



**Grupo de Estudo de Sistemas de Informação e Telecomunicação para Sistemas Elétricos-GTL**

**Sistema de Aquisição e Transmissão de Dados de Monitoramento de Grandezas Elétricas e Ambientais de Eletrodo de terra da Transmissão HVDC +/-600Kv Porto Velho-Araraquara 2 uma experiência da Eletronorte.**

**IVALDO MONTEIRO LOBATO (1); JOSE ADOLFO SILVA SENA (1); RUI SERGIO SILVA LIMA (1); LUCIVALDO FERNANDES CORREA (1); FABIO PRESTES DE ALVARENGA (1); MAGDIEL CRISTIAN MACIEL (1); ELN(1);**

**RESUMO**

Este trabalho tem o objetivo de apresentar o desenvolvimento de um protótipo de um sistema de monitoramento online de grandezas elétricas na Praça do Eletrodo de Terra desenvolvido, para ser implantado na transmissão HVDC Porto Velho- Araraquara. Os dados são aquisitados por meio de sensores de temperatura instalados nos poços dos eletrodos bem como através de TC e condicionadores integrando ao Sistema de monitoramento e disponibilizado ao SAGE que através de e-mails, acesso web e Software de análise por meio da rede corporativa da Eletronorte. A estrutura é baseada na arquitetura cliente servidor, ou seja, os processos cliente enviam pedidos para o processo servidor, e este por sua vez processa e envia os resultados dos pedidos. Os dados são aquisitados e armazenados em banco de dados e com ferramentas de tratamento de alarmes acionados por violação de limites. A equipe de manutenção da estação recebe avisos imediatamente e com base nas informações recebidas podendo realizar um pré-diagnóstico a distância e em tempo hábil os meios para estimar e promover soluções de eventuais problemas no menor espaço de tempo, com objetivo de minimizar o atendimento a ocorrência, através de relatórios de grandezas elétricas e ambientais das condições operativas e com isso evitar perdas de faturamento por conta da aplicação de multas pela agência reguladora.

**PALAVRAS-CHAVE**

HVDC – Eletrodo de terra – Monitoramento – Grandezas Elétricas – Grandezas Ambientais

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Os Eletrodos de terra são componentes de um sistema de transmissão de energia elétrica em corrente contínua (HVDC) conforme figura 1, sendo instalados, no caso, nas proximidades das Estação de Porto Velho e Araraquara 2, por meio de linhas de transmissão. Em suma, os Eletrodos associados ao Bipolo 1 do Sistema de Transmissão do Madeira são instalados nos municípios de Candeias do Jamari (RO) e Itápolis (SP), sendo conectados, respectivamente, à Estações Conversora de Porto Velho e à Estação Inversora de Araraquara.

