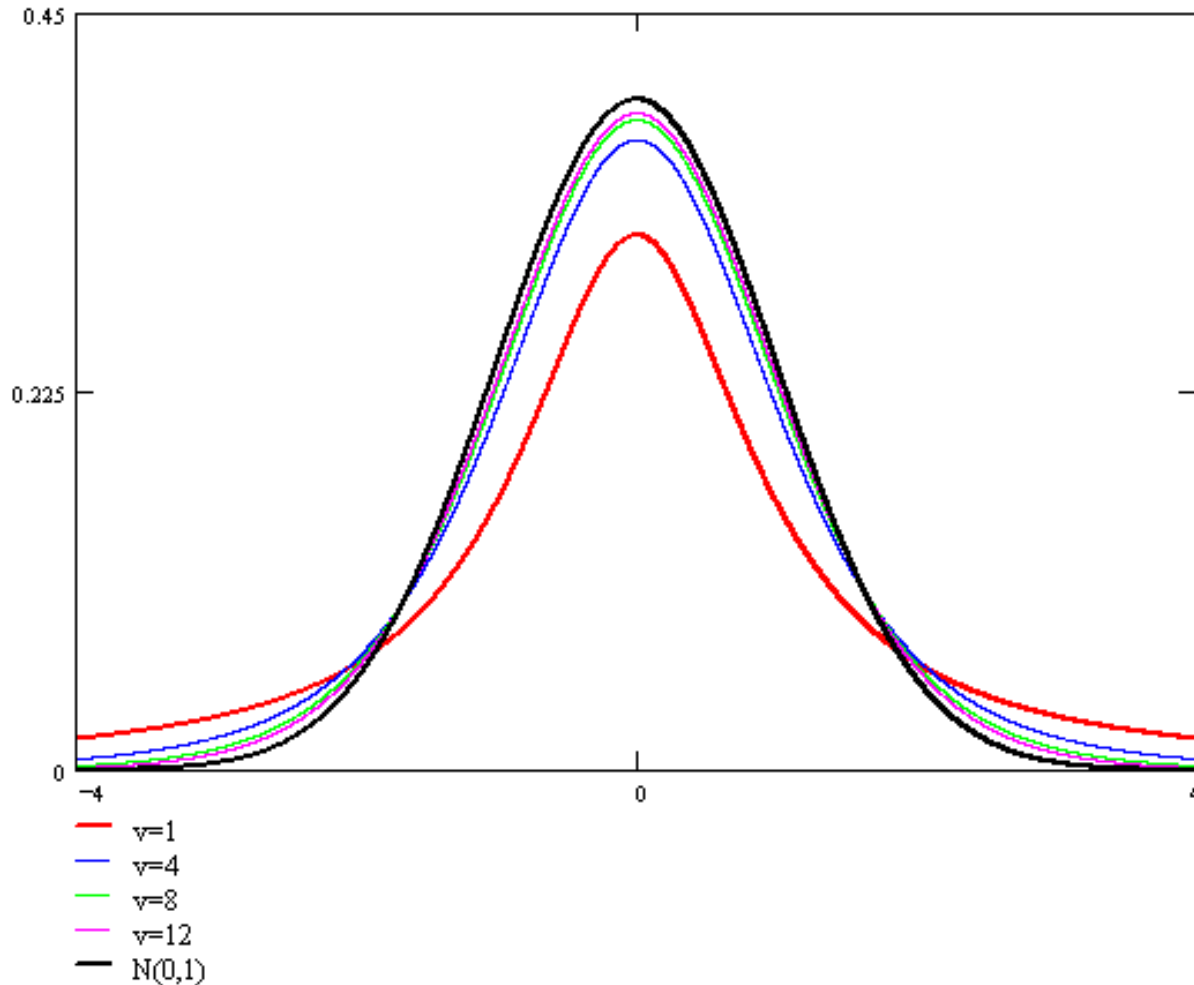


Tela de supervisão do processo e pop-up com janela para monitoramento do robô e equipamentos de análise de umidade.

Os resultados de umidade e o horário da coleta da amostra podem ser vistos na tela principal.



