



Redes Subterrâneas de Energia Elétrica/2017

6, 7 e 8 de junho de 2017

Centro de Convenções Frei Caneca - São Paulo - SP

Desenvolvimento de Medidor de Resistividade Térmica de Solo para Redes Subterrâneas de Energia Elétrica

Pesquisadores

Fernando Araújo de Azevedo, Eng.MsC

Gustavo Theodoro Laskoski, Eng.MsC



ESPERTTI
E L É T R I C A



A Espertti foi criada em 2013 com a participação de técnicos e engenheiros com experiência nos setores de distribuição, geração e transmissão de energia elétrica.

Localização: Curitiba

Serviços:

Montagem de emendas e terminações de cabos; ensaios, comissionamento e manutenção de cabos; diagnóstico e localização de defeitos em cabos; ensaios e dimensionamento de malhas de terra; ensaios de determinação de resistividade térmica; perícia de equipamentos elétricos; desenvolvimento de soluções para sistemas elétricos.

Parcerias: Reflex Systems (São Paulo)
EVTEC (Suíça)
Instituto Federal do Paraná (IFPR)

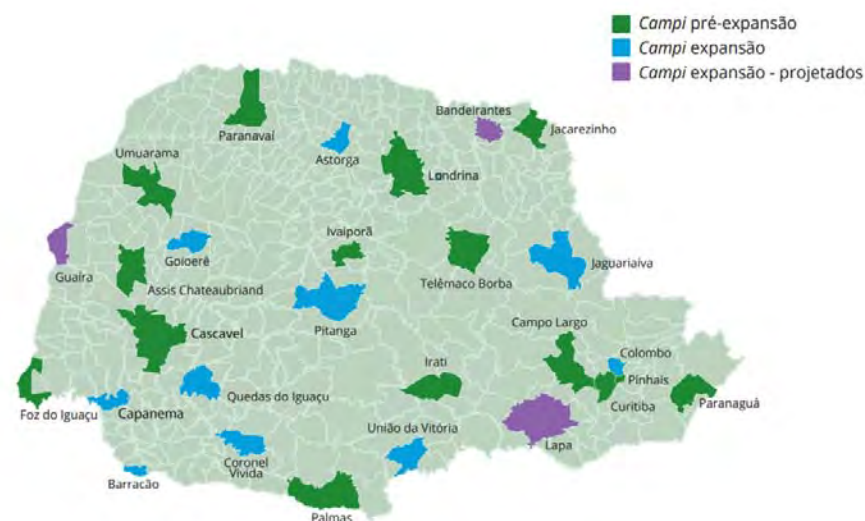


O Instituto Federal do Paraná (IFPR) é uma instituição pública federal de ensino vinculada ao Ministério da Educação (MEC) por meio da Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (Setec).

Voltada a educação superior, básica e profissional, especializada na oferta gratuita de educação profissional e tecnológica nas diferentes modalidades e níveis de ensino.

Criada em dezembro de 2008 hoje já possui 25 *campi* espalhados pelo estado do Paraná

> 26 mil estudantes, 43 cursos técnicos presenciais, 11 cursos técnicos na modalidade a distância, 20 cursos superiores presenciais, 3 cursos de especialização na modalidade presencial, 1 curso de especialização na modalidade a distância.



• Histórico

Pesquisador Gustavo Theodoro Laskoski desenvolveu como pesquisa do Doutorado um equipamento com propósitos de atendimento ao setor de oceanografia da UFPR (medição de temperatura do solo com sensores por alimentação solar).

