



**XXII SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GTL/31  
13 a 16 de Outubro de 2013  
Brasília - DF

**GRUPO - XV**

**GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS ELÉTRICOS - GTL**

**ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DA FREQUÊNCIA DE 915 MHZ PARA TRANSMISSÃO DE DADOS EM SISTEMAS SUPERVISÓRIOS DE ISOLADORES POLIMÉRICOS DA CLASSE DE TENSÃO DE 500 KV**

**Huederson Aparecido Botura da Silva(\*)  
Carlos Augusto Manara  
Daniel Ferreira Bessa  
Ricardo Borges de Oliveira  
Rodolfo Cardoso de Jesus**

**Alexandre de Assis Mota  
Lia Toledo Moreira Mota**

**BALESTRO**

**PUC-CAMPINAS**

**RESUMO**

Este trabalho aborda o estudo da utilização da frequência de 915 MHz para a transmissão de dados em sistemas de *smart grid*, para monitoramento e/ou supervisão de isoladores poliméricos de 500 kV. A transmissão de dados ocorreu mediante a três níveis de campo elétrico, sendo o isolador submetido à tensão fase-terra do sistema. A intensidade do campo elétrico foi obtida por simulações utilizando os programas Gmsh e GetDP. Nos testes realizados, o sinal sofreu pouca degradação quando submetido a vários níveis de intensidade do campo elétrico, sendo na pior configuração do experimento, observada uma perda de pacotes abaixo de 2%.

**PALAVRAS-CHAVE**

Campo elétrico, Frequência de 915 MHz, Gmsh, Isoladores Poliméricos, *Smart Grid*.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

A frequência de 915 MHz é uma das frequências liberadas pela ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações), portanto não requer licença de operação. Além de ser uma frequência livre, esta tecnologia pode ser considerada como consolidada, possuindo vários produtos utilizando-a. Esta frequência também pode ser utilizada em sistemas supervisórios e/ou de monitoramento em sistemas utilizando *smart grid*.

*Smart grid*, a chamada “rede inteligente”, não é apenas um conjunto de produtos ou redes, mas sim um conceito tecnológico que apresenta uma rede elétrica com uma arquitetura que integra equipamentos inteligentes e redes de comunicação de dados em um sistema gerenciado de computação distribuída abrangendo toda a corporação e a indústria, envolvendo os ativos elétricos, sistema de telecomunicações e tecnologia de informação (TI).

Uma rede com a estrutura de *smart grid* apresenta inúmeras vantagens, pois possibilita dar condições de monitoramento e controle de toda a rede, tais como localizar pontos de perda de energia elétrica por defeitos em dispositivos, rastrear furtos por conta de ligações clandestinas na rede, desligar ligações de clientes por falta de pagamento, possibilitando assim uma maior eficiência do sistema elétrico.

O sistema elétrico brasileiro está em pleno crescimento impulsionado pelo crescimento do consumo de energia elétrica, que nos últimos 10 anos, apresentou crescimento médio de 4,29%. Tendo perspectiva de crescimento médio de 4,5% para a próxima década.

Com este aumento do consumo de energia elétrica, surgiu a necessidade de novas fontes geradoras de energia elétrica, entretanto as usinas geradoras normalmente encontram-se distantes de seu mercado consumidor, sendo necessária a utilização de linhas de transmissão para esta interligação.

As linhas de transmissão possuem uma previsão de crescimento 42% para o decênio 2011-2020, tendo a classe de tensão de 500 kV com maior possibilidade de crescimento (1). Nas linhas de transmissão um equipamento muito utilizado são os isoladores, que possuem características elétricas e mecânicas.

(\*) Endereço Ator Responsável, n° 000 – sala X 00 - Bloco X – CEP 99.999-999 Cidade, Sigla Estado, – Brasil  
Tel: (+55 XX) XXXX-XXXX – Fax: (+55 XX) XXXX-XXXX – Email: nononono@nonono.non.br

Este artigo aborda a utilização da frequência de 915 MHz para monitoramento e/ou supervisão de isoladores poliméricos da classe de tensão de 500 kV.

## 2.0 - LINHAS DE TRANSMISSÃO

Com o aumento do consumo de energia elétrica, surgiu a necessidade da criação de novas usinas geradoras de energia elétrica, tendo como destaque, nos últimos anos, as usinas hidrelétricas de Belo Monte, com capacidade instalada de 11.233 MW, Teles Pires, com capacidade instalada de 1.820 MW e a usina hidrelétrica de São Luiz do Tapajós, com capacidade instalada da ordem de 7.000 MW (2).

O Plano Decenal da EPE prevê um crescimento no Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN) de 110 GW (dados de dezembro de 2010) para 171 GW (previsão para dezembro de 2020), com priorização das fontes renováveis (hidráulica, eólica e biomassa) (3).