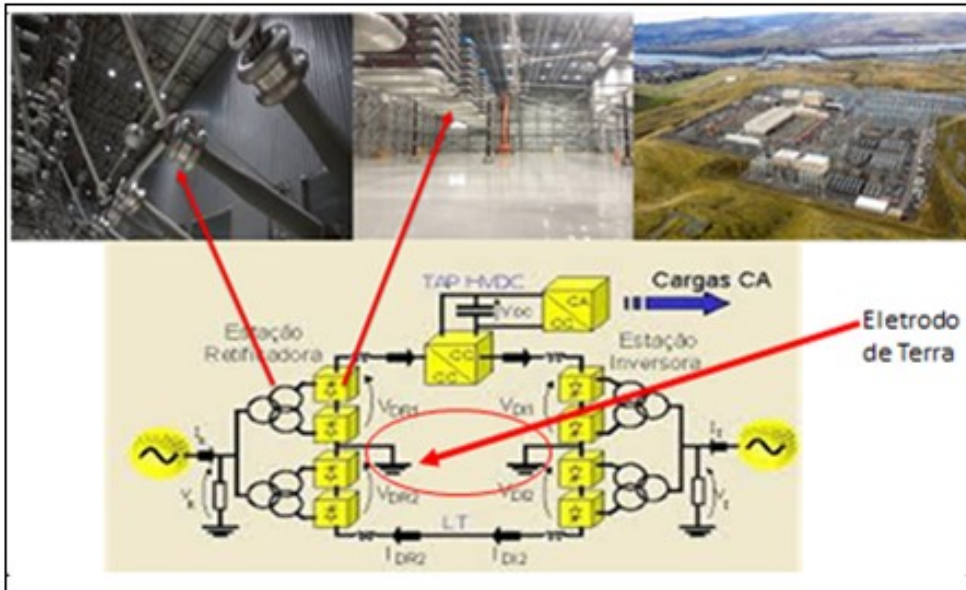


Figura 1- Diagrama unificado simplificado do projeto do Sistema de Transmissão em HVDC do Rio Madeira das Estações Retificadora de Porto Velho (RO) e Inversora Araraquara (SP).

Prevê-se que a forma de transmissão de energia elétrica na linha em questão ocorra normalmente em 99% do tempo, ou seja, no modo bipolar; e que os Eletrodos de terra sejam acionados no 1% restante, ou seja em até 87,6 horas/ano. Considerando as especificações técnicas restritivas definidas no edital do Leilão de concessão da ANEEL. Os Eletrodos foram projetados para operar até 220 horas/ano, conforme figura 2.

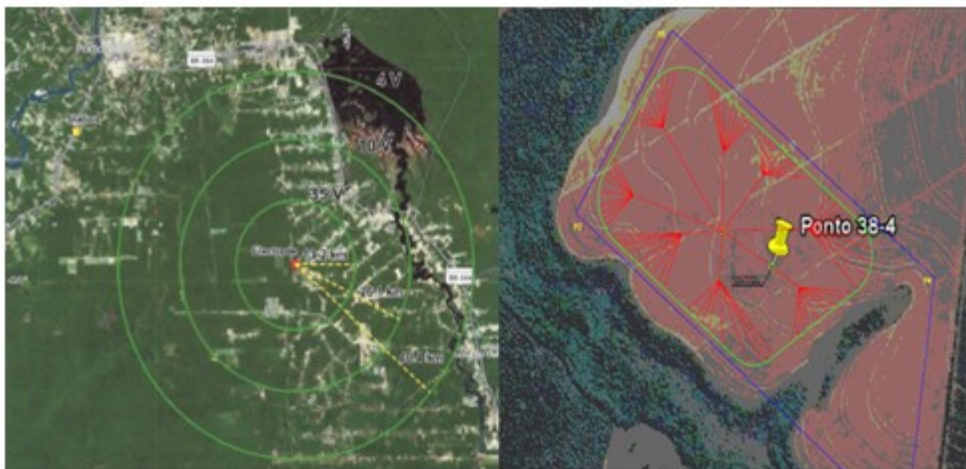


Figura 2- Vista aérea das áreas do Eletrodo de Porto Velho e Araraquara.

As diferenças de potência (Volt) na superfície são consequência de correntes em elementos condutores que estejam conectados ao solo em dois ou mais pontos. Esses elementos podem ser cercas, tubulações metálicas, sistemas elétricos de transmissão e distribuição, sistema de telefonia e oleodutos. Pode ocorrer também corrosão destes objetos por efeito de passagem de corrente entre elementos metálicos e o solo. Seres humanos ou animais que entrem em contato com tais elementos podem ser afetados dependendo das condições.

A áreas de influência dos Eletrodos de terra devem ser monitoradas por meio de visitas programadas, durante todo o período de concessão, quando à ocorrência de erosão, controle de águas pluviais, umidade do solo, vandalismo e implantação de novas instalações passíveis de interferências. Durante a operação, deverão ser feitas inspeções e manutenções anuais na área de cada Eletrodo para assegurar a sua integridade, levando em consideração as influencias que podem provocar danos ao Eletrodo.

## 2.0 - DADOS DO SISTEMA DE MEDIÇÃO

### 2.1 LOCAL DE IMPLANTAÇÃO

As áreas dos Eletrodos localmente possuem pontos de monitoramento de temperatura e umidade, muito embora a condutividade térmica do solo seja medida e avaliada antes de se definirem os parâmetros construtivos dos Eletrodos, e com isso minimizado o risco de sobreaquecimento do solo.

