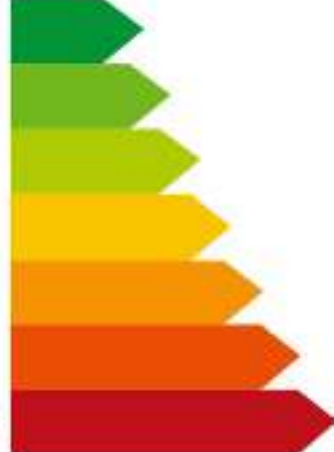




# Seminário: Programa Brasileiro de Etiquetagem em Eficiência Energética para Sistemas de Refrigeração e Ar-Condicionado



## Estrutura Laboratorial

Maurício Barreto Lisboa

REALIZAÇÃO



**ABRAVA**  
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO,  
AR-CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E AQUECIMENTO



**PROCEL**  
PROGRAMA NACIONAL  
DE CONSERVAÇÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA

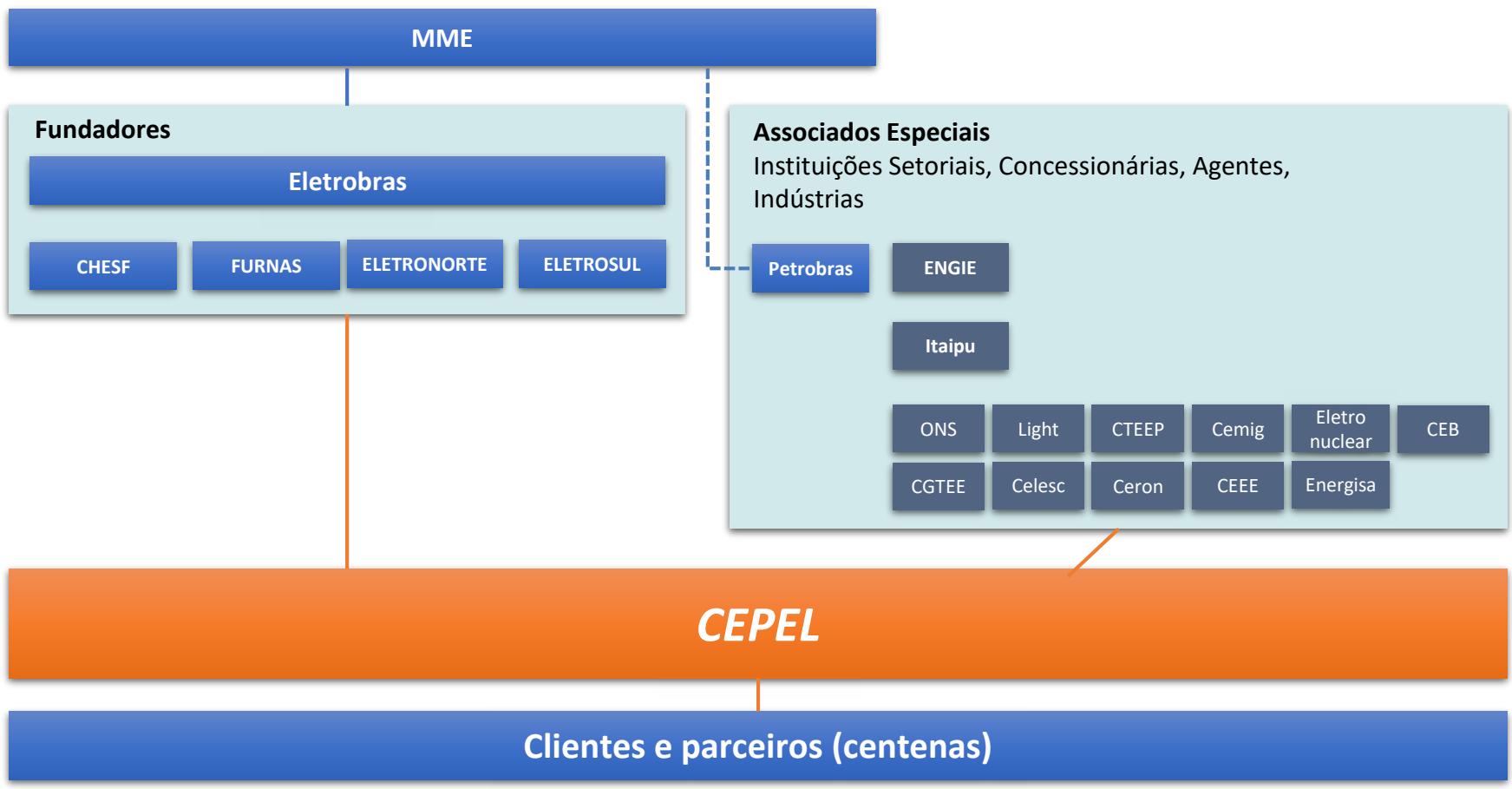


**Eletrobras**

# O Cepel

- Fundado em 1974 pela **Eletrobras**, Chesf, Furnas, Eletronorte e Eletrosul
- Infraestrutura científica e de pesquisa para atuação no campo de equipamentos e sistemas elétricos
- Cerca de 350 empregados: 214 pesquisadores, sendo 51 Ph.D., 99 M.Sc. e 55 técnicos de nível médio
- Apoio técnico e científico para:
  - Empresas Eletrobras
  - Governo - MME e MCTI
  - Entidades Setoriais - ONS, EPE, CCEE e ANEEL
  - Concessionárias, Agentes Setoriais e Indústria





# Atuação

- P&D + Inovação
- Serviços Tecnológicos
- Treinamentos



# Infraestrutura

O Cepel atua por meio de 8 Departamentos e 32 Laboratórios

Desenvolvimento intensivo de software, totalmente aderente às necessidades setoriais

Ensaio, diagnósticos e perícias, atuando como entidade neutra em toda a gama de equipamentos elétricos; apoio em situações de emergência

Hub de treinamentos, cursos e colóquios setoriais

Proposição de Normas e Metodologias de interesse do Setor, em âmbito nacional e internacional

# Redes Elétricas



- Software para simulação e Análise de Redes em regime permanente e dinâmico
- Estudos Elétricos