Distribuição t-Student v.s. Normal



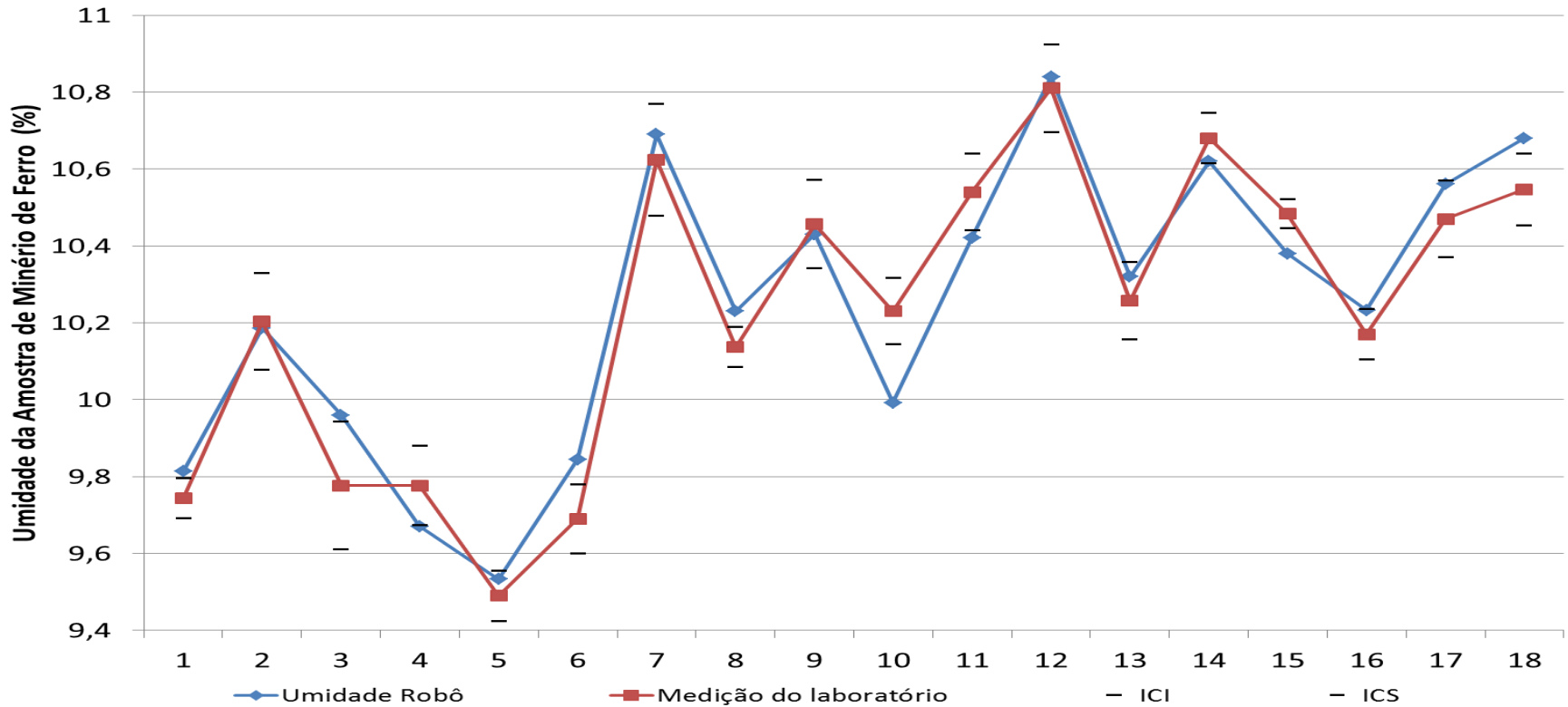
Aplicação:

Determinação da média de uma população, dentro de um certo grau de confiança, utilizando um número pequeno de amostras.



ROBÔ v.s. LABORATÓRIO

Medição Robô vs Medição Instantânea em Laboratório



- Analisadas 3 amostras para cada ponto;
- Definido o intervalo de confiança de t-Student em 95%.



RESULTADOS

<i>Requisitos</i>	<i>Requerido</i>	<i>Alcançado</i>
Exatidão	0,2 p.p.	0,09 p.p.
Frequência	Online	1 resultado a cada 30 minutos
Disponibilidade	Alta	Alta
MTBF	Alto	Alto

Apesar da medição não ser online, os resultados a cada 30 minutos são suficiente para suportar as tomadas de decisão para o controle do processo de filtragem.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Os mesmos princípios que foram avaliados neste trabalho e reprovados para este caso podem atender outras aplicações;
- Importante avaliar a discriminação do instrumento para cada tipo de aplicação;
- O robô se mostrou muito robusto mesmo em área com muitos sólidos em suspensão no ar;
- Design For Six Sigma se mostrou uma boa metodologia para guiar o desenvolvimento do projeto.



AGRADECIMENTOS

Rafael Damasceno – Técnico de Automação

Alexandre Moure – Técnico de Automação

Marcelo de Castro – Técnico de Automação

Alexandre Valejo – Técnico de Automação

Cleiton Ferreira – Técnico de Automação

Gustavo Viana – Engenheiro de Automação

Bruno Marin – Técnico de Instrumentação

Rafael Fantoni – Técnico de Instrumentação

Leandro Pacheco – Técnico de Laboratório

Alvimar Correa – Técnico de Laboratório

*Contato: **Luciano França Rocha** - lucianofr@samarco.com*