Oito sensores estão instalados em oito segmentos ao longo dos Eletrodos, tanto em Candeias do Jamari (RO) como em Itápolis (SP), e registram o comportamento da temperatura do solo no decorrer das operações monopolares. Isso porque, apesar dos sensores estarem lá, não haverá qualquer alteração de parâmetros com a temperatura e umidade do solo, salvo aquelas alterações climáticas e geológicas naturais, quando o sistema HVDC estiver operando normalmente-Operação normal significa que, pelo Eletrodo, está fluindo apenas a corrente de desbalanço, com ordem média de grandeza de 10 Amperes.

Caso eventualmente haja uma elevação de temperatura, quando da operação monopolar do Eletrodo, serão então verificadas as consequências no solo, como umidade, e verificada também a distribuição da corrente de cada um dos oito segmentos do Eletrodo (estas medições são realizadas com amperímetro tipo alicate as saídas centrais de cada ramal de Eletrodo) para observar o impacto na MESOFAUNA. Conforme Figuras 3 e 4.

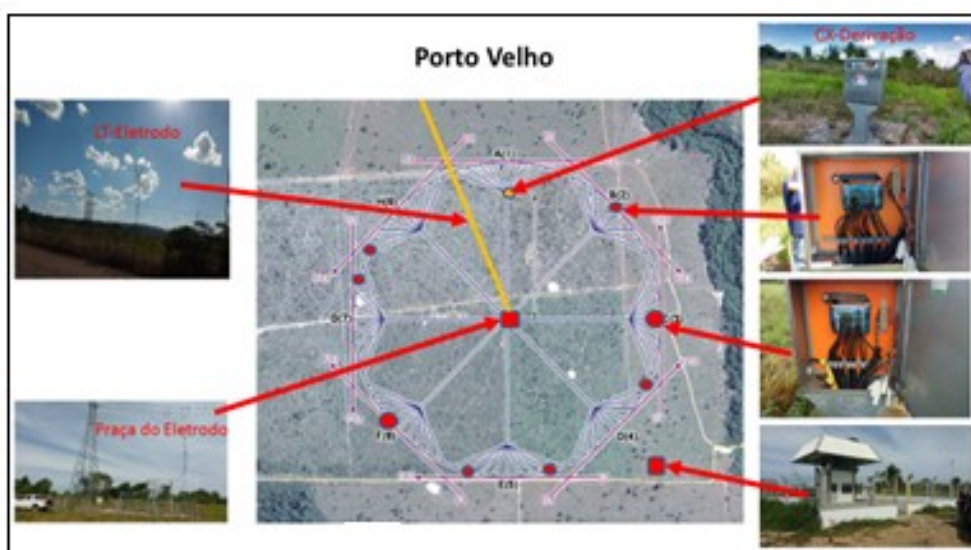


Figura 3- Detalha da vista aérea do Eletrodo de Porto Velho.

