

**Nº 179691**

**Desafios da metrologia avançada para a nova indústria Brasil**

**Nilson Massami Taira**

*Palestra apresentada no Seminário  
de Metrologia Aeroespacial, 16.,  
2025, São José dos Campos. 34  
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.

**PROIBIDO REPRODUÇÃO**



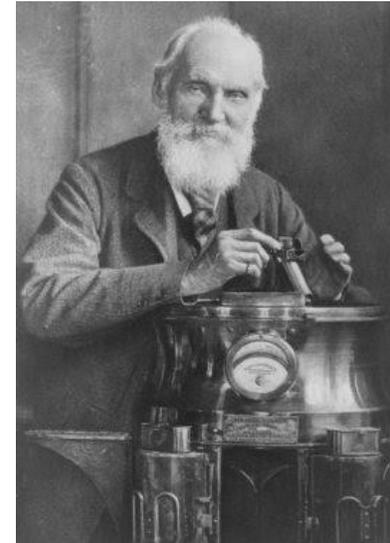
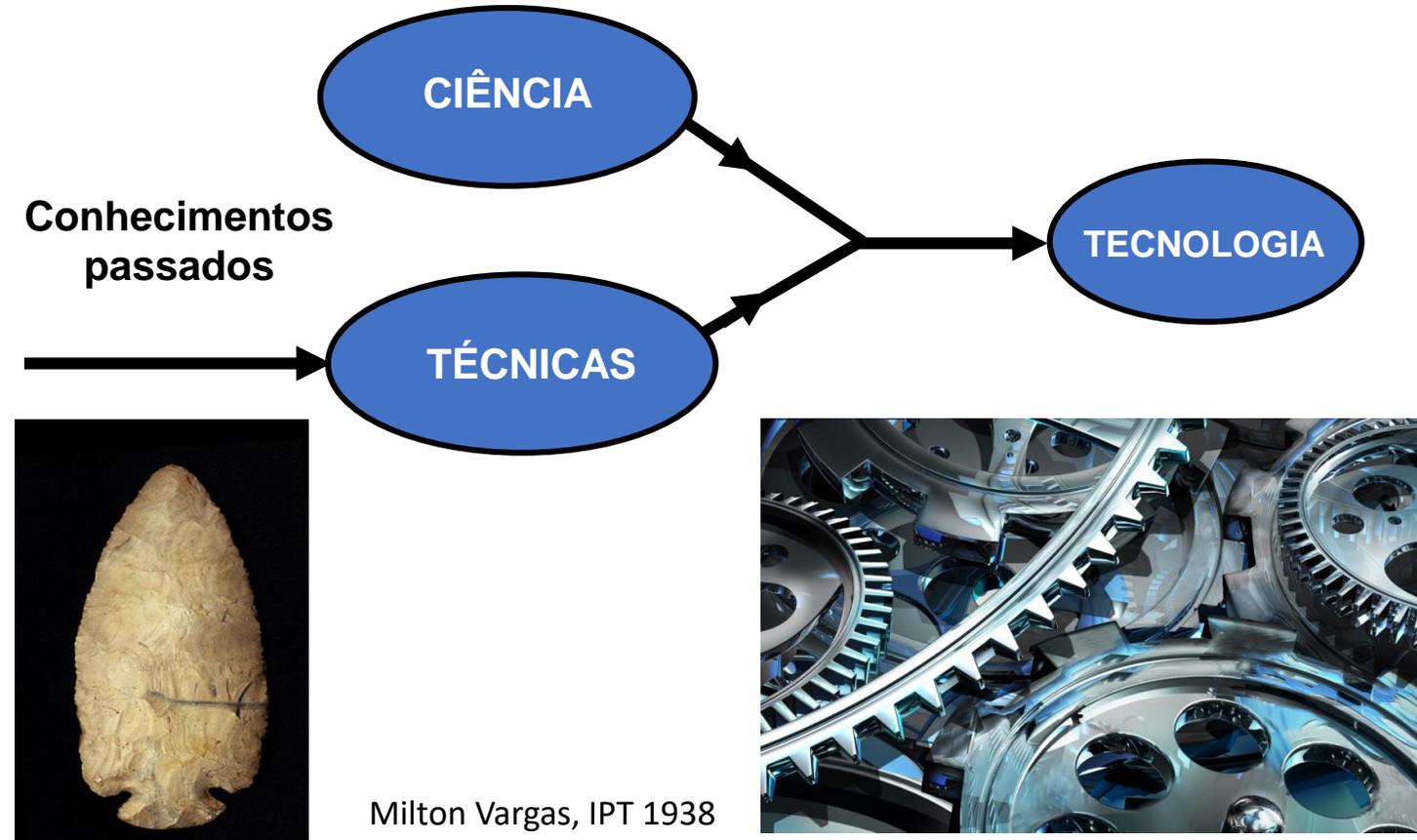
**ipt**

INSTITUTO DE  
PESQUISAS  
TECNOLÓGICAS

TECNOLOGIAS REGULATÓRIAS  
E METROLÓGICAS

**Desafios da Metrologia Avançada  
para a Nova Indústria Brasil**

# CIÊNCIA, TECNOLOGIA E TÉCNICAS



**William Thomson (Lord Kelvin)**

1824-1907

"Quando podemos medir o que dizemos e expressá-lo em números, sabemos alguma coisa sobre o assunto; mas quando não podemos expressá-lo em números, o nosso conhecimento é de um tipo frágil e insatisfatório."

**William Edwards Deming**

(1900-1993)

"Não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende, não há sucesso no que não se gerencia"

# TECNOLOGIAS REGULATÓRIAS E METROLÓGICAS - TRM

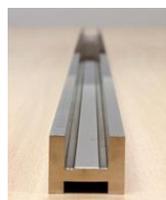
A medida exata entre tradição e inovação



Obrigado pela sua presença!

Fevereiro de 2024

Preparamos um livro para comemorar esta data,  
acesse através do QR Code ao lado ou pelo link:  
[ipt.br/90-anos-de-metrologia-no-ipt/](https://ipt.br/90-anos-de-metrologia-no-ipt/)



Padrões de  
dimensão e massa

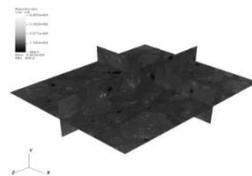
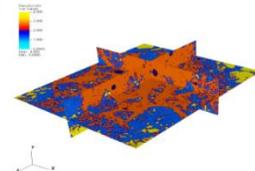
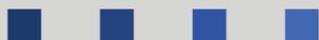


Imagem de  
porosidade de  
bloco de concreto  
obtido por  
tomografia e IA



<https://ipt.br/90-anos-de-metrologia-no-ipt/>

<https://www.youtube.com/watch?v=e1QCuzSd5ko>



# TECNOLOGIAS REGULATÓRIAS E METROLÓGICAS - TRM

## METROLOGIA ELÉTRICA

ELETRICIDADE E MAGNETISMO  
TELECOMUNICAÇÕES  
ELETROMÉDICOS  
FÍSICO-QUÍMICA (CONDUTIVIDADE E pH)



**12 PESSOAS**  
1 DOUTOR  
1 MESTRE  
5 GRADUADOS  
5 TÉCNICOS

## METROLOGIA MECÂNICA

MASSA E PRESSÃO  
FORÇA, TORQUE, DUREZA E IMPACTO  
TEMPERATURA E UMIDADE  
DIMENSIONAL E METROTOMOGRÁFIA



**20 PESSOAS**  
1 DOUTOR  
2 MESTRES  
3 GRADUADOS  
14 TÉCNICOS

## REFERÊNCIAS METROLÓGICAS

DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS DE REFERÊNCIA  
PROGRAMAS DE PROFICIÊNCIA  
PROGRAMAS DE INTERCOMPARAÇÕES LABORATORIAIS  
PESQUISA DE MATERIAIS E CARACTERIZAÇÕES ESPECIAIS



**13 PESSOAS**  
2 DOUTORES  
2 MESTRES  
2 GRADUADOS  
7 TÉCNICOS

## VAZÃO

TECNOLOGIAS REGULATÓRIAS E NOVAS ABORDAGENS METROLÓGICAS ÓLEO E GÁS, ÁGUA, SANEAMENTO E SMART METERING  
VAZÃO DE LÍQUIDOS E GASES: CALIBRAÇÃO E ENSAIOS EM LABORATÓRIO E EM CAMPO  
TÚNEL DE VENTO: AÇÃO DO VENTO NAS ESTRUTURAS