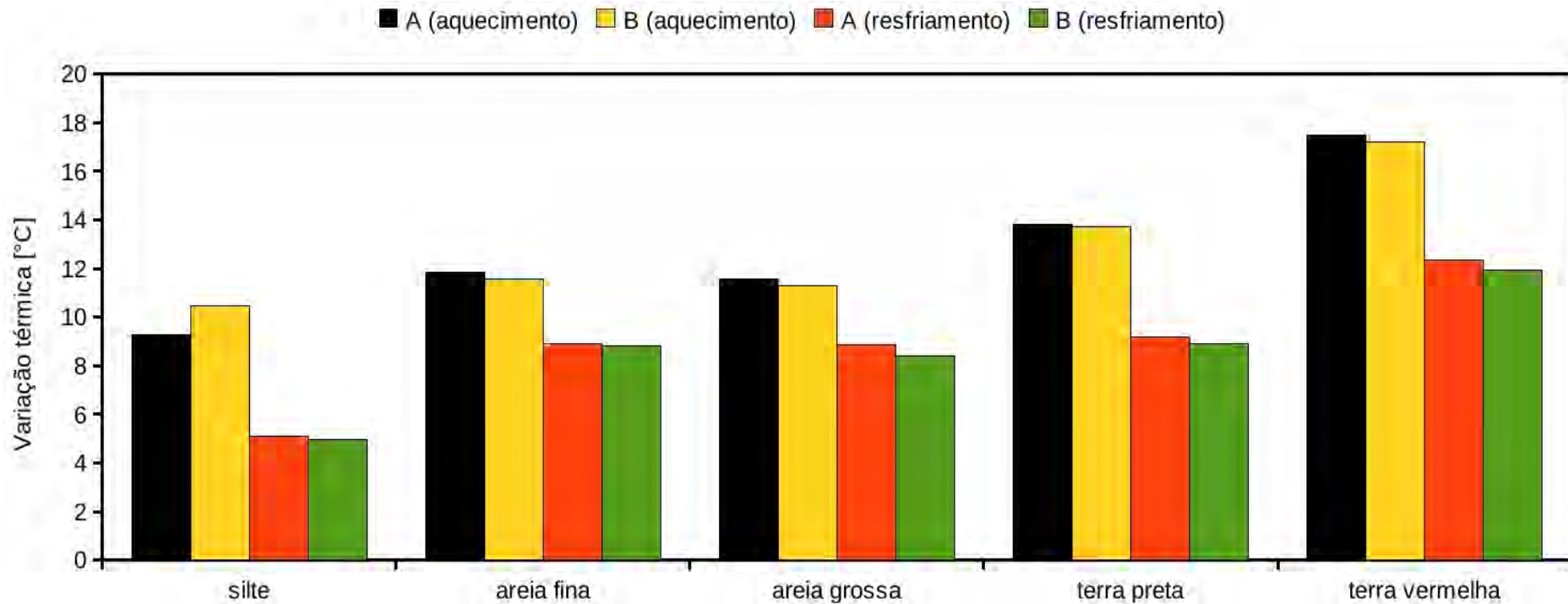
Em contato com a Esperti, identificou-se que o seu desenvolvimento poderia ser destinado à determinação da resistividade térmica de solo com fins de dimensionamento de sistemas elétricos subterrâneos de baixa até alta tensão, ou seja, para sistemas de consumo e distribuição até sistemas de transmissão de energia elétrica.

- Histórico



O projeto é baseado na plataforma de aquisição Psammite sendo destinado para análise térmica de solos.

• Histórico



Para as mesmas condições ambientais (umidade, temperatura e pressão) as variações latentes estão relacionadas com as características primárias do solo (morfologia e composição).