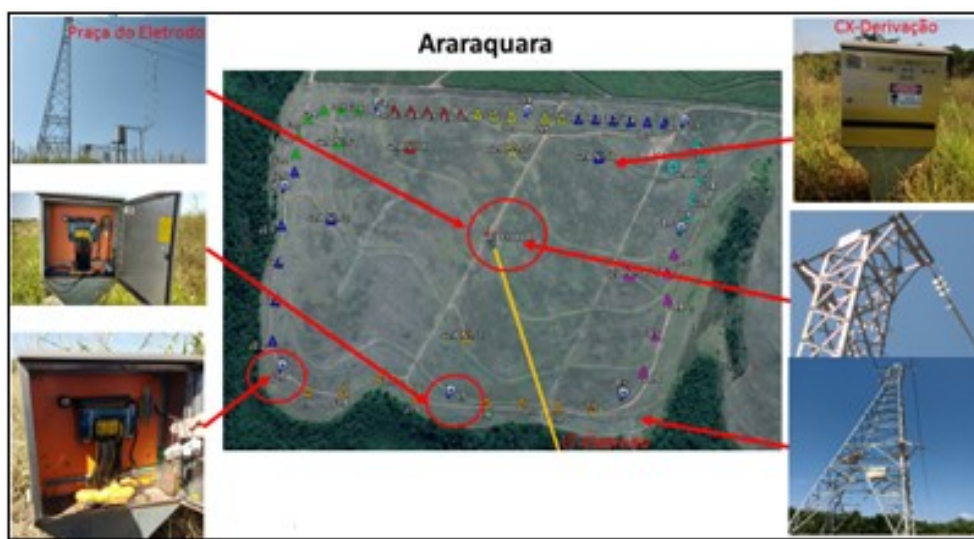


Figura 4- Detalhe da vista aérea do Eletrodo de Araraquara.

### 2.2 DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO

Para que estas medições passem a ser em tempo real o sistema desenvolvido realiza em sua integridade a medição das grandezas, fornecendo informações acerca do estado operacional do sistema de energia, corrente nas ramificações do pátio central do eletrodo e nas caixas de derivação com sensores de temperatura e umidade, conforme figura 5. A implantação desta ferramenta foi motivada pela necessidade de aplicações práticas devido a ocorrência de medições fora do momento de condução com isso a medição sazonal e contínua é uma necessidade para a tomada de decisão a partir destas informações. O objetivo é a solução imediata dos problemas de supervisão de sistema, onde a mão de obra humana pode ser substituída por um sistema automatizado, significando a redução dos custos operacionais e redução de tempo de atendimento as ocorrências.

Agregando baixo investimento bem como a possibilidade de diminuição de custos operacionais da instalação, tendo como vantagem principal a emissão diária de relatório ambiental e sobre o estado operacional do sistema de suprimento de energia e em caso de falha o sistema emitirá mensagens instantâneas através de e-mail, o que possibilita maior velocidade no atendimento das ocorrências, pois no sistema atual essa demora nos dados acarreta em perdas da comunicação, com a instalação deste sistema com ferramenta de diagnóstico esse tempo será reduzido e as decisões poderão ser tomadas em tempo hábil sem comprometer o sistema.

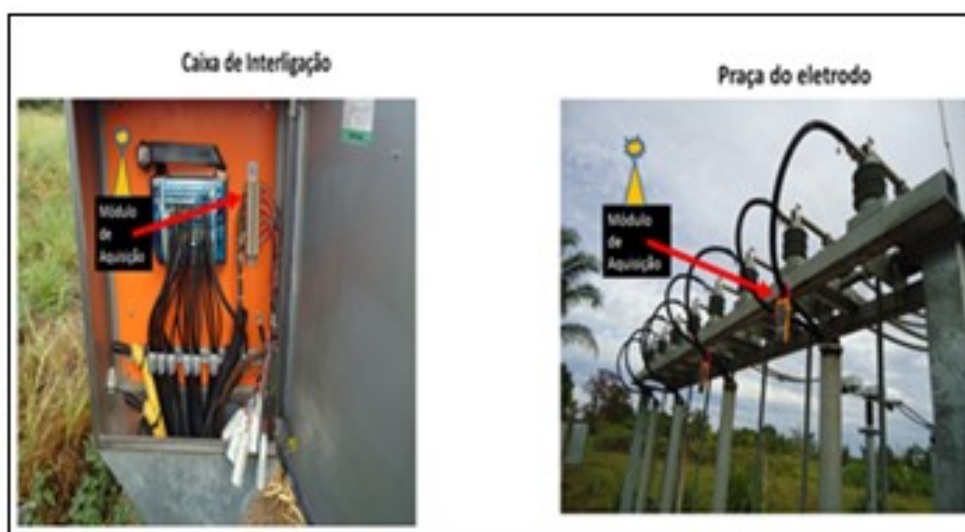


Figura 5- Pontos de Medição, corrente, temperatura e umidade.