- Treinamentos



# Automação de Sistemas



- Automação Local
- Análise de Perturbações
- Supervisão e Controle – SCADA/EMS (**SAGE**)



# Otimização Energética e Meio Ambiente



- Planejamento da Expansão Energética
- Planejamento da Operação Energética
- Meio Ambiente
- Hidrologia Estocástica, Recursos Hídricos e Ventos
- Análise Financeira de Projetos e Tarifas





# Linhas de Transmissão e Equipamentos



- Otimização de Projetos de Linhas de Transmissão
- Desempenho Elétrico e Mecânico de LTs
- Novas concepções de LTs
- Monitoramento e Diagnóstico de Falhas de Equipamentos e Instalações Elétricas
- Transitórios Eletromagnéticos e Coordenação de Isolamento

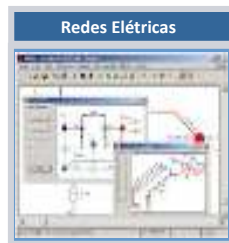


# Materiais, Eficiência Energética e Geração Complementar



- Geração distribuída
- Novas fontes de energias renováveis
- Eficiência energética
- Propriedades dos materiais, metalurgia e corrosão

# Tecnologia da Distribuição



- Sistemas de medição e combate a perdas técnicas e comerciais
  - Qualidade de energia
- Automação aplicada aos sistemas de distribuição
  - Aplicação de Smart Grids na distribuição



# Pesquisa Experimental em Materiais e Eficiência Energética (Fundão)

Laboratórios Fundão



Lab. Adrianópolis



- Iluminação
- Refrigeração
- Lavadoras
- Análises Químicas
- Corrosão
- Metalografia
- Propriedades Mecânicas
- Propriedades Elétricas e Magnéticas



# Pesquisa Experimental em Alta Tensão e Alta Potência (Adrianópolis)



- Alta Tensão e Ultra-Alta Tensão
- Alta Potência
- Alta Corrente
- Referência em Medição de Alta Tensão
- Calibração
- Impulso de Corrente
- Ensaio sob Poluição
- Ensaio Corona