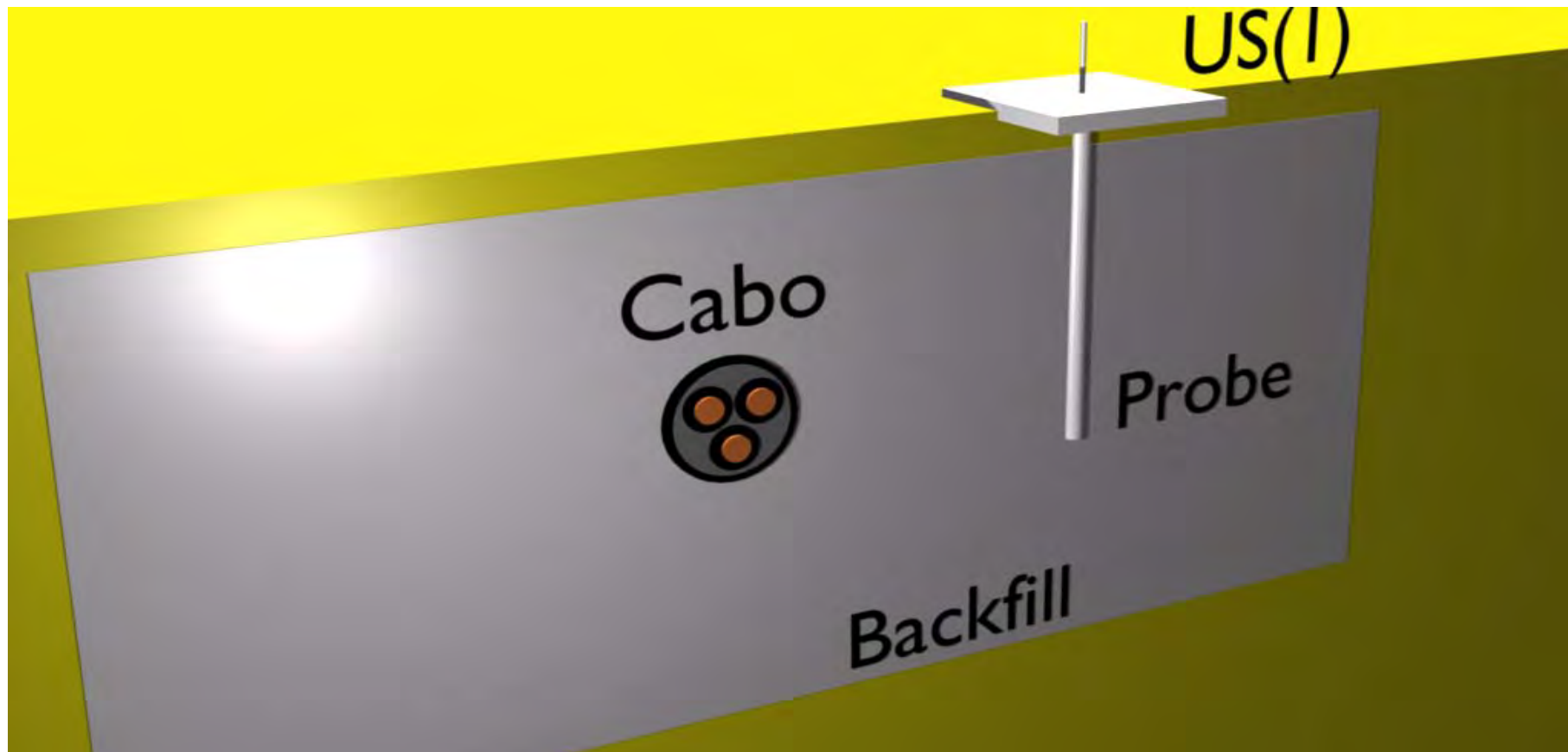
• Desenvolvimento

Em pesquisa realizada junto ao mercado de serviços especializados e de empresas de energia, contatou-se:

- Ausência de fornecedores nacionais;
- Poucos fornecedores estrangeiros;
- Fabricantes internacionais interesse exclusivo de venda do equipamentos;
- Falta de mão-de-obra especializada na prestação de serviço de medições;
- Alto custo do equipamento;
- Ausência de equipamento com características para aplicação no Brasil.

A metodologia para determinação da resistividade térmica do solo [km/W], implica em se aplicar uma quantidade de energia e verificar a habilidade do solo em conduzir calor (condutividade térmica em W/km) e determinar a resistividade térmica (inverso da condutividade).

- Desenvolvimento



Em parceria com a empresa Espertti (edital CNPq 17/2014) o equipamento tem sua aplicação adequada ao estudo de solo e determinação de backfill de linhas elétricas subterrâneas.).

• Caracterização do problema

A determinação da corrente máxima de cabos isolados enterrados (diretamente em solo, dutos ou canaletas) é obtida através do cálculo de capacidade de condução de corrente definido nas normas brasileiras NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão e NBR 14039- Instalações Elétricas de Média Tensão de 1,0 kV à 36,2 kV.

Capacidade de Condução de Corrente

- Fator de correção para Resistividade Térmica do Solo
 - ✓ Usado em linhas subterrâneas, onde a resistividade térmica do solo seja diferente de 2,5 K.m/W. caso típico de solos secos
 - Solos úmidos possuem valores menores
 - Solos secos apresentam valores maiores
 - Aplicado somente quando houver um indicação precisa da resistividade térmica do solo

• Caracterização do problema

A resistividade térmica do solo pode implicar numa variação de até 23 % na capacidade de condução de corrente (entre 0,96 à 1,18), ou seja, a capacidade de um condutor pode ser subdimensionada ou sobredimensionada em até 1/4.