### 2.3 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

O protótipo é composto por: 03(três) módulos de aquisição/transmissão e 01(um) concentrador de dados do sistema de monitoramento de grandezas ambientais e elétricas, as variáveis aquisitados são: Corrente da caixa de derivação, através de sensor de corrente AC/DC TC de efeito hall; temperatura, através dos sensores DH22, simulando o PT-100 do eletrodo; e detecção de umidade de solo (MH-Sensor series) simulando a medição através de sensor do eletrodo, conforme figura 6.

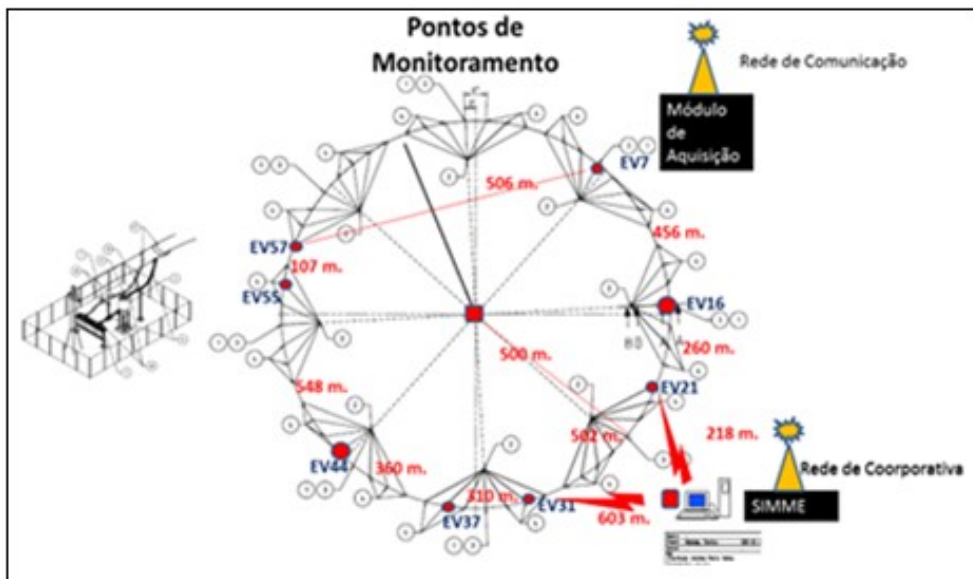


Figura 6- Pontos de medição de Corrente elétrica, temperatura e umidade.

No protótipo básico os sensores equivalentes do sistema implantado (DHT22 para PT-100, sensor de umidade e TC de efeito hall) são aqisitados em um Arduino NANO onde a sua programação faz a datação (Hora, minutos e segundos) são implementados através de um relógio de tempo real. Estas entradas são transmitidas através do módulo de transmissão NRF2401 para o módulo subseqente até chegarem no concentrador de dados composto por um Arduino UNO e Shields de cartão Micro SD, conforme figura 7.