As usinas geradoras de energia elétrica, normalmente, encontram-se distantes do mercado consumidor, sendo interligadas através de Linhas de Transmissão (LT's). O crescimento das LT's para a década de 2010 a 2019 está previsto para 42%, fazendo com que a extensão de, aproximadamente, 110.000 km (dados de 2010) aumente para aproximadamente 171.000 km. Dentre este crescimento, pode-se citar vários projetos em execução e outros em fase de estudos como, por exemplo, a Interligação das Usinas do Rio Madeira, Belo Monte, Teles Pires, Tapajós, Boa Vista (Manaus) e Interligação Brasil-Peru (2). Nestas LT's, a classe de tensão que possui maior tendência de crescimento é a classe de 500 kV, seguida pela classe de 600 kV, tendo um crescimento previsto de 21.650 km e 14.024 km respectivamente (2).

A transmissão em extra alta tensão não apresenta somente vantagem; tem-se também desvantagens como a questão da isolação. Em circuitos elétricos de corrente alternada, quanto maior a tensão, maior a possibilidade da existência de um curto entre fases, pois os condutores encontram-se muito próximos do limiar da rigidez dielétrica do ar.

Outro ponto que pode-se citar como desvantagem é o aumento do Efeito Corona, que além de gerar ruídos eletromagnéticos, aumenta o nível do campo elétrico em volta dos condutores e do isolador. Estudos comprovam que quanto maior o potencial elétrico em uma LT, maior é o Efeito Corona gerado (4).

### 2.1 Isoladores poliméricos

O isolador é um equipamento muito utilizado nas LT's e possui em seu projeto, características mecânicas e elétricas. Como característica mecânica, pode-se citar a necessidade do isolador suportar esforços mecânicos entre seus terminais, decorrentes do peso dos condutores e da ação do vento sobre os condutores.

Como características elétricas pode-se citar suas distâncias de arco e de escoamento. A distância de arco é essencial para evitar que o isolador apresente falha (*flashover*), através de descargas disruptivas provenientes de descargas atmosféricas (raios) ou acionamento de chaves seccionadoras. Já a distância de escoamento possui como objetivo aumentar o caminho entre fase e terra, fazendo com que os elétrons da corrente elétrica tenham um caminho maior a percorrer entre estes dois pontos. Esta distância de escoamento é muito importante quando existem fatores climáticos envolvidos, como por exemplo, tempo úmido, chuva e tipo do nível de poluição. Estes fatores reduzem a distância de escoamento por possuírem características condutoras reduzindo a isolação das mesmas.

Os isoladores poliméricos estão sendo cada vez mais utilizados devido à sua característica de hidrofobicidade (que representa a capacidade do material em repelir água) ser muito superior aos materiais de vidro e porcelana, que também são utilizados na fabricação de isoladores, além de reduzir o número de isoladores danificados por vandalismo. Com a utilização de isoladores poliméricos nas LT's, é possível reduzir os custos de projeto, sendo possível utilizar torres mais compactas, devido à redução do peso dos mesmos em relação a isoladores de vidro e/ou porcelana. É possível utilizar torres de uma LT de 500 kV, projetadas para isoladores fabricados em vidro e/ou porcelana, para o projeto de um sistema da classe de tensão de 800 kV, utilizando isoladores poliméricos (5).

Em um sistema de transmissão de energia elétrica, os isoladores estão diretamente associados ao nível de segurança da rede (sistema), pois sua falha influencia diretamente nos índices DEC (Duração de Interrupção Equivalente em horas) e FEC (Frequência Equivalente de Interrupção) da concessionária de energia perante a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica).

### 2.2 Efeito Corona

Nos isoladores, o Efeito Corona também está presente, principalmente no seu terminal fase. Este efeito tem o formato de uma coroa luminosa, principalmente em pontos com mudança brusca no formato de sua superfície. O Efeito Corona é responsável pela perda de energia elétrica de centenas de kW/km nas LT's e gerar ruídos que chegam a 65 dBm. Este efeito ocorre quando o valor crítico do ar é ultrapassado (6), fazendo com que os elétrons colidam com o ar, ocasionando a formação de ozônio, que é uma das principais causas de degradação em

isoladores, seja em suas ferragens ou em seu núcleo de fibra de vidro, quando o mesmo é utilizado em isoladores poliméricos.

O valor da intensidade de campo elétrico para o surgimento do Efeito Corona diverge entre pesquisadores, sendo que a referência (7) cita valores acima de 15 kV/cm, enquanto que para a referência (6) este valor é de 30 kV/cm. Este valor ainda sofre muita variação quando submetido a alterações do ambiente, como partículas de ar, poeira, umidade e chuva.

Para mitigar o Efeito Corona em isoladores, utiliza-se um dispositivo chamado anel anti-corona. Este dispositivo possui o intuito de equalizar o campo eletromagnético e pode ser construído utilizando qualquer material condutor, como por exemplo, ferro ou alumínio e pode apresentar vários formatos e dimensões. O formato mais usual é de seção circular. A equalização do campo elétrico no isolador também possui o intuito de não formação de rádio interferência (RIV), efeito este que pode interferir em canais de comunicações. O valor máximo da RIV é especificado pela norma NBR 15121.

### 3.0 - SMART GRID

A necessidade de implantação da tecnologia de *smart grid* no Brasil, visando o aumento da eficiência energética está cada vez mais sendo necessária, principalmente pelo aumento de consumo de energia elétrica.