**30 PESSOAS**  
6 DOUTORES  
4 MESTRES  
6 GRADUADOS  
14 TÉCNICOS

## DADOS RÁPIDOS

- 8400 m<sup>2</sup> DE ÁREA DE LABORATÓRIOS
- > DE 20% DE MESTRES E DOUTORES
- MAIOR ESCOPO RBC DO BRASIL
- + DE 1000 EMPRESAS ATENDIDAS POR ANO
- + DE 7500 DOCUMENTOS TÉCNICOS EMITIDOS POR ANO
- PRINCIPAL INSTITUIÇÃO INDEPENDENTE PARA APOIO À FISCALIZAÇÃO, CONFORMIDADE E CONFIABILIDADE METROLÓGICA



# EIXOS TECNOLÓGICOS



## Óleo e gás

- Apoio à regulação na atividade de fiscalização da medição fiscal da produção de óleo e gás
- Calibração e ensaios de medidores de vazão em laboratório e em campo
- Treinamentos em medição de vazão, incerteza e volume em laboratório e campo
- Programa de proficiência em lubrificantes
- Padrões de viscosidade
- Avaliação da segurança de pouso e decolagem de helicópteros em plataformas
- Estudos da ação do vento em plataformas de petróleo



## Indústria 4.0

- Desenvolvimento de software e hardware para medições e monitoramento
- Validação de medições IoT e de processos automatizados
- Monitoramento e validação das condições de instalações de equipamentos, aplicações e de IoT
- Calibração de redes de sensores
- Metrologia digital



## Recursos hídricos

- Micromedição, submedição e subfaturamento
- Medição e inventário de água e esgoto
- Validação de balanços hídricos de perdas em sistemas de abastecimento de água
- Materiais de referência de contaminantes em águas naturais
- Calibração em campo de macromedidores de água
- Calibração de medidores de condutividade



## Regulação metrológica

- Apoio à regulação de água, esgoto, óleo e gás
- Calibração em campo de medidores de vazão em condições de alta complexidade
- Treinamento e consultoria em metrologia
- Desenvolvimento de parâmetros metrológicos para apoio à regulação de serviços e setores diversos



# EIXOS TECNOLÓGICOS



## Saúde

- Calibração de instrumentos médicos (desfibriladores, simuladores de pacientes, simuladores de eletrocardiogramas e marcapassos, bisturis elétricos etc.)
- Avaliação de confiabilidade de protótipos
- Intercomparações de águas para hemodiálise
- Investigação de contaminantes em fármacos



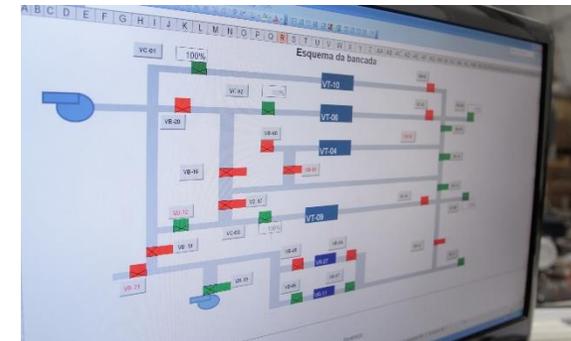
## Meio ambiente

- Avaliação de sistemas de medição de vazão para a obtenção de créditos de carbono
- Avaliação de ilhas de calor e conforto térmico
- Dispersão de contaminantes de instalações industriais
- Inventário de água e esgoto
- Padrões de águas naturais
- Caracterização de metais tóxicos em rios e lagos
- Validação de balanços hídricos e perdas em sistemas de abastecimentos de água



## Energia

- Ensaio de ímas para uso em transformadores
- Calibração em alta tensão e alta corrente
- Medidas de qualidade de energia
- Calibração de anemômetros para parques eólicos
- Estudos de eficiência para a instalação de parques eólicos
- Avaliação da eficiência energética de bombas, ventiladores e compressores
- Programas de proficiência em combustíveis
- Investigação de compostos tóxicos em combustíveis



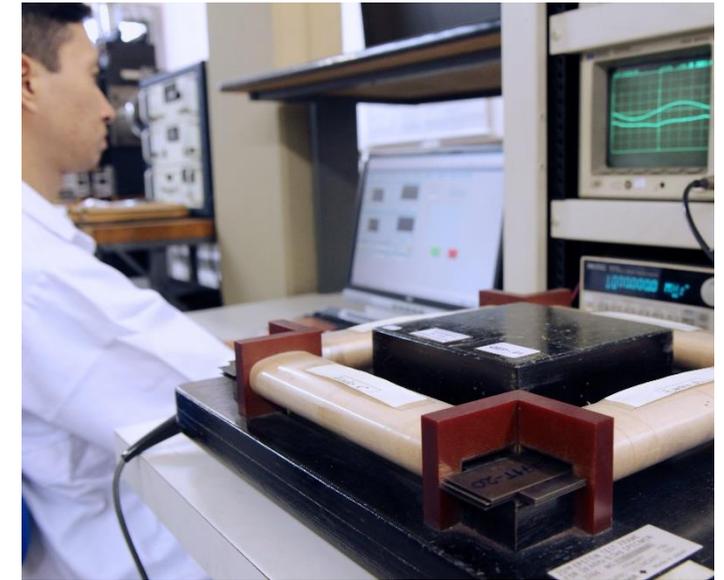
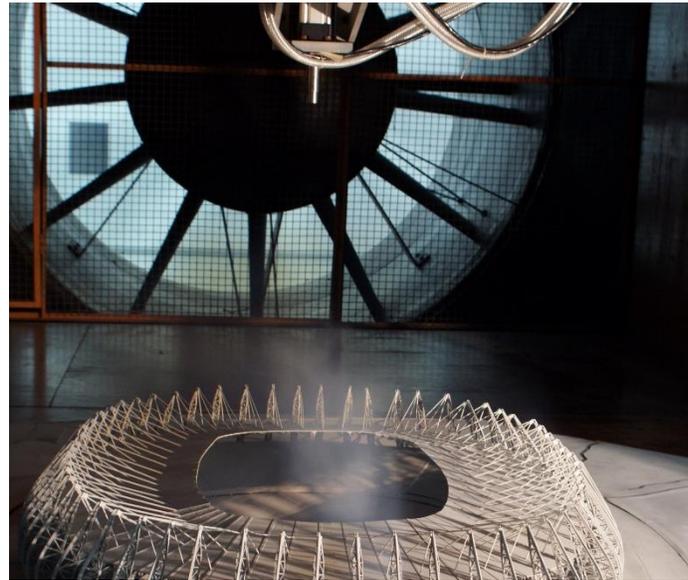
## Cidades inteligentes

- Smart metering
- Telemetrologia
- Calibração de radares GNSS
- Calibração de sensores e sistemas de medição em rede
- Apoio a plano diretor e lei de zoneamento
- Avaliação do uso e ocupação do solo e apoio ao plano diretor arbóreo para a melhoria da qualidade do ambiente urbano



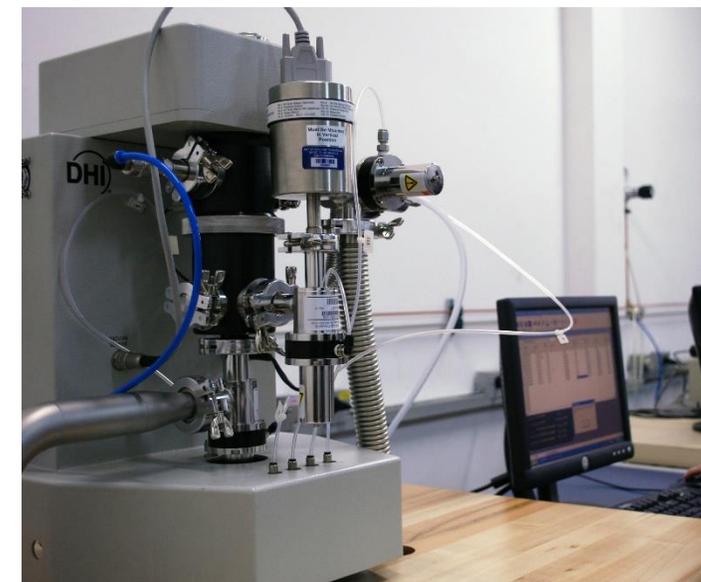
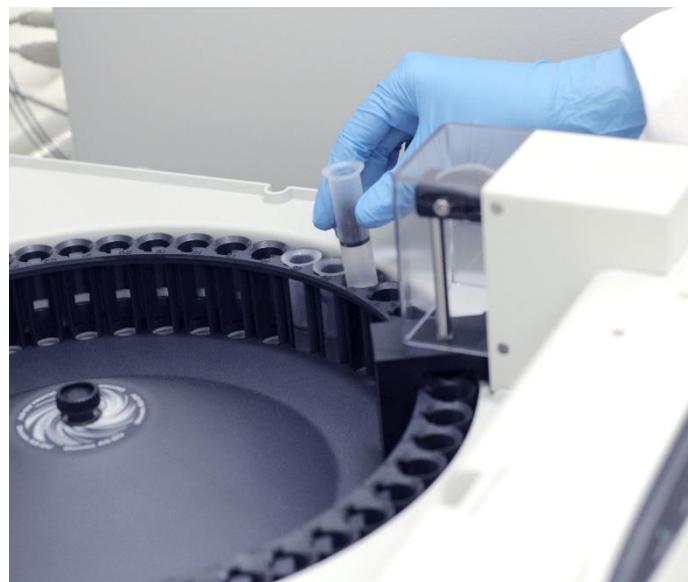
# DESTAQUES DA INFRAESTRUTURA