## Materiais, Eficiência Energética e Geração Complementar

### Pesquisa aplicada em energia solar e eólica:

- Suporte à Eletrobras para formas alternativas de geração renovável e armazenamento de energia elétrica
  - *Micrositing*, projeto de fazendas eólicas, atlas do potencial eólico do Brasil, treinamento e consultoria para as empresas do Sistema Eletrobras
    - Disseminação de informações sobre energia solar e energia eólica ([www.cresesb.cepel.br](http://www.cresesb.cepel.br))



### Integridade estrutural e vida remanescente de termelétricas

- Modelos matemáticos para avaliações *online* da vida remanescente de usinas termelétricas
- Auditorias no campo e *hardware* para monitoramento



### Supercondutividade

- Caracterização de materiais supercondutores
- Capacitação para avaliar limitadores de corrente supercondutores;

### Sistemas e normas de proteção anticorrosiva

- Hardware para detecção de corrosão em linhas de transmissão.
- Técnica eletroquímica para avaliação de estruturas enterradas.

### Aplicações de nanotecnologias no setor elétrico

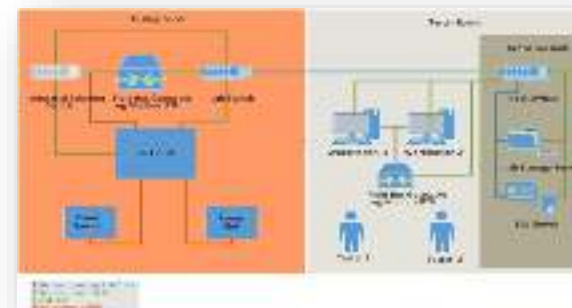
- Revestimentos Superhidrofóbicos;
- Células solares Poliméricas.



## Laboratório de Smart Grids (início operações dezembro 2018)

### Principais áreas de atuação:

1. **Área de Ensaio de Equipamentos para Redes Elétricas Inteligentes** – destaque para inversores Geração Distribuída Fotovoltaica
2. **Área de Power-Hardware-in-the-loop** - conjugar simulação de redes com testes reais de equipamentos de potência conectados
3. **Área de Microrrede** – Destaque para provas de conceito de microrredes operando conectadas ou ilhadas com controle de tensão e frequência
4. **Área de Adequação a normas e protocolos TIC (Tecnologias de Informação e Controle)** - Interoperabilidade de equipamentos e sistemas de diversos fabricantes; segurança cibernética





## Ensaio dielétricos, calibrações em AT e UAT

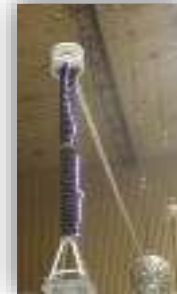
- Sob chuva artificial, a seco e sob poluição;
- Verificação e determinação da tensão suportável;
- Corona, TRI, Descargas parciais, Medição de capacitância,
- Tg Delta; corrente de fuga etc...
- Com tensão alternada (CA 60 Hz );
- Com tensão contínua (CC) em ambas as polaridades;
- Com impulsos atmosféricos e de manobra, plenos e cortados;
- Combinados (CA, Impulsos e CC);
- Perfuração de isoladores;
- Calibração de Sistemas de Medição em AT e UAT.