TABELA 1 — FATORES DE CORREÇÃO PARA LINHAS SUBTERRÂNEAS EM SOLO COM RESISTIVIDADE TÉRMICA DIFERENTE DE 2,5 K.m/W (TABELA 41 DA ABNT NBR 5410)

RESISTIVIDADE TÉRMICA K.m/W	1	1,5	2	3
FATOR DE CORREÇÃO	1,18	1,1	1,05	0,96

Notas:

1. Os fatores de correção dados são valores médios para as seções nominais abrangidas nas tabelas 36 e 37, com uma dispersão geralmente inferior a 5%.
2. Os fatores de correção são aplicáveis a cabos em eletrodutos enterrados a uma profundidade de até 0,8 m.
3. Os fatores de correção para cabos diretamente enterrados são mais elevados para resistividades térmicas inferiores a 2,5 K.m/W e podem ser calculados pelos métodos indicados na ABNT NBR 11301.

• Fatores da Resistividade Térmica

- Mineralogia dos solos:

As areias apresentam maiores condutividades térmicas, ou seja, menores resistividades, pois são constituídas principalmente por feldspato e quartzo, minerais bons condutores de calor;

- Peso específico seco:

Quanto maior o peso específico seco, maior o contato entre os grãos, conseqüentemente, menor a sua resistência ao fluxo;

- Distribuição granulométrica:

Solos bem graduados são melhores condutores que solos uniformes, pois possuem menor índice de vazios, aumentando os contatos entre os grãos e diminuindo a sua resistividade;

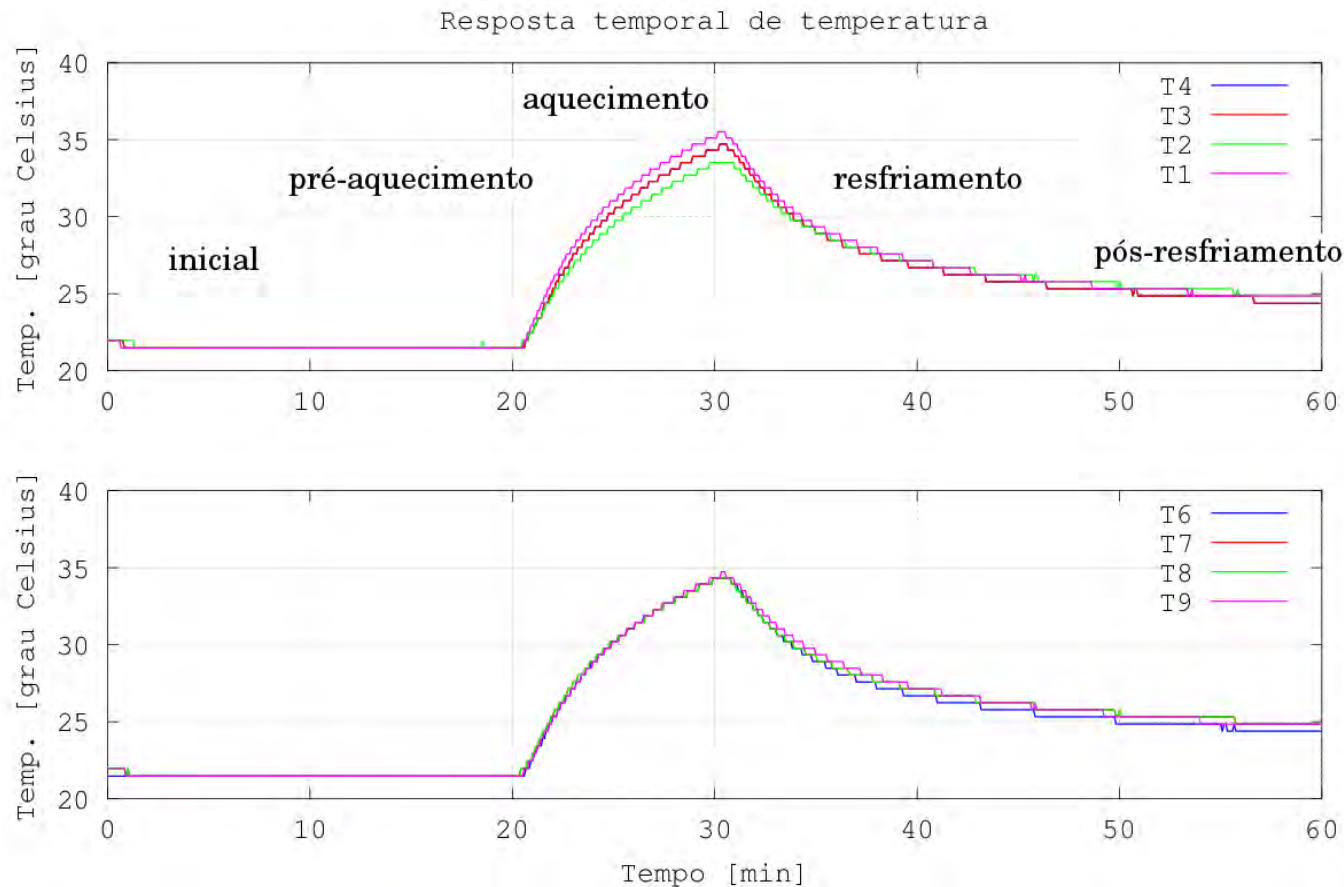
- Quantidade de água em compactações:

Solos compactados úmidos e depois secos para umidades baixas apresentam resistividade térmica menor do que se forem compactados já em umidades baixas;

- Temperatura:

Todos os minerais cristalinos estudados em solos apresentam um acréscimo de resistividade térmica com o aumento da temperatura, com exceção do feldspato. Entretanto, a água e os poros de um solo saturados com ar sofrem redução da resistividade térmica com o aquecimento. Portanto, a influência da temperatura na resistividade dos solos dependerá das proporções dos seus componentes.

• Metodologia



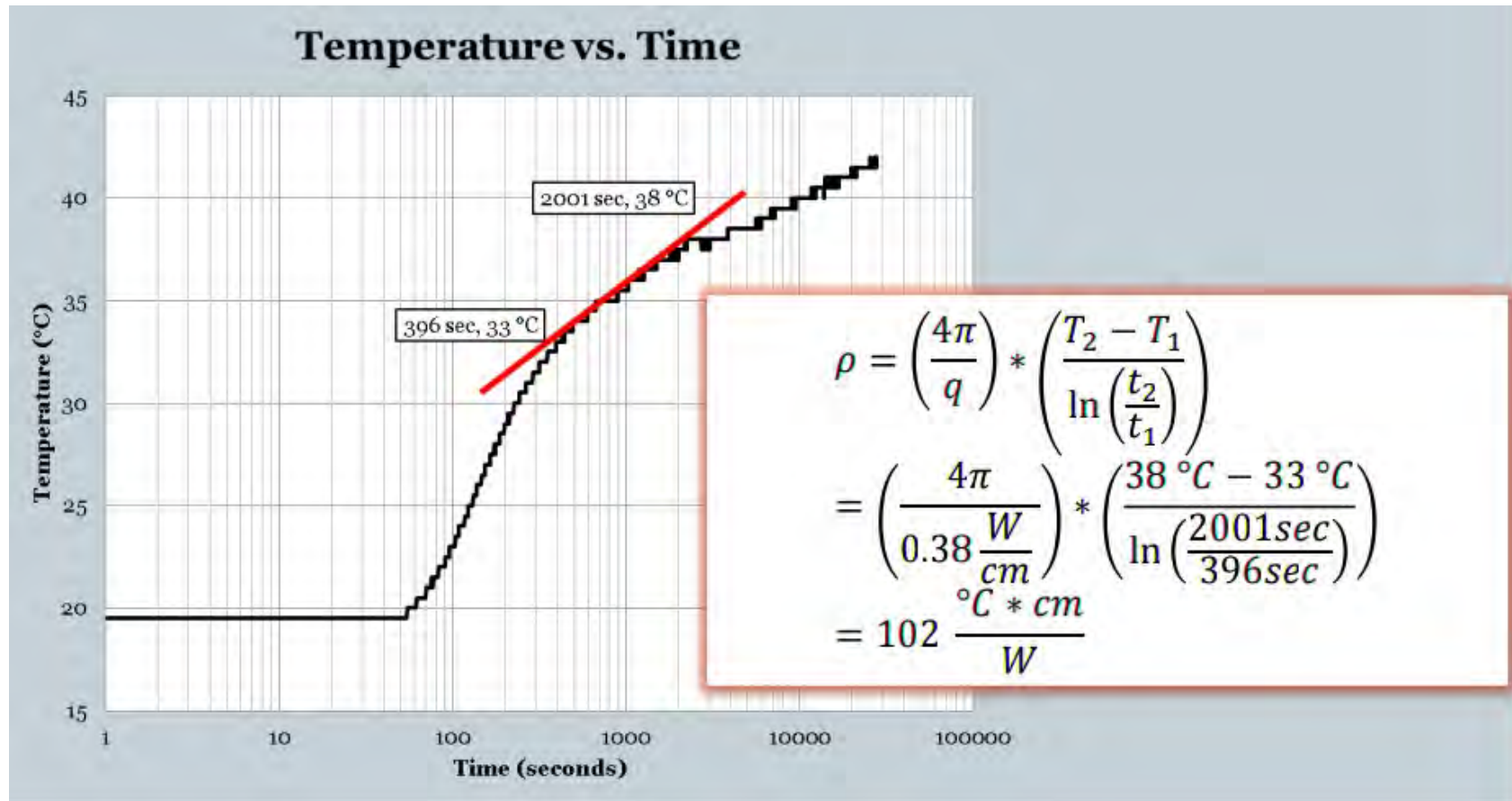
As características de temperaturas, tempo, taxa de subida (aquecimento), a potência aplicada pelas sondas, são utilizada neste processo e determinarão o valor da resistividade térmica do solo.