- Túnel de vento
- Laboratório de vazão de óleo
- Câmara climática
- Quadro de Estein para caracterização de aços elétricos



# DESTAQUES DE INFRAESTRUTURA

- Rack de medição de radiofrequências
- Cromatógrafo de íons
- Balança de pressão para calibração de transdutores de pressão
- Calibração de célula de carga



# METROLOGIA E ODS 9, 1, 3, 13, 7, 6, 11 E 12

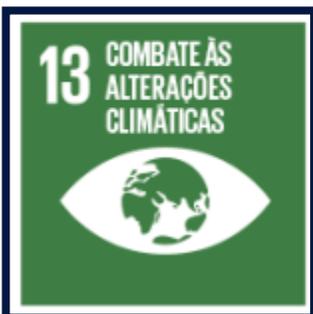
Garantir a igualdade nas condições econômicas para todos os envolvidos



Garantir medições para a prevenção, o diagnóstico e o tratamento de doenças



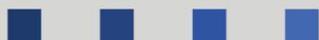
Garantir métricas das mudanças climáticas confiáveis e validadas



Apoiar a inovação de produtos, a melhoria de processos e a garantia de qualidade



Adaptado de: UNIDO, Metrology in support of the SDGs



# NOVA INDÚSTRIA BRASIL 2024-2033: MISSÕES

Promover a neointustrialização do país, impulsionando a inovação, a sustentabilidade e a inclusão social.

**Missão 1** - Cadeias agroindustriais sustentáveis e digitais para a segurança alimentar, nutricional e energética;



**Missão 2** - Complexo econômico industrial da saúde resiliente para reduzir as vulnerabilidades do SUS e ampliar o acesso à saúde;



**Missão 3** - Infraestrutura, saneamento, moradia e mobilidade sustentáveis para a integração produtiva e o bem-estar nas cidades;



**Missão 4** - Transformação digital da indústria para ampliar a produtividade;



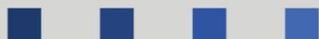
**Missão 5** - Bioeconomia, descarbonização e transição e segurança energéticas para garantir os recursos para as gerações futuras, e



**Missão 6** - Tecnologias de interesse para a soberania e defesa nacionais.



Fortalecer as cadeias produtivas estratégicas e reposicionar a indústria nacional como motor do desenvolvimento econômico e tecnológico até 2033.



# INFRAESTRUTURA DA QUALIDADE IQ – CICLO DE INOVAÇÃO

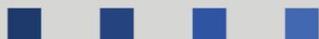
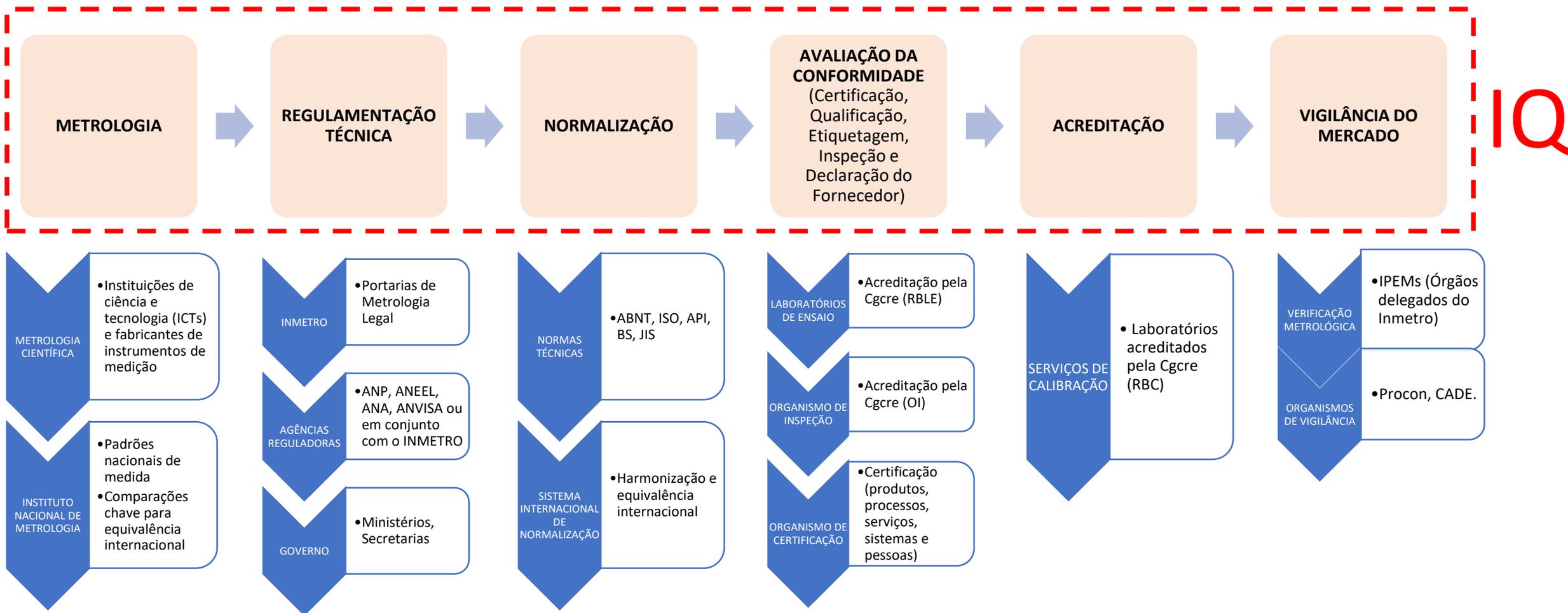


## Monetização da IQ

Um relatório do *Bureau International des Poids et Mesures* – BIPM, apresenta uma estimativa de 3% a 6% do PIB nos países industrializados correspondem à medição e suas operações relacionadas.

Segundo a OCDE, 80 % do comércio global (24 trilhões de dólares em 2023) envolve testes e medições que confirmam a conformidade com regulamentos e normas.

# INFRAESTRUTURA DA QUALIDADE IQ



# O QUE A NIB ESPERA DA ÁREA DE METROLOGIA

01

A metrologia precisa evoluir para atender à rastreabilidade e confiabilidade das medições em ambientes digitalizados e automatizados, como aqueles baseados em Internet das Coisas (IoT), sensores inteligentes e manufatura aditiva.

02

A metrologia deve sustentar a soberania tecnológica ao reduzir a dependência externa em padrões, calibração e certificação, especialmente em áreas estratégicas como defesa, saúde e segurança alimentar.

03

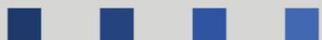
Ampliação e modernização da infraestrutura da qualidade (metrologia, normalização, acreditação, avaliação da conformidade) para fomentar a inovação e elevar a competitividade. Isso implica o desenvolvimento de novos métodos de medição, sistemas de referência e competências técnicas que acompanhem os avanços industriais e tecnológicos.

04

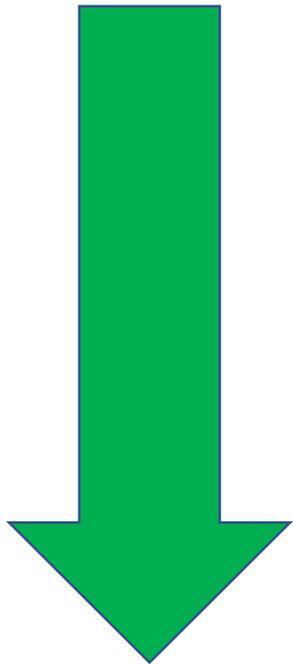
A metrologia deverá apoiar a indústria na adaptação às exigências ambientais e digitais, como certificações de emissões, eficiência energética, circularidade de materiais e segurança cibernética de dispositivos conectados.