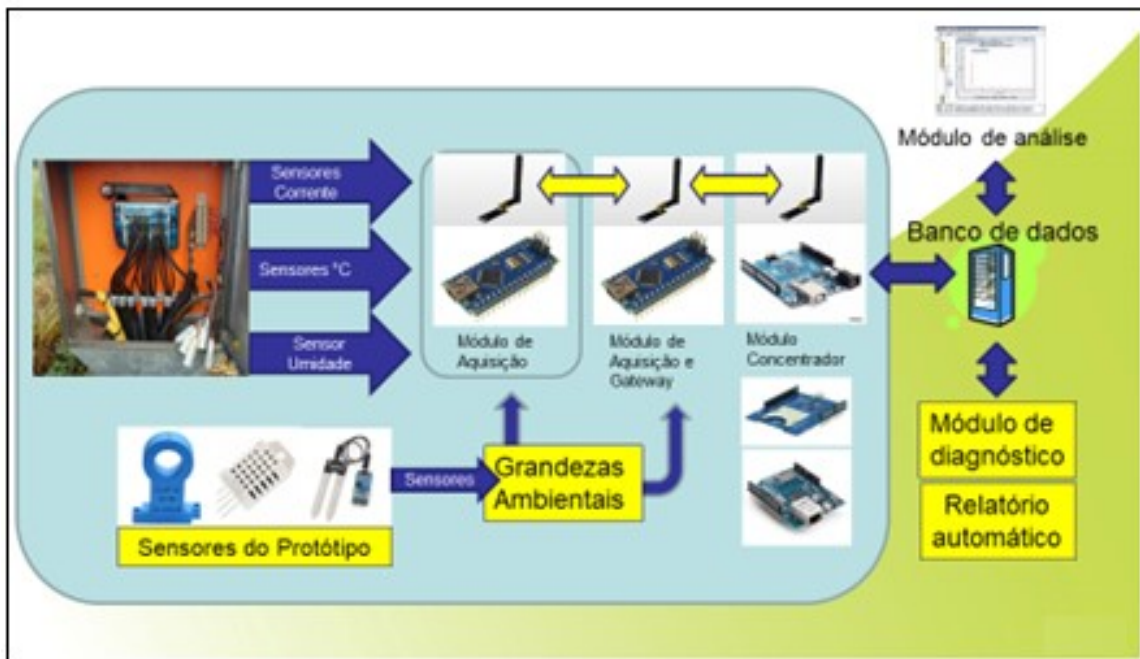


Figura 7- Detalhes do protótipo.

A ferramenta de análise está em fase de desenvolvimento para ajustes e em seguida ser implantada em todos os pontos de medição, trazendo maior confiabilidade ao sistema. Estas informações sazonais são armazenadas em um banco de dados (arquivo .dat) e kit de teste e simulação conforme figura 8, para análise e acompanhamento.

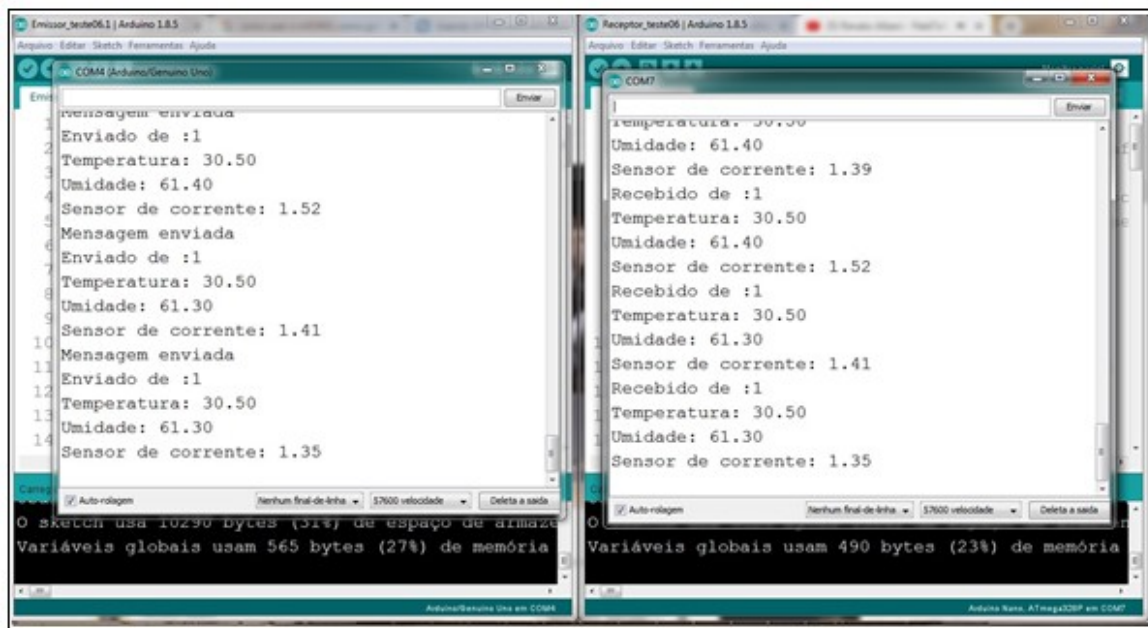


Figura 8- Trama de comunicação da aquisição de dados.