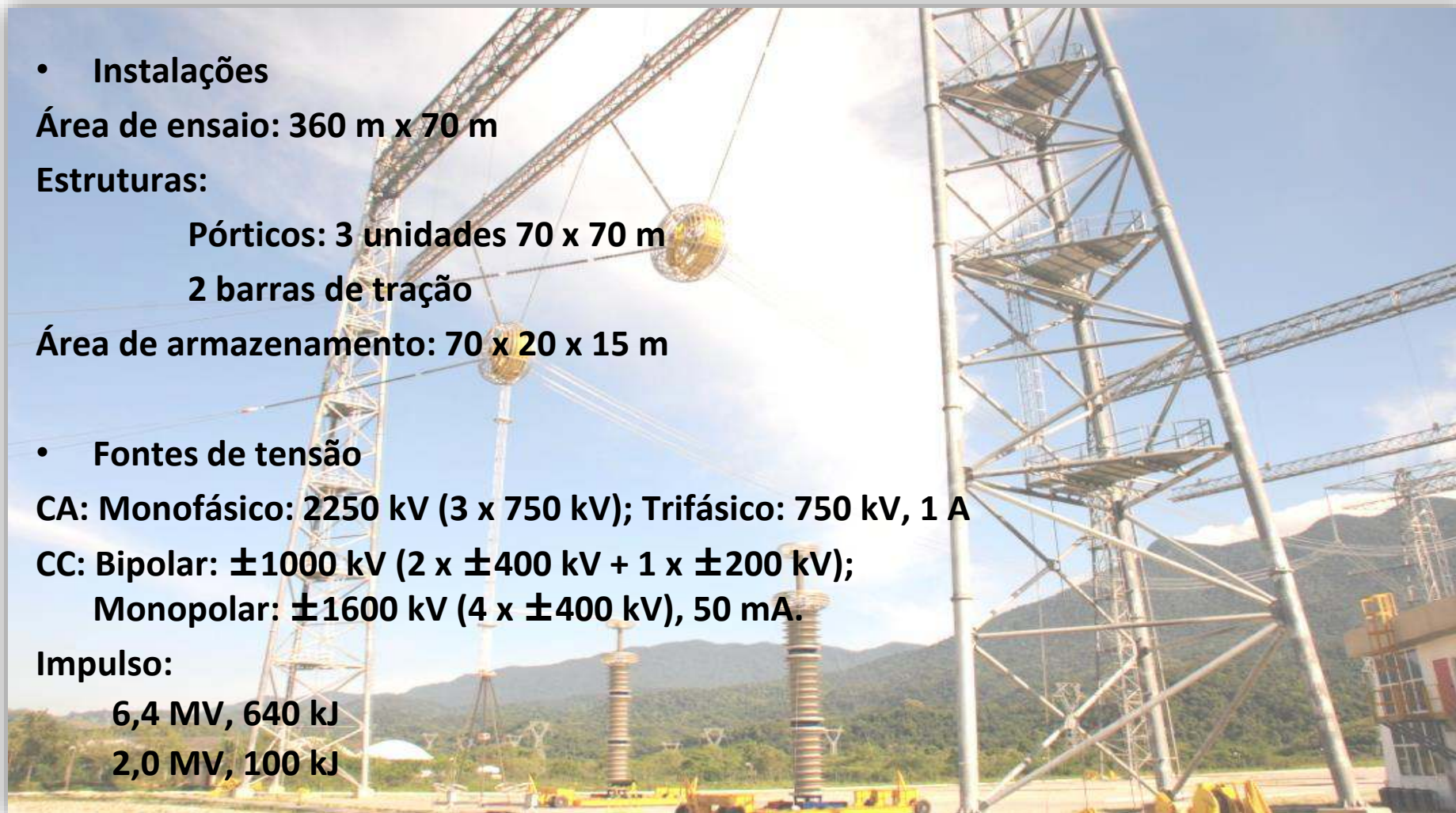


## Laboratório de Alta Tensão

- Ensaios dielétricos em equipamento de AT de sistemas até 765 kV ca e  $\pm 600$  kV cc,
- P&D em LTs, sistemas de isolamento, equipamento de AT, técnicas de ensaio e medição.
- Dimensões do hall (CxLxA): 44x30x27 m
  
- Tensão DC +/-1 MV,
- Impulso 4,0 MV,
- Tensão AC 2x450 kV
- Divisores de tensão resistivos capacitivos
- Capacitor padrão
- Capacitor de acoplamento
- Equipamento para chuva artificial



## Laboratório de Ultra-Alta Tensão



- **Instalações**

Área de ensaio: 360 m x 70 m

Estruturas:

    Pórticos: 3 unidades 70 x 70 m

    2 barras de tração

Área de armazenamento: 70 x 20 x 15 m

- **Fontes de tensão**

CA: Monofásico: 2250 kV (3 x 750 kV); Trifásico: 750 kV, 1 A

CC: Bipolar:  $\pm 1000$  kV (2 x  $\pm 400$  kV + 1 x  $\pm 200$  kV);

    Monopolar:  $\pm 1600$  kV (4 x  $\pm 400$  kV), 50 mA.