05

Formação e Retenção de profissionais especializados em metrologia científica e industrial para garantir a continuidade e evolução do sistema nacional de metrologia em consonância com os objetivos da NIB .



# TIPOS DE METROLOGIA E INOVAÇÃO



Grau de inovação



Grau de normalização e regulação

## **Metrologia Legal** (verificação)

Medidores de água, energia e gás, combustíveis, produtos pré medidos, balanças, termômetros, etilômetro, esfigmomanômetro, ...

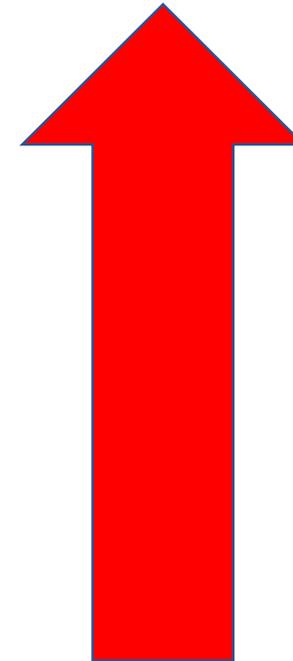
## **Metrologia Industrial**

A metrologia industrial ou aplicada tem como objetivo apoiar as atividades de controle de processos e de produtos, assegurando a sua qualidade metrológica e também a gestão dos meios de medição que utiliza.

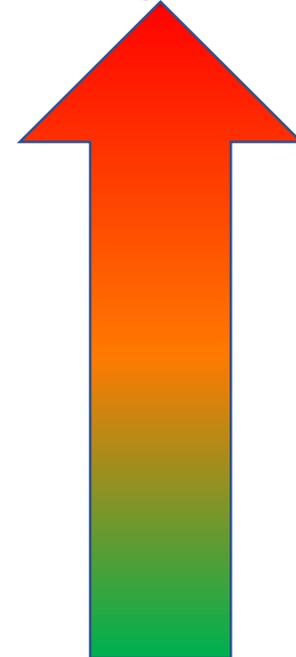
## **Metrologia Científica**

Metrologia Científica é uma ferramenta fundamental no crescimento e inovação tecnológica, promovendo a competitividade e criando um ambiente favorável ao desenvolvimento científico e industrial em todo e qualquer país.

Grau de segurança jurídica



Demanda de transformação digital



# METROLOGIA EM TEMPOS DE DADOS E ALGORITMOS

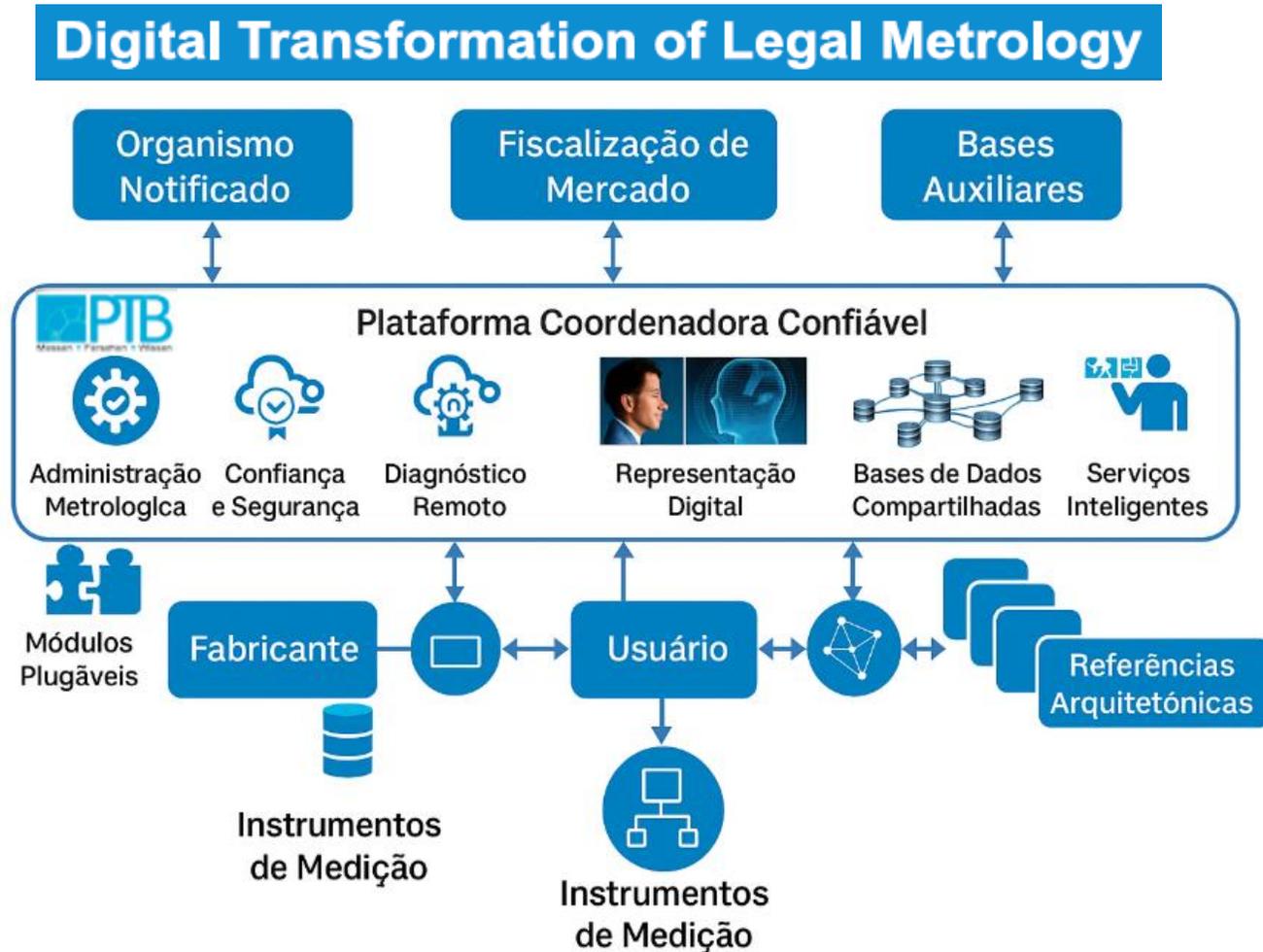
Adaptado de Rab, S., Wan, M., Sharma, R.K. et al. Digital Avatar of Metrology. MAPAN 38, 561–568 (2023). <https://doi.org/10.1007/s12647-023-00641-1>

## DESAFIOS EM METROLOGIA DIGITAL



A **Metrologia Digital** é mais do que digitalizar documentos, pois demanda um ecossistema completo que integre tecnologia, regulamentação, capacitação e interoperabilidade, equilibrando rastreabilidade técnica com custo e viabilidade operacional.

# MODELO CONCEITUAL DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL DA METROLOGIA LEGAL SEGUNDO PTB



Modelo conceitual da **transformação digital da metrologia legal**, centrado em uma **plataforma confiável e coordenadora baseada em nuvem**.

**Infraestrutura digital centralizada** permite:

- Certificação digital e rastreável
- Diagnóstico remoto e manutenção assistida
- Representação digital (gêmeos digitais) de instrumentos
- Monitoramento em tempo real e automação de conformidade legal
- Bases de dados compartilhadas com versionamento
- Serviços inteligentes (*smart services*) orientados por dados