- Metodologia

$$\rho = \frac{4\pi}{q} \left[\frac{T_2 - T_1}{\ln\left(\frac{t_2}{t_1}\right)} \right]$$

Para medição de resistividade térmica do solo seguindo as recomendações da norma IIEEE Std 442-1981, sendo calibrada conforme descrito na norma método ASTM D 5334-08 define a forma de cálculo para a determinação da resistividade térmica.

• Metodologia



• Entrevistas com Usuários e Requerimentos Desejáveis

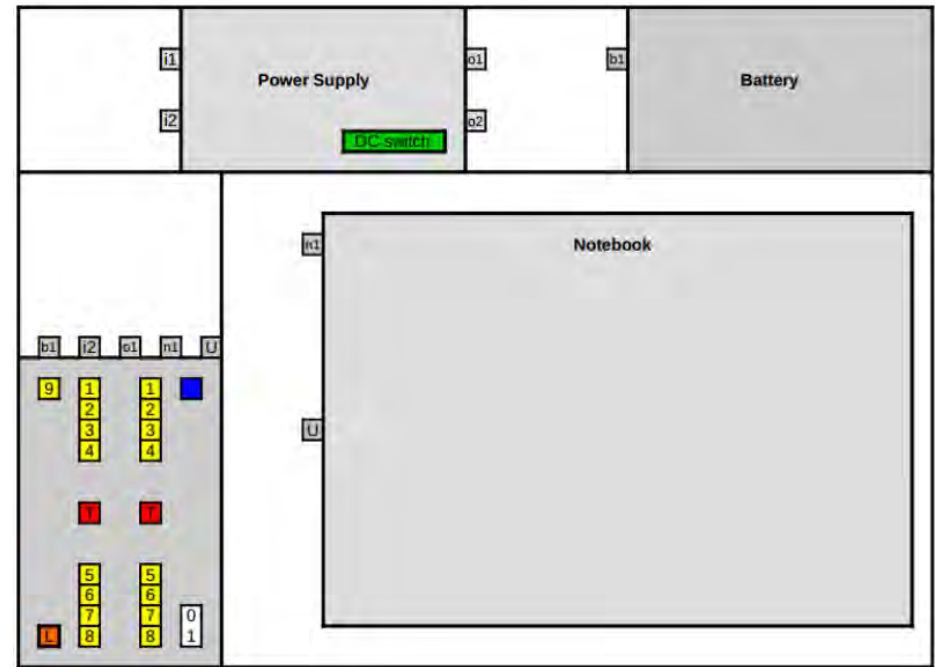
Em reuniões com os usuários (COPEL e LIGTH) foram estabelecidos requisitos para análise durante o desenvolvimento do equipamento, entre eles:

- autonomia de medição
- versatilidade de fonte de alimentação (12V C.C. e 127/220V C.A)
- leitura de parâmetros de umidade, temperatura e resisitividade térmica
- leitura e comunicação de dados on line
- menor peso do conjunto (sensores e equipamento)

• Protótipo

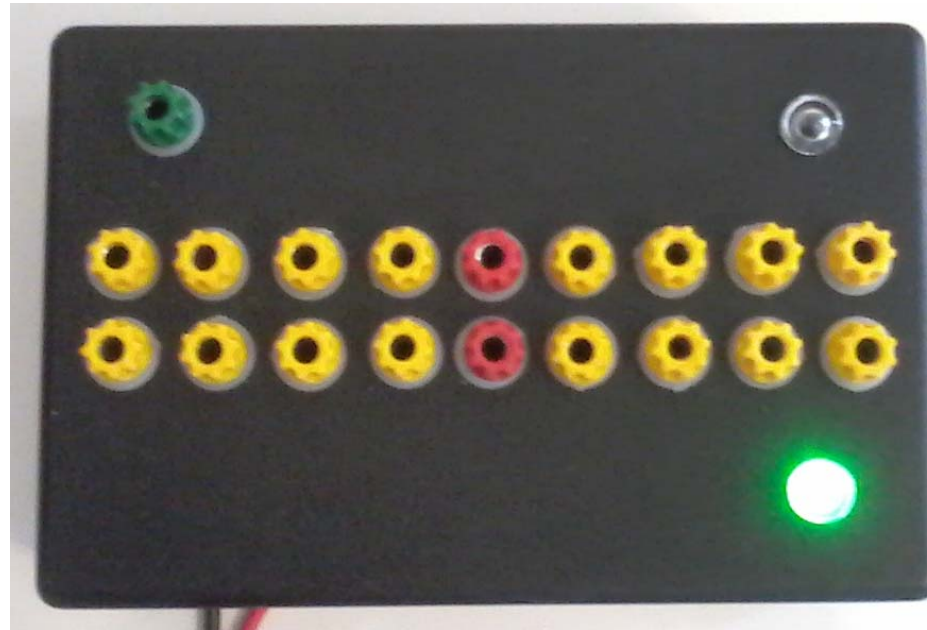


Arquitetura da unidade
- protótipo



Arquitetura da unidade
- fonte
- baterias
- cpu (netbook)
- placa de aquisição

- Protótipo



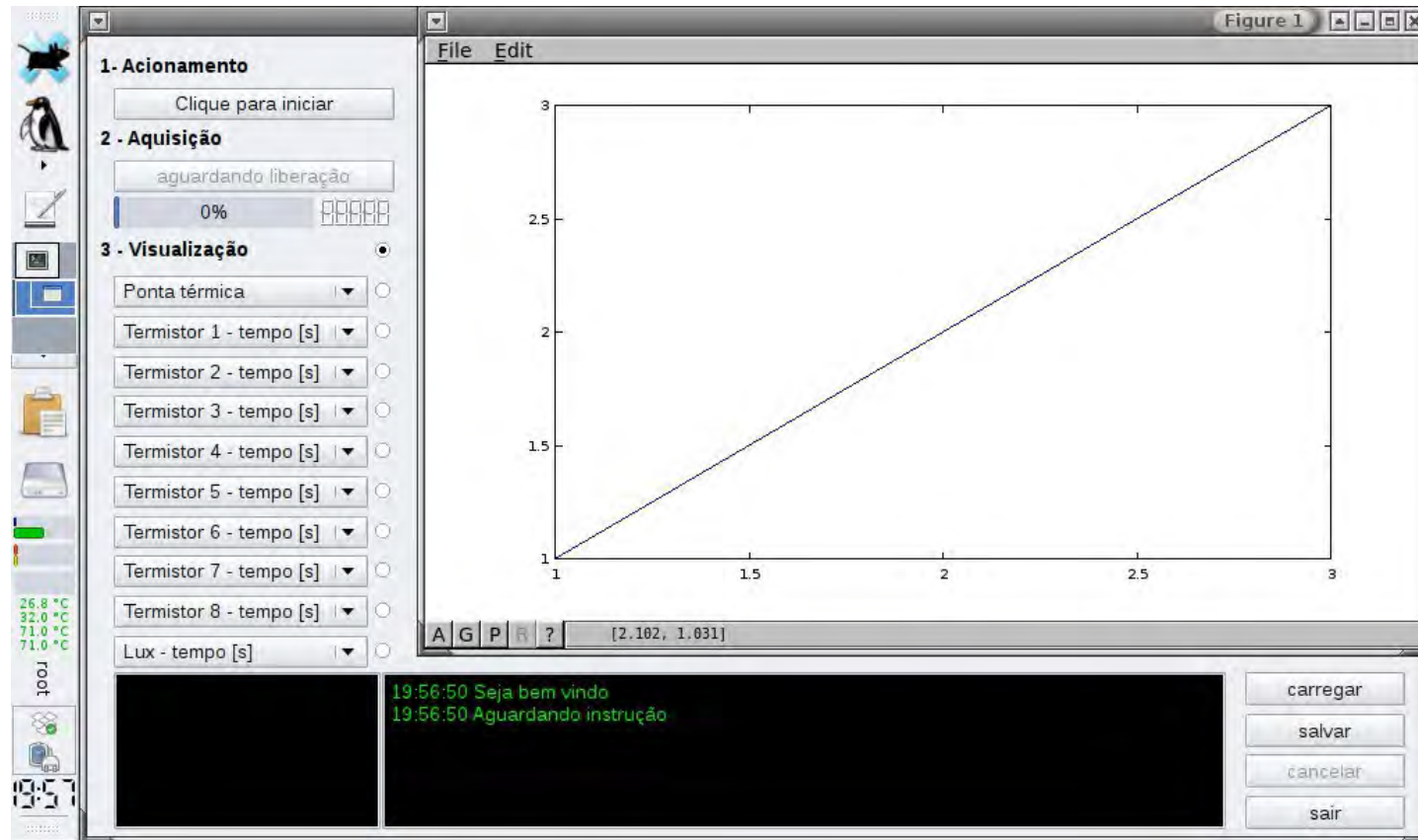
Placa de Aquisição de Dados e
Conexão das Sondas

- Protótipo



As sondas estão em fase de desenvolvimento e devem ser calibradas ao final do projeto.

- Protótipo



O software dedicado apresenta os resultados “on line”

- Fatores Adicionais ao Dimensionamento

Capacidade de Condução de Corrente

- Corrente Corrigida

✓ É um valor fictício da corrente do circuito, obtida pela aplicação dos fatores de correção à corrente de projeto normalizada

$$I_C = \frac{I_E}{FCT \cdot FCA \cdot FCR}$$

I_E é a capacidade de condução de corrente indicada em tabelas 36 a 39

Demais fatores como umidade e temperatura (solo e ambiente) são parâmetros importantes para conhecimento e determinação da capacidade de condução de corrente e também serão monitorados pelo equipamentos.

•Bibliografia

Projeto: A Interface Continente Oceano nas Regiões Costeiras e Estuarinas: Estrutura, Processos, Manejo e Sustentabilidade no Edital Ciências do Mar 09/2009.

PICHORIM, S. F. . Sensor passivo, wireless, ressonante com enrolamento bifilar em aberto. 2013, Brasil. Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: BR1020130082821, data de depósito: 14/05/2013, Instituição de registro: INPI.

NBR 5410/2008 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão

NBR 14039/2005 – Instalações Elétricas de Média Tensão – 1kV à 36 kV

IEC 60287 - Electric cables - Calculation of the current rating

High Voltage Power Cable Current Ratings - Author, Electrotechnik Pty Ltd - www.elek.com.au

Obrigado!!

Fernando Azevedo - Eng. Eletricista, Ms.C.

azevedo2742@hotmail.com

Empresa Demandante:

contato@esperti.com.br

www.esperti.com.br