Impulso:

    6,4 MV, 640 kJ

    2,0 MV, 100 kJ

## Laboratório de Alta Corrente

- **Potência: até 140 MVA (5 s) ou 21 MVA (permanente)**
- **Tensão: 110 V a 6000 V**
- **Corrente: até 230 kA (5 s) ou 51 kA (permanente)**
- Elevação de temperatura
- Interrupção de corrente
- Pesquisa experimental sobre limitadores de corrente com elementos supercondutores (Superconducting Fault Current Limiter - SFCL)



## Laboratório de Alta Potência

- **Potência até 750 MVA**
- **Tensões até 60 kV (3 $\phi$ ) ou 100 kV (1 $\phi$ )**
  - Arco de potência;
  - Curto circuito;
  - Interrupção de correntes.
- Pesquisa experimental sobre modelagem de arco secundário de potência.



## Laboratórios de Análises Químicas, de Metalografia e de Corrosão

- **Análises químicas para desenvolvimento e avaliação de materiais e equipamentos:** ligas metálicas, solos, águas, tintas, resinas, pigmentos, polímeros, vidros, cimento, óleos e sistema papel-óleo isolante etc.
- **Caracterização de materiais, avaliação de integridade estrutural e análise de propriedades mecânico-metalúrgicas:** Análise de falhas estruturais, dureza, fluência, fractografia, microscopia ótica, MEV, MET.
- **Ensaio e pesquisa experimental sobre corrosão de estruturas metálicas:** corrosão atmosférica, pelo solo, por águas naturais etc, e desenvolvimento de técnicas de proteção anticorrosiva.





## Laboratórios de Propriedades Mecânicas e de Propriedades Elétricas e Magnéticas

- **Avaliação das propriedades mecânicas e do desempenho de materiais, componentes e equipamentos:** Ensaios de tração, compressão, flexão, impacto, fadiga térmica, vibração, tensão, deformação, mecânicos em cabos etc.
- **Ensaio, pesquisa experimental e desenvolvimento de metodologias de medição de grandezas elétricas e magnéticas:** Comportamento elétrico, magnético e térmico de materiais; envelhecimento acelerado sob temperatura, corrente e tensão de barramentos isolados para motores elétricos e hidrogenadores; Perdas ferromagnéticas; Trilhamento elétrico etc...





## Laboratório para Avaliação do Desempenho de Lavadoras

Ensaio e pesquisa experimental para avaliação do desempenho e da eficiência energética de máquinas de lavar automáticas e semi-automáticas, além de participação efetiva na elaboração de regulamentos e procedimentos de ensaios para os programas nacionais de eficiência energética.

- avaliação do consumo de energia;
- determinação do consumo de água;
- determinação da eficiência de lavagem;
- avaliação da capacidade de extração de água.



## Laboratório de Motores

Ensaio e pesquisa experimental para o desenvolvimento e a avaliação do desempenho e eficiência energética de **motores elétricos** (0,5 kW até 500 kW; tensão de alimentação de até 6900 V e frequência de 45 Hz a 66 Hz) e **transformadores de potência** (até 300 kVA), além da elaboração de regulamentos e procedimentos de ensaios para os programas nacionais de eficiência energética.

- Determinação do rendimento e do fator de potência;
- Ensaio térmico;
- Ensaio em vazio;
- Ensaio em carga.
- Ensaio de deslocamento angular em transformador de distribuição;
- Ensaio de perdas em vazio e corrente de excitação;
- Ensaio das perdas em carga e impedância de curto-circuito;
- Ensaio de relação de transformação;
- Ensaio de elevação no topo do óleo e dos enrolamentos AT a BT de transformador de distribuição;
- Ensaio de tensão suportável de impulso atmosférico.