<https://www.ptb.de/empir2018/smartcom/project/overview/>

# INFRAESTRUTURA DA QUALIDADE E NIB

Compromisso do IPT

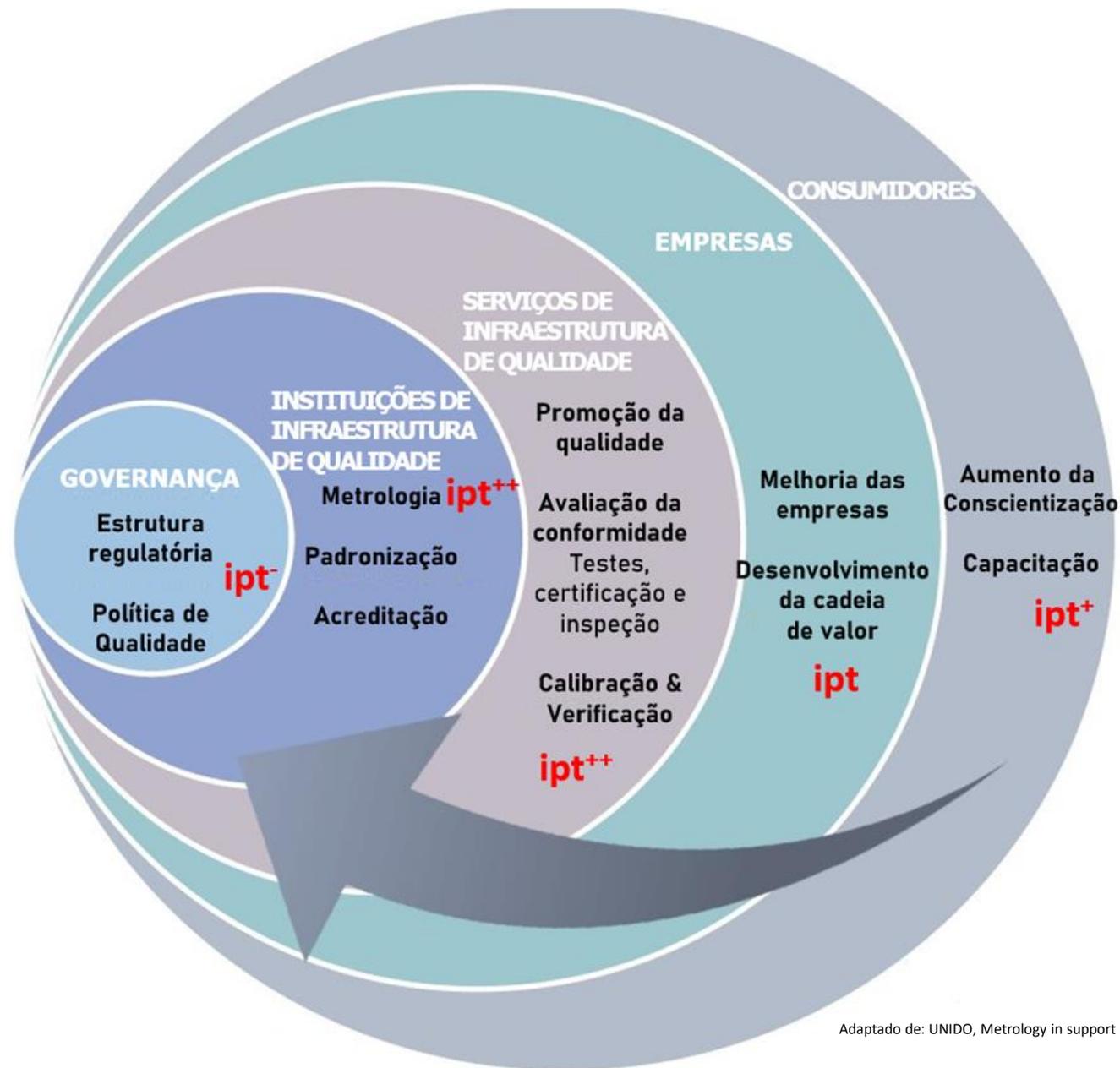
Ciência e Inovação

Fortalecendo a

Infraestrutura da

Qualidade para a Nova

Indústria Brasil.



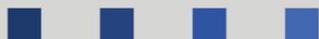
Adaptado de: UNIDO, Metrology in support of the SDGs



# TRANSFORMAÇÃO DIGITAL: MANUFATURA AVANÇADA E CIDADES INTELIGENTES



2018  
PDIP Chamada FAPESP  
Metrologia Avançada



# METROLOGIA DO FUTURO: OITO PERSPECTIVAS ESTRATÉGICAS

01

## **Metrologia da Informação e do Produto Final com Qualidade Percebida**

Vai além da medição tradicional de grandezas físicas. Amplia a metrologia tradicional ao quantificar aspectos da experiência do usuário, como conforto, usabilidade e confiança percebida. Integra medições físicas com análise de dados e avaliações subjetivas, essenciais em produtos e serviços onde a percepção do valor é tão importante quanto a conformidade técnica.

02

## **Metrologia da Imagem**

Envolve a avaliação quantitativa de elementos visuais, como imagens médicas, satélites, inspeção óptica industrial e sensoriamento remoto. Integra técnicas de *visão computacional*, *fotometria*, *radiometria* e algoritmos de análise automatizada com rastreabilidade metrológica.

03

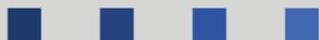
## **Metrologia do Serviço com Qualidade Suficiente e Ótimo Custo-Benefício**

Prioriza a incerteza adequada ao uso, evitando excessos desnecessários de precisão. Essa abordagem valoriza o equilíbrio entre qualidade entregue e custo, sendo essencial para avaliação e regulação de serviços públicos e privados com foco na eficiência e na percepção do usuário.

04

## **Metrologia do Byte**

Trata da rastreabilidade e integridade de dados digitais: tempo de latência, perdas em transmissão, compressão, criptografia e verificação de integridade. É crítica na era da *IoT*, *blockchain*, metaverso e aplicações em nuvem com garantia de qualidade digital.



# METROLOGIA DO FUTURO: OITO PERSPECTIVAS ESTRATÉGICAS

05

## **Metrologia Multivariada em Vários Domínios**

Requer sistemas de medição capazes de operar simultaneamente em domínios distintos (tempo, frequência, espaço, clima, vibração etc.). Exemplo: sensores inteligentes que correlacionam pressão, vazão e composição química em tempo real.

06

## **Metrologia Analítica de Variáveis Simultâneas em Tempo Real**

Envolve a captura, análise e decisão em ambientes altamente dinâmicos (como redes elétricas inteligentes, processos industriais autônomos ou veículos autônomos). Demanda metrologia com alta resolução temporal, tratamento de dados em fluxo contínuo (*streaming analytics*), e sistemas embarcados com confiabilidade metrológica.

07

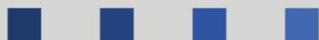
## **Metrologia do Software**

Avalia o desempenho, confiabilidade, rastreabilidade e reprodutibilidade de algoritmos e sistemas computacionais, incluindo tanto softwares determinísticos (como sistemas embarcados) quanto não determinísticos (como IA e aprendizado de máquina). Exige novos referenciais para testar, validar e calibrar comportamentos digitais.

08

## **Metrologia não Apenas da Medição com Precisão, mas da Decisão Baseada na Medição**

A metrologia deixa de ser fim em si mesma e passa a ser uma **metrologia para decisão**, capaz de sustentar políticas públicas, certificações de sustentabilidade, modelos econômicos baseados em dados e ações industriais em ambiente de incerteza.



# METROLOGIA AVANÇADA EM TEMPOS DE DADOS E ALGORITMOS

Vivemos uma era em que a medição ultrapassa o físico. A inteligência artificial, o big data e o aprendizado por máquinas desafiam os limites da metrologia tradicional ao quantificar aspectos antes considerados subjetivos — emoções, decisões, comportamentos.

*“Graças ao big data, à inteligência artificial e ao aprendizado por máquinas, pela primeira vez na história começa a ser possível conhecer uma pessoa melhor do que ela mesma, hackear seres humanos...”*  
— Yuval Noah Harari, 2018



Nesse novo cenário, a **metrologia deixa de ser apenas instrumento de controle técnico** e passa a ser **instrumento estratégico de compreensão e ação sobre sistemas complexos** — sejam eles sociais, computacionais ou híbridos.

# NOVAS ABORDAGENS DA METROLOGIA

- A Nova Indústria Brasil (NIB) prioriza:
  - Transição energética
  - Economia verde
  - Eficiência e sustentabilidade
  - Digitalização e inovação industrial
- A metrologia deve acompanhar esse movimento, deixando de ser apenas laboratorial.
- Nova Missão da Metrologia: de instrumento de verificação → para ferramenta de decisão em campo