### 3.0 - CONCLUSÃO

Com a programação de aquisição dos módulos para os poços dos dois pátios de eletrodos aguardamos que o sistema de monitoramento de grandezas elétricas remoto seja instalado em campo para as duas instalações ainda em 2019, pois a ferramenta aumenta a confiabilidade do sistema de transmissão HVDC, agregando baixo investimento, bem como a possibilidade de diminuição de custos operacionais da instalação, tendo como vantagem principal a emissão diária de relatório sobre o estado operacional da transmissão de energia através do eletrodo de terra e em caso de falha o sistema emitirá mensagens instantâneas através de e-mail, o que possibilita maior velocidade no atendimento das ocorrências, pois no sistema atual essa demora acarreta em perdas da comunicação do sistema de transmissão. Com a instalação deste sistema como ferramenta de diagnóstico esse tempo será reduzido e as decisões poderão ser tomadas em tempo hábil sem comprometer o sistema.

Um sistema de monitoramento preditivo tem por objetivo eliminar grandes manutenções corretivas que podem atingir cifras de dezenas de milhões de reais. Atualmente as medições sazonais realizadas no pátio do Eletrodo não disponibilizam informações consistentes para o relatório ambiental. Uma das falhas que o sistema de monitoramento *on-line* ajuda a evitar por exemplo, é a falha dos pontos de medição de temperatura e umidade, que está associada a atuação de condução do eletrodo. Auxiliar na indisponibilidade do sistema além de prover o acompanhamento do impacto da Meso fauna no pátio do eletrodo de terra e a emissão de relatório ambiental para o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). É possível desenvolver um sistema de monitoramento de grandezas ambientais do Pátio de Eletrodo de Terra e módulos de aquisição de dados de forma distribuída de baixo consumo e baixo custo.

### 4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) FERREIRA, Davidson Geraldo. Visão integrada da automação da operação e manutenção de sistemas elétricos de potência. 2007. 128p. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Elétrica) Programa de 4 Pós-Graduação em Engenharia Elétrica- PPGE, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- (2) SENA, Jose Adolfo da Silva (2016). Sistema de monitoramento de máquinas e equipamentos SIMME – Manual do Usuário. Versão 2.0. Belém. Eletrobrás Eletronorte.
- (3) LOBATO, Ivaldo. Integração entre o sistema de monitoramento de máquinas elétricas - SIMME e o sistema de proteção controle e supervisão.- SPCS que atende o Estado do Pará. SEMINARIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELETRICA, 2013. Brasília.

(4) LOBATO, Ivaldo M. EXPERIÊNCIA DA ELETRONORTE NO DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE MONITORAMENTO DE GRANDEZAS ELÉTRICAS EM REPETIDORAS ÓTICAS DESASSISTIDAS. SEMINARIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELETRICA, 2017. Curitiba-PR.

(5) SILVA, Flavio Eduardo Soares e. COMUNICAÇÃO SEM FIO COM AMPLA COBERTURA PARA REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES EM MEIO RURAL. SEMINARIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELETRICA, 2017. Curitiba-PR.

(6) MIGUEL, Márcio Luiz Ferreira. LPWAN E MESH: APLICABILIDADE DE NOVAS TECNOLOGIAS DE COMUNICAÇÃO SEM FIO EM REDES SMARTGRID RURAIS. SEMINARIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELETRICA, 2017. Curitiba-PR.

(7) CAPUTO, Homero Pinto. MECÂNICA OS SOLOS E SUAS APLICAÇÕES Homero / 3v. 6° Ed. Livros Técnicos e Científicos S/A, 1988.

(8) SERRA, Eduardo Torres. CORROSÃO E PROTEÇÃO ANTICORROSIVA DOS METAIS NO SOLO. Centro de Pesquisa de Energia Elétrica-Cepel, 2016 ISBN 85-99714-03-1.

#### 5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Ivaldo Monteiro Lobato  
Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A – ELETRONORTE  
Departamento de Transmissão do Pará - Divisão de Laboratório Central  
Pós-graduado em Engenharia Elétrica (Automação de Sistemas elétricos)  
Pós-Graduado em Redes de Computadores  
Engenheiro Eletricista  
Matemático