## Laboratório de Iluminação

Criado no final dos anos 80, após a instituição do PROCEL, com o objetivo de apoiar o programa, realizando ensaios e estudos em lâmpadas e demais dispositivos usados em iluminação. Atua ainda no apoio ao Inmetro participando da elaboração de padrões técnicos, coordenando a adoção de índices de desempenho e de métodos de ensaio.

- **Principais equipamentos:**

Goniofotômetro de espelho de grande porte

Duas Esferas Integradoras

Duas áreas para ensaios de vida (25 e 45°C)

Espectro radiômetro

Aparelho de medição de refletância e transmitância

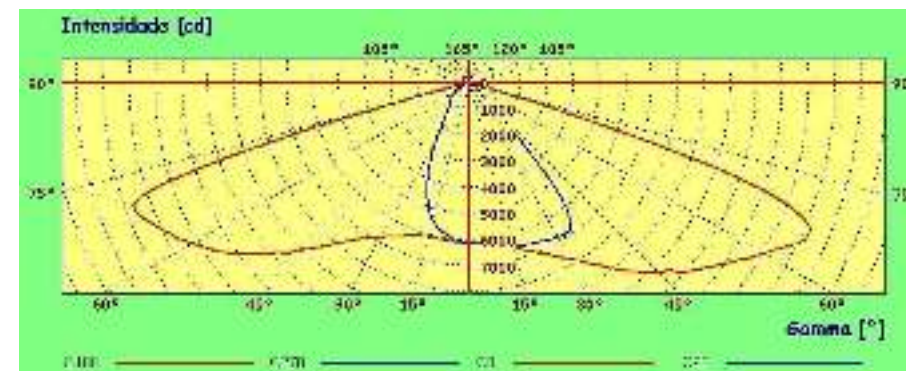
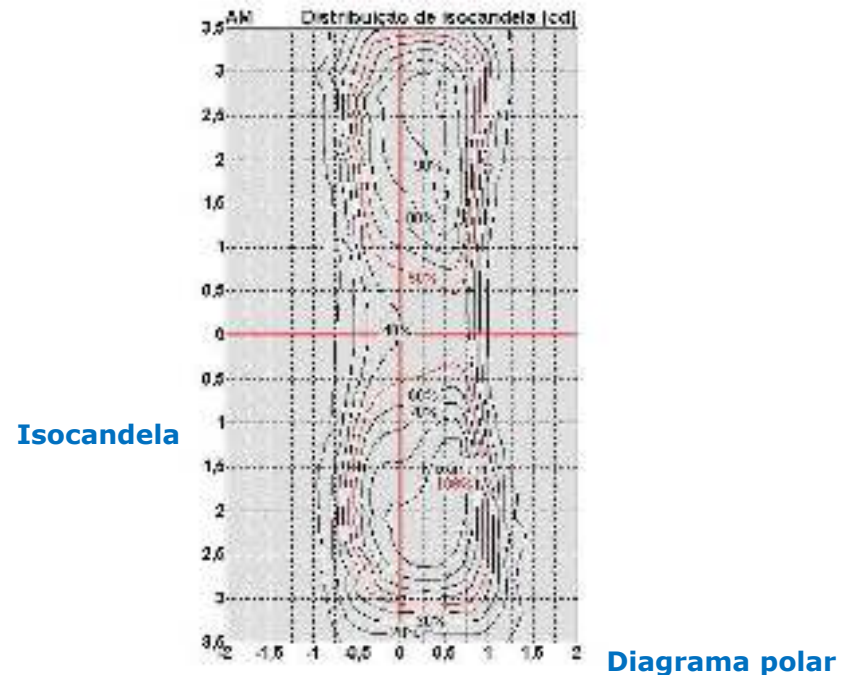
Câmara climática

Gaiola de Faraday, Antena triplo loop e Módulos CDN (EMC)