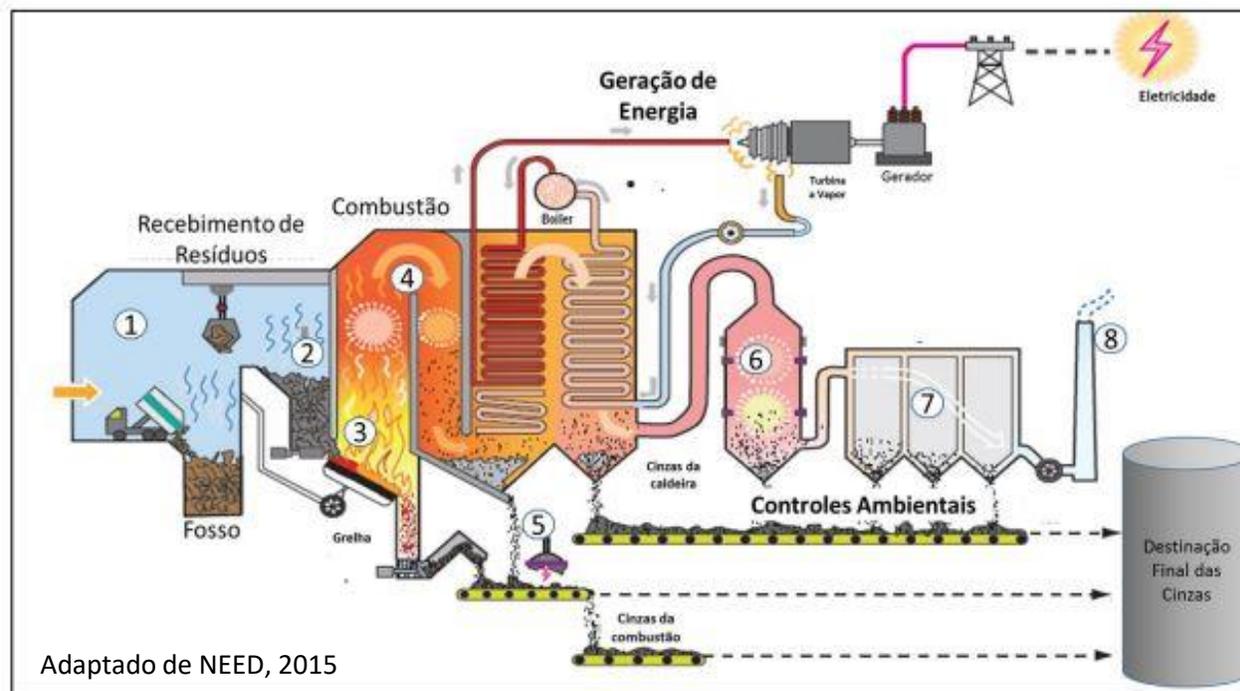
- Exemplo 1 – MR - Combustível Derivado de Resíduos - CDR
- Exemplo 2 - Metrologia Hídrica com CFD Projeto IPT - ANA (PISF)
- Exemplo 3 - Calibração Virtual de Sensores: Simulação CFD do tubo Pitot tipo Cole
- Exemplo 4 - Monitoramento Inteligente: *IoT + Machine Learning* em Medidores de Gás



# Material de Referência CDR

## ■ Desafio identificado

O desafio proposto é avaliar a capacidade dos laboratórios em realizar ensaios confiáveis e reprodutíveis em **Combustível Derivado de Resíduos (CDR)**, um material com características complexas e variáveis. Para isso, foi organizada uma rodada de ensaios de proficiência, com cinco laboratórios participantes, abrangendo cinco tipos de ensaios. O principal objetivo é verificar a qualidade das medições, promover melhorias nos processos analíticos, comprovar a competência técnica dos laboratórios e, adicionalmente, subsidiar o desenvolvimento de um material de referência de CDR, conforme os requisitos da ABNT NBR ISO/IEC 17043.



Aspecto do CDR processado

# Material de Referência CDR

## ■ Solução proposta

Lote de amostras desenvolvido a partir de diversos tipos de materiais previamente planejados e adquiridos pelo IPT. Entre os principais materiais utilizados na composição das amostras destacam-se os plásticos, com predominância de PEAD e, em menor proporção, PVC, este último incluído como fonte de cloro estável. Também foram empregados papel e papelão, tecidos mistos, borracha vulcanizada, madeira, couro tratado e fraldas descartáveis, que são materiais compostos por papel, não tecido, plástico, entre outros. Esses componentes foram selecionados de forma a refletir a diversidade e complexidade típica do CDR.



Material	Nossa Composição
Plástico PE	45,5%
Papelão	24,2%
Papel	12,1%
Borracha	6,1%
Madeiras	6,1%
Couro	3,0%
Tecidos	3,0%
Metais	0,0%
Vidros	0,0%
MOP	0,0%
Terra e outros	0,0%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Composição gravimétrica do material desenvolvido no IPT

# Programa de proficiência em CDR

## ■ Resultados alcançados

O Programa de Ensaio de Proficiência (PEP) com amostras de CDR permitiu aos cinco laboratórios participantes avaliar o desempenho de seus métodos analíticos para umidade, cinzas, cloro, PCS e PCI. Além de medir o desempenho, a experiência evidenciou a diversidade de métodos utilizados. A maioria dos resultados apresentou desempenho satisfatório, com z-scores dentro dos limites aceitáveis. Nos casos com z-scores acima de 3, recomendou-se que os laboratórios revisem seus procedimentos para identificar possíveis falhas e melhorias.



CDR sintético

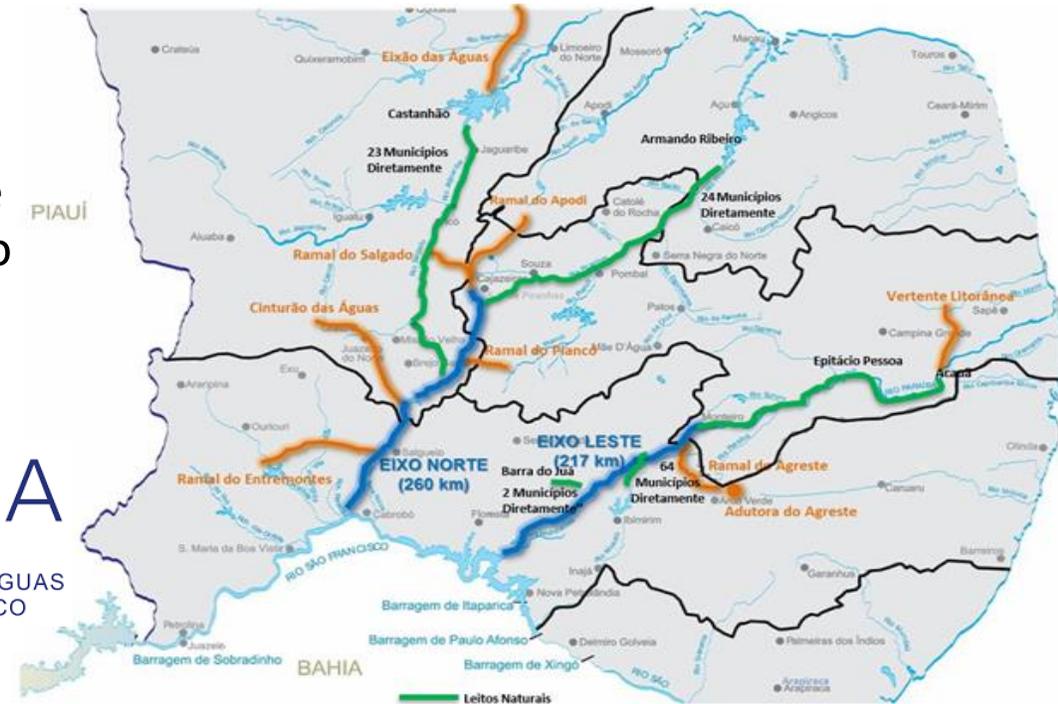


Participante	Umidade / %	Cinzas / %	Cloro	PCS	PCI
1	1,87	0,04	0,04	-1,04	-2,43
2	-3,64	n/a	0,18	1,01	1,5
3	1,49	1,58	-0,72	1,78	1,86
4	-1,23	3,63	2535	-3,79	-2,88
5	1,4	1,55	-0,97	1,91	1,95

# Projeto IPT - ANA

## ■ Objetivo geral

Produtos e serviços tecnológicos especializados em Metrologia com a finalidade auxiliar a ANA nas atividades relacionadas às ações de fiscalização da captação e de adução de água bruta e de operação do sistema PISF - Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias do Nordeste Setentrional, e na operação da rede hidrometeorológica da Agência.



# Projeto IPT - ANA

## Inspeção e calibração de sistemas de macromedição de água bruta



**Planilha para determinação de vazão por mapeamento planimétrico -**  
**referência: 190.2000.2009**

**Objetivo:** determinar o vazão de água bruta, na estação de tratamento de água, através de medição planimétrica.

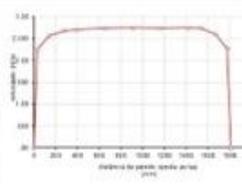
**Local de medição:** Estação de Tratamento de Água - ETA - 100 m  
**Data de medição:** 10/01/2018  
**Operador:** Roberto de Sá

**Diâmetro da tuba:** 100 cm  
**espessura:** 10 mm  
**diâmetro da b/a:** 110 cm

**Área da seção:** 1.1787 m²  
**diâmetro da b/a:** 1.10 m

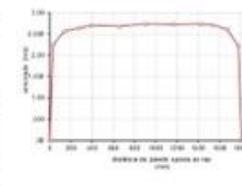
**Tabela Vertical**

posição (m)	distância corrigida (mm)	distância de zero efetiva (m)	velocidade (m/s)	velocidade corrigida (m/s)	velocidade corrigida (m/s)
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	100	0,10	0,20	0,20	0,20
2	200	0,20	0,20	0,20	0,20
3	300	0,30	0,20	0,20	0,20
4	400	0,40	0,20	0,20	0,20
5	500	0,50	0,20	0,20	0,20
6	600	0,60	0,20	0,20	0,20
7	700	0,70	0,20	0,20	0,20
8	800	0,80	0,20	0,20	0,20
9	900	0,90	0,20	0,20	0,20
10	1000	1,00	0,20	0,20	0,20
11	1100	1,10	0,20	0,20	0,20
12	1200	1,20	0,20	0,20	0,20



**Tabela Horizontal**

posição (m)	distância corrigida (mm)	distância de zero efetiva (m)	velocidade (m/s)	velocidade corrigida (m/s)	velocidade corrigida (m/s)
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	100	0,10	0,20	0,20	0,20
2	200	0,20	0,20	0,20	0,20
3	300	0,30	0,20	0,20	0,20
4	400	0,40	0,20	0,20	0,20
5	500	0,50	0,20	0,20	0,20
6	600	0,60	0,20	0,20	0,20
7	700	0,70	0,20	0,20	0,20
8	800	0,80	0,20	0,20	0,20
9	900	0,90	0,20	0,20	0,20
10	1000	1,00	0,20	0,20	0,20
11	1100	1,10	0,20	0,20	0,20
12	1200	1,20	0,20	0,20	0,20



**Vazão medida (m³/s)**

valor	0,79
desvio	0,126

**Vazão tratada (m³/s)**

valor	1,95
desvio	0,458
eficiência	0,408
perda	0,73%

**Velocidade (m/s)**

valor	0,20
desvio	0,04
coeficiente	0,20
coeficiente	0,20
coeficiente	0,20

**FWV\_1** 0,941 **FWV\_2** 0,941 **FWV\_3** 0,939 **FWV\_4** 0,942 **Amplitude FW** 0,002

**Meda FWV** 0,942 **Meda FWV** 0,942 **Meda FWV** 0,942

**Meda FW** 0,9407



# Projeto IPT - ANA

## Elaboração de manuais, guias e documentos orientativos



## Cursos de capacitação para profissionais do setor



ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico  
Superintendência de Fiscalização – SF e  
Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica – SGH

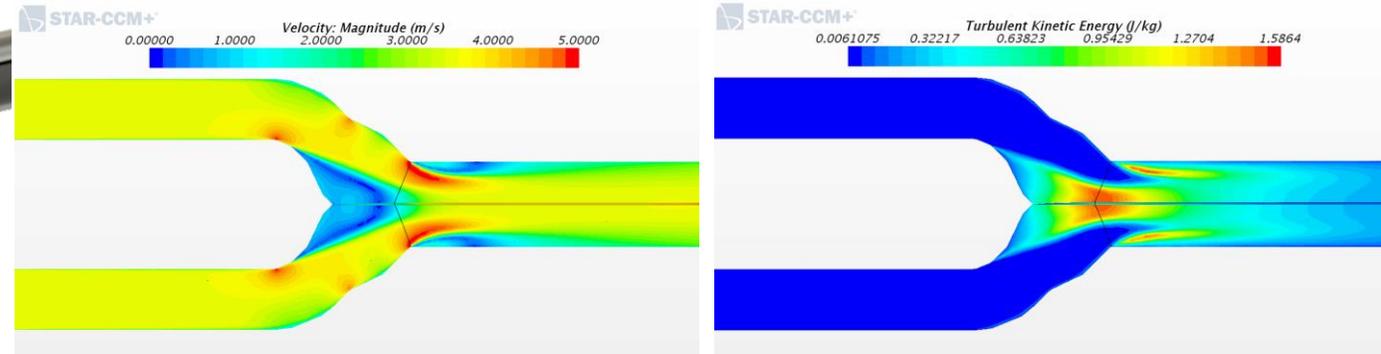
# Projeto IPT – ANA Estudo para Utilização de CFD

**Objetivo: Redução de incertezas associadas à assimetria do perfil de velocidades de cada seção da tubulação.**

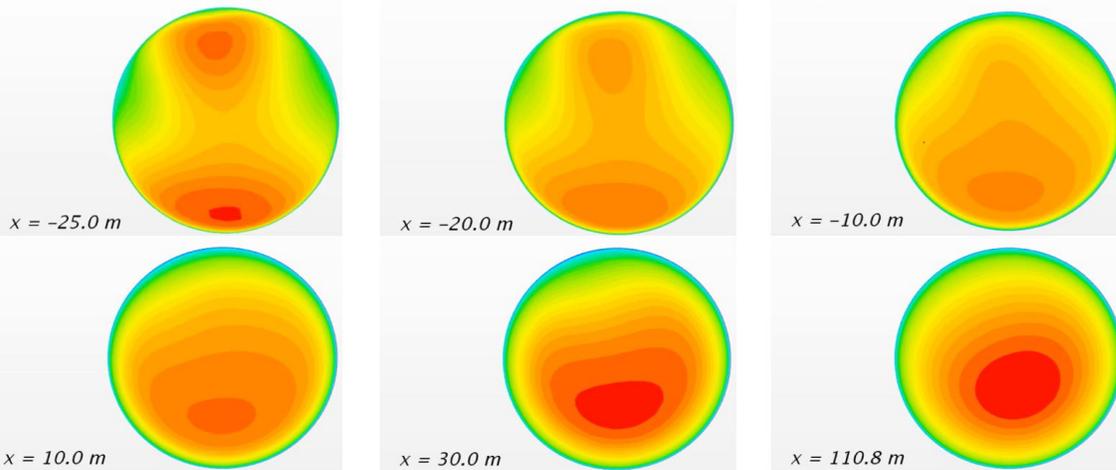
tubulação de 2,4 metros de diâmetro e 150 metros de comprimento