## Laboratório de Iluminação – Ensaios

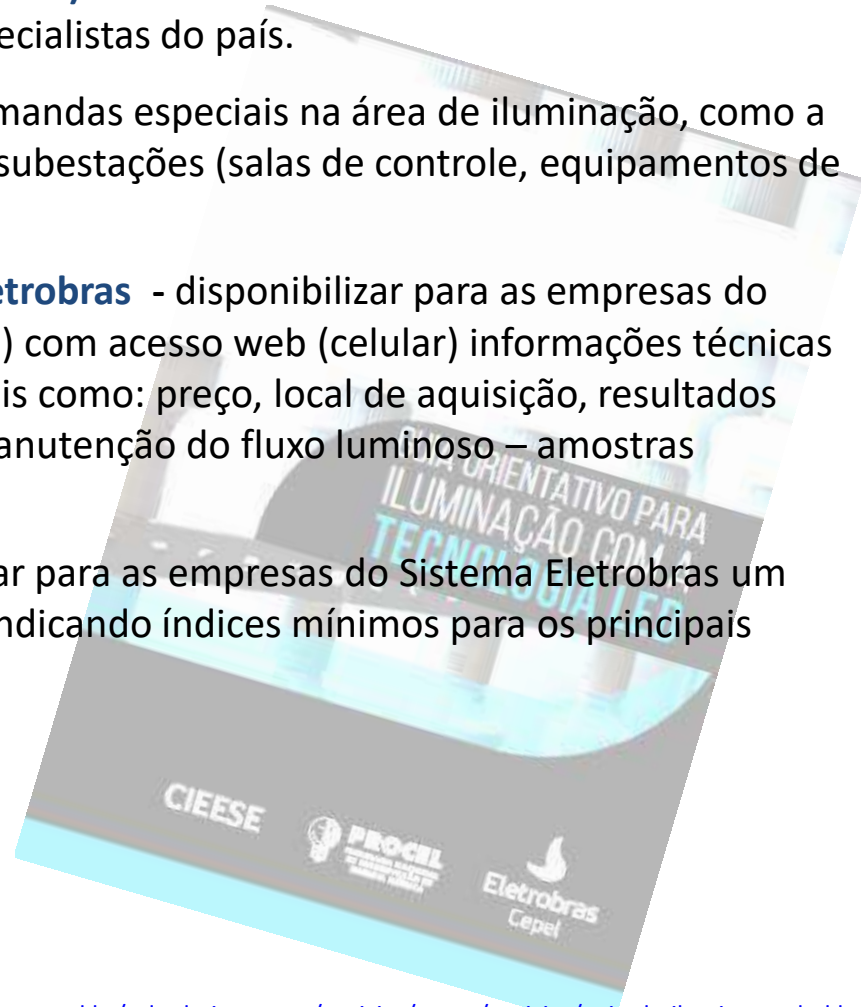
- Características elétricas: Corrente nominal, tensão nominal, potência consumida e fator de potência.
- Fluxo luminoso
- Eficiência energética (lm/W)
- Intensidade luminosa
- Curvas de distribuição fotométrica
- Arquivo IES
- Depreciação do fluxo luminoso
- Temperatura de cor (k)
- Índice de Reprodução de Cor – IRC
- Comprimento de onda dominante
- EMC- Compatibil. Eletromagnética
- Distorção Harmônica, etc...





## Laboratório de Iluminação – Projetos/Workshops

- **Coordenação do I e II Workshop de Iluminação do Setor Elétrico (2012 e 2017); I Workshop de Compatibilidade Eletromagnética do Setor Elétrico (2018)** – hub de discussões e troca de experiências sobre o tema. reunindo os principais especialistas do país.
- **Estudo da Tecnologia LED na iluminação** - avaliar demandas especiais na área de iluminação, como a interferência da iluminação com a tecnologia LED em subestações (salas de controle, equipamentos de alta tensão, etc.), regiões litorâneas, etc..
- **Banco de dados de lâmpadas LED para o Sistema Eletrobras** - disponibilizar para as empresas do Sistema Eletrobras em banco de dados (sistema DianE) com acesso web (celular) informações técnicas e comerciais das lâmpadas E-27 e tubulares de LED, tais como: preço, local de aquisição, resultados dos ensaios elétricos, fotométricos, de segurança e manutenção do fluxo luminoso – amostras ensaiadas no CEPEL.
- **Norma Eletrobras para iluminação LED** - disponibilizar para as empresas do Sistema Eletrobras um padrão para aquisição de lâmpadas e luminárias LED indicando índices mínimos para os principais requisitos de desempenho e segurança dos produtos.