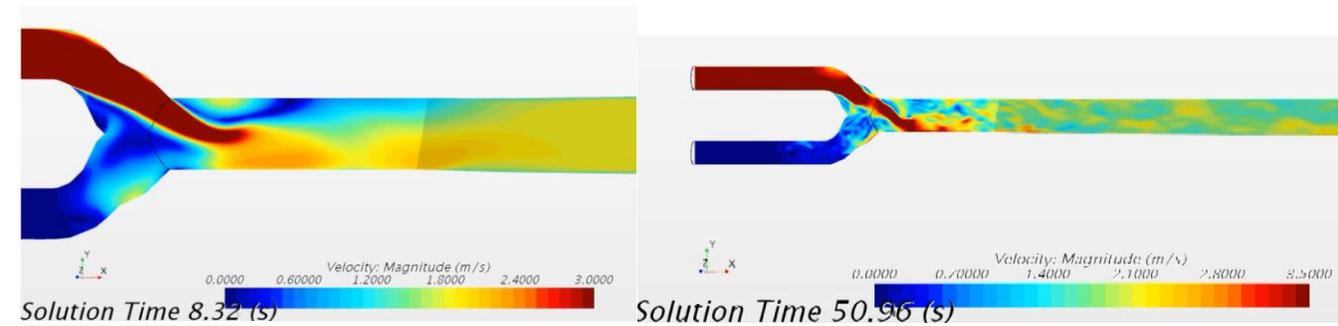
Modelagem da geometria



Campo de velocidades e energia cinética de turbulência



Linhas de isovelocidades ao longo da tubulação

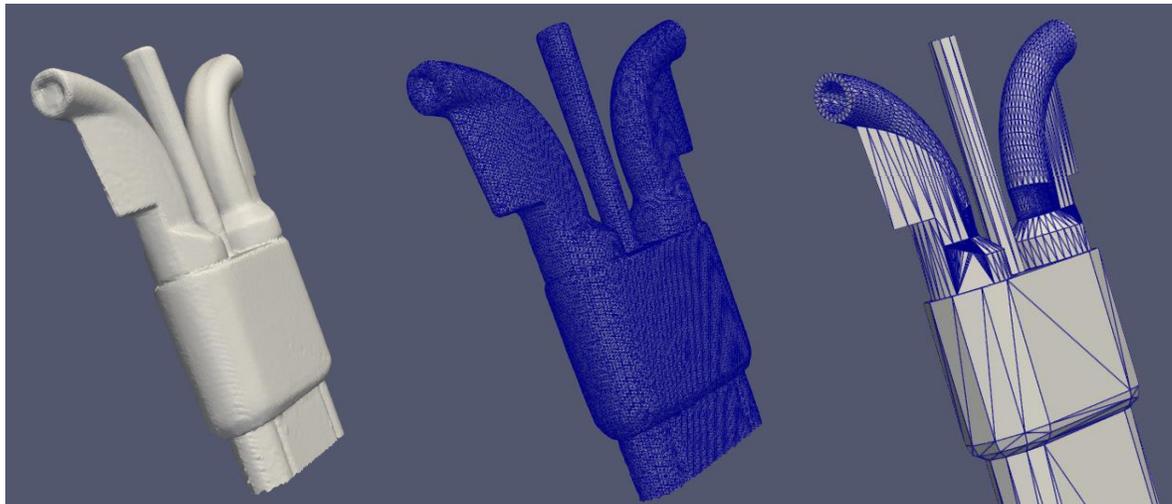


Transitório - 1 Bomba Acionada - Modelo de Turbulência – RANS e LES



# Calibração Numérica do tubo Pitot Cole

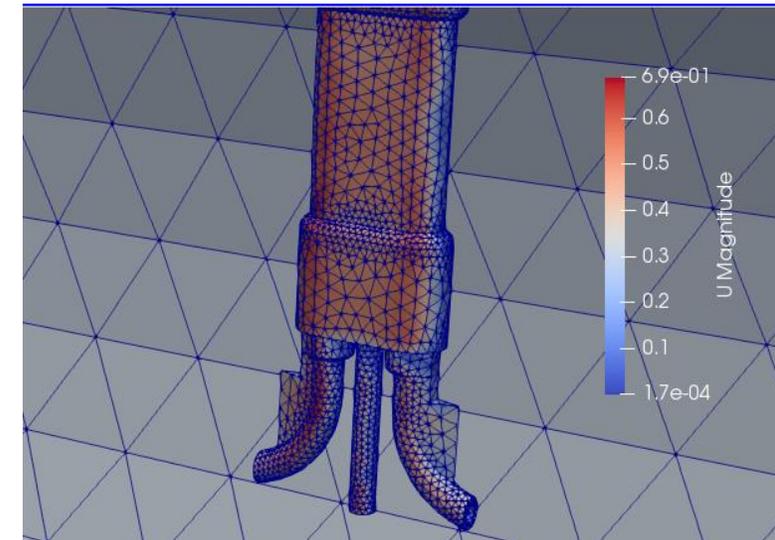
## Modelagem de geometria de Pitot Cole



a) Imagem obtida por scanner    b) grid do scanner    c) imagem refinada



## “Calibração” do Pitot Cole em CFD



vel	Re/L	Cd experimental	Cd CFD	desvio
0.5	5.00E+05	0.884	0.875	-1.0%
1	1.00E+06	0.875	0.876	0.1%
2	2.00E+06	0.866	0.867	0.1%
3	3.00E+06	0.861	0.887	3.1%
4	4.00E+06	0.857	0.894	4.3%

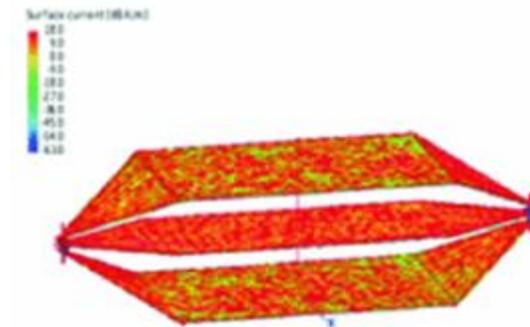
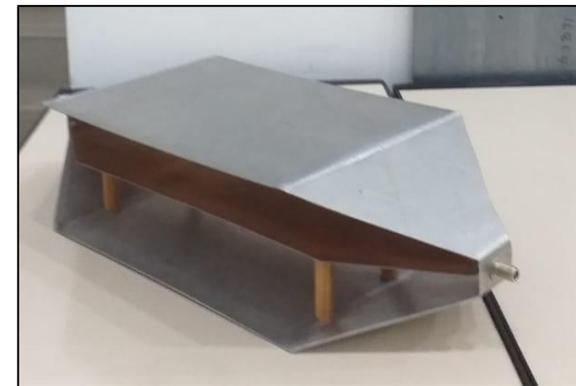
# Calibração/Simulação Numérica

## CALIBRAÇÃO DE ALICATES AMPERÍMETROS



- Acoplamento magnético indesejado afeta a exatidão das medidas de corrente elétrica
- Métodos de simulação computacional pode ajudar a:
  - Modelar o campo magnético
  - Avaliar efeitos de posição do alicate
  - Testar diferentes geometrias
  - Simular perdas e correntes parasitas

## COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA



- Desenvolvimento de Célula TEM (*Transverse Electromagnetic Mode Cell*) para ensaios de imunidade e emissão em dispositivos eletrônicos
- Simulação computacional gerou grande economia de tempo
- Célula validada em laboratório e resultados comparados com o software de simulação

# Monitoramento *Data Driven* de sistema de medição de gás natural

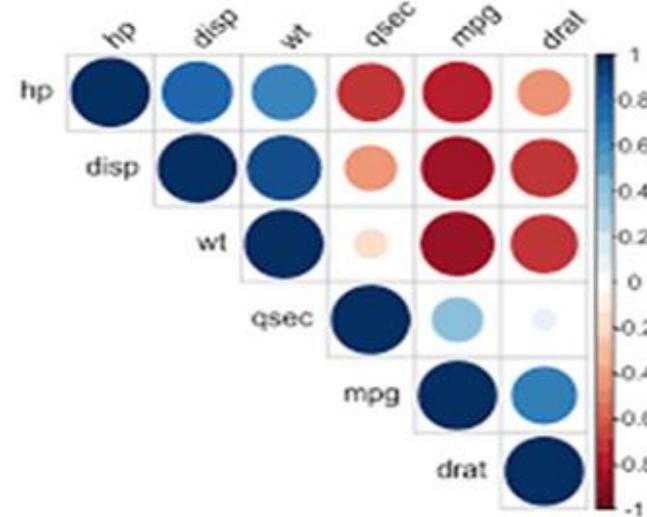
## ▪ Objetivo geral

Por meio da aplicação de tecnologias modernas de *IoT* industrial e *machine learning* construir um protótipo de monitoramento *Data Driven* de um sistema de medição (SM) de vazão de gás natural

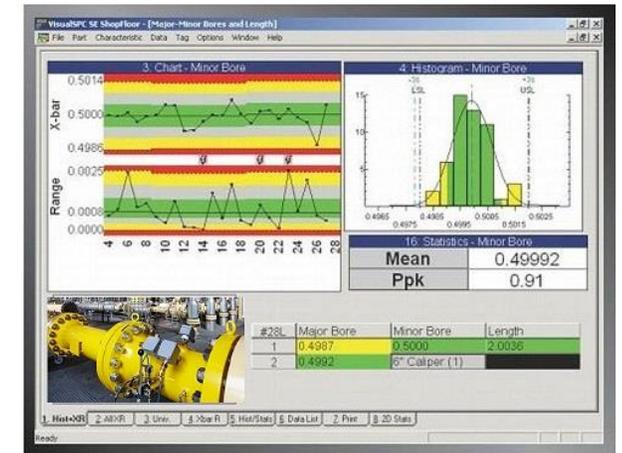
Etapa I Engenharia de Dados: coleta e preparação dos dados de forma automatizada (não manual)



Etapa II: Parâmetros estatísticos que indiquem estado de saúde do medidor



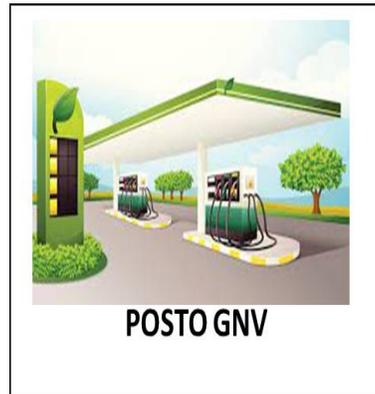
Etapa III Aplicativo



# Monitoramento *Data Driven* de sistema de medição de gás natural

## ■ Resultados alcançados

Diferença entre volumes sintéticos e volumes lidos pelos medidores nos consumidores < 5 % e nos citygates < 2 %.



- Maior confiabilidade operacional do Sistema de distribuição de gás e outras utilidades (água, energia)
- Implantação da manutenção preditiva.
- Cobrança de tarifas mais justas.



# Obrigado!

Nilson Massami Taira

nmtaira@ipt.br 11+ 3767.4876 11+98609.6487



[linkedin.com/school/iptsp/](https://www.linkedin.com/school/iptsp/)



[instagram.com/ipt\\_oficial/](https://www.instagram.com/ipt_oficial/)



[youtube.com/@IPTbr/](https://www.youtube.com/@IPTbr/)

[www.ipt.br](http://www.ipt.br)