## Laboratório de Refrigeração

- Pioneiro e por muito tempo o único a realizar ensaios em refrigeradores e condicionadores de ar – PBE (acreditado pelo Inmetro em 1985)
- Possui 6 câmaras para ensaios em refrigeradores e 1 calorímetro calibrado para ensaios em condicionadores de ar
- Único no Brasil para condicionadores de ar 60.000 BTU/h Trifásicos

## Ensaio em Condicionadores de Ar

Norma ISO 5151:2010

Portarias n°. 7 de 04/01/2011 e 643 de 30/11/2012, Inmetro

- Ensaio de capacidade de refrigeração e
- Ensaio de determinação do coeficiente de eficiência energética





## Ensaio em Refrigeradores

Norma IEC 62552:2007

Portaria n°. 577 de 18/11/2015, Inmetro

- Ensaio de Classificação (em estrelas)
- Ensaio de Consumo de Energia





## Laboratório de Refrigeração– Projetos

- Desenvolvimento de metodologia de ensaios sazonais para condicionadores de ar (tecnologia Inverter) – apoio Daikin.

**ISO 16358-1:2013(en)** - *Air-cooled air conditioners and air-to-air heat pumps — Testing and calculating methods for seasonal performance factors — Part 1: Cooling seasonal performance factor.*

- Condicionadores de ar solares (China e Austrália) – estado da arte e modelos para testes de desempenho.

## Principais barreiras atendimento laboratorial escopo de regulamentação – Condicionadores de Ar

- Condicionadores de ar central com expansão direta – VRF, Self, Splitão, Rooftop;



- Chillers







## Principais barreiras atendimento laboratorial escopo de regulamentação – Condicionadores de Ar

- Nível de ocupação dos laboratórios do programa – Cepel e Labelo;
- Dimensão e peso dos equipamentos a serem ensaiados;
- Capacidade de ensaio dos calorímetros calibrados existentes nos dois laboratórios;
- Multisplits (VRF) muito dependentes da instalação e de cada unidade evaporadora (literatura);

### Análise preliminar

- Elevada demanda de ensaios inviabiliza a entrada de novas linhas de produtos – tempo de espera para ensaios médio de 3 meses no Cepel;
- Limite do Calorímetro do Cepel – 60.000BTU/h – Aquisição de Novo Calorímetro para capacidade de 120.000 BTU/h ~ R\$ 3.000.000,00 (estimativa, estamos aguardando há 2 meses o orçamento);
- Existe alternativa de ensaios usando a metodologia **Ar-Entalpia** de custo muito inferior (a ser estudada) - 5 a 10% mais imprecisa na comparação com o uso do calorímetro (B/C).



## Principais barreiras atendimento laboratorial escopo de regulamentação - Refrigeradores

- Refrigerador comercial vertical não atendido pelo PBE;
- Equipamentos e sistemas de refrigeração comercial e industrial;
- Sistemas com aplicação para supermercado.

ABNT NBR ISO 23953-2 -Expositores refrigerados Parte 2: Classificação, requisitos e condições de ensaio





## Principais barreiras atendimento laboratorial escopo de regulamentação - Refrigeradores

- Dimensão dos equipamentos
- Nível de ocupação dos demais laboratórios do programa – Labelo(PUC), SGS.

### Análise Preliminar:

- Ensaio não aparentam dificuldade de execução;
- Cepel – ocioso para ensaios em Refrigeradores PBE – 6 câmaras à disposição para uso imediato;
- Ensaio em ilhas de exposição de congelados – projeto de interligação das 6 câmaras é viável (aguardando orçamento do fabricante).

**(Dimensões internas de cada câmara (largura x altura x profundidade) = (2,70 x 2,35 x 3,00)m)**

## Principais barreiras atendimento laboratorial escopo de regulamentação – Refrigeradores/Condicionadores de Ar

**INVESTIMENTO / TEMPO DE EXECUÇÃO**

# Agradeço pela Atenção

Maurício Barreto Lisboa

[mbi@cepel.br](mailto:mbi@cepel.br)