Além do aumento de consumo, outro item que afeta a geração e a quantidade de energia transmitida na rede são as perdas técnicas e perdas não técnicas.

Outra possível aplicação do conceito de *smart grid* seria no desligamento seletivo, sendo que falhas nessa área podem ocasionar grandes prejuízos à sociedade como um todo. Basta lembrar o fato marcante, ocasionado também pela falta de desligamento seletivo, ocorrido em novembro de 2009, ocasionando um *blecaute* que afetou 18 estados e deixou milhares de pessoas no escuro (13).

Segundo (8), a estrutura de *smart grid* na transmissão e geração fornecerá os seguintes benefícios, como: melhoria no planejamento, previsão e controle de carga, gerenciamento de riscos e melhoria da arbitragem.

De acordo com o presidente do Fórum Latino-Americano de Smart Grid e da ECOee, Cyro Boccuzzi, “o conceito de rede inteligente envolve três pilares”. O primeiro deles são os ativos elétricos, como chaves, medidores, cabos, transformadores e disjuntores. O segundo pilar é o sistema de telecomunicações, que capta informações da operação em tempo real e traz esses dados para uma otimização dinâmica. O último pilar é a tecnologia de informação, que abrange todos os sistemas de controle de gestão das empresas (9).

#### 3.1 Transmissão de dados

A comunicação de dados entre a concessionária (central) e dispositivos instalados na rede pode ser feita através de vários tipos de tecnologia, dentre elas: Fibra óptica, Internet, PLC, ZigBee, *Bluetooth*, Wi-Fi, Wi-Max ou GPRS.

##### 3.1.1 ZigBee

A ZigBee Alliance, que desenvolve o padrão ZigBee junto ao Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), compõe uma rede de sensores em que a tecnologia é de baixo consumo e limitada. Contudo, o que parece uma desvantagem a princípio, pode encontrar aplicação em várias áreas, uma vez que consiste em uma rede capaz de concentrar informação e realizar, por exemplo, medições remotas numa situação de *smart grid* com mobilidade.

Os dispositivos baseados na tecnologia ZigBee operam na faixa ISM (“*Industrial Medical Scientific*”) que não requer licença para funcionamento, incluindo as faixas de 2,4 GHz (Global), 915 MHz (América) e 868 MHz (Europa) e com taxas de transferência de dados de 250 kbps em 2,4 GHz, 40 kbps em 915 MHz e 20 kbps em 868 MHz. O padrão oferece, atualmente, interfaces com velocidades de conexão compreendidas entre 10 kbps e 115 kbps e com um alcance de transmissão entre 10 m e 100 m, dependendo diretamente da potência dos equipamentos e de características ambientais (obstáculos físicos, interferência eletromagnética, etc).

Quanto ao problema de alimentação dos dispositivos, os módulos de controle dotados com esta nova tecnologia podem ser alimentados até mesmo por baterias (pilhas) comuns, sendo que sua vida útil está relacionada diretamente com a capacidade da bateria e a aplicação a que se destina. Nesse aspecto, o protocolo ZigBee foi projetado para suportar aplicações com o mínimo de consumo.

O protocolo IEEE 802.15.4 estabelece a camada física e a camada de controle de acesso ao meio, enquanto que o protocolo ZigBee estabelece a camada de rede e o *framework* para a camada de aplicação, tendo assim a capacidade de estabelecer redes e realizar roteamento (10).

Nas frequências de 868 MHz e 915 MHz, utiliza-se a modulação BPSK (“*Binary Phase Shift Keying*”).

Nesta padronização, ainda são apresentadas outras características como:

- Endereçamento pode ser de 16 bits ou 64 bits;
- Garantia de confiabilidade na transmissão da mensagem;
- Baixa latência;

As redes podem ser em modo estrela, árvore ou malha.

O protocolo ZigBee que incorpora o protocolo 802.15.4 possui a finalidade de apresentar baixo consumo de energia, apresentando assim grande eficiência energética. Estes dispositivos apresentam dois possíveis estados: “active” e “sleep”. O primeiro é utilizado na transmissão e recepção, enquanto que o segundo é utilizado quando não está executando nenhuma tarefa. O protocolo 802.15.4 permite uma grande quantidade de dispositivos por rede (65.535 nós por coordenador em uma rede), utilizando um protocolo simples, entretanto robusto que permite confiança na transferência de dados.

#### 4.0 - SIMULAÇÃO

A simulação para verificar a intensidade do campo elétrico foi realizado utilizando os programas Gmsh (versão 2.5.0) (11) e GetDP (versão 2.2.1) (12). A etapa de simulação, independentemente do *software* utilizado, possui três etapas: pré-processamento, processamento e pós-processamento.

O pré-processamento é a etapa que realiza o desenho da geometria do objeto em estudo, geração da malha e imposição das propriedades físicas dos meios. A etapa de processamento realiza a montagem do sistema de equações e a sua resolução. E na etapa do pós-processamento são apresentadas as grandezas dos fenômenos estudados.

O modelo do isolador utilizado neste trabalho é o IPB 500/CB/120/EAP/117, fabricado pela Indústria Eletromecânica Balestro Ltda, que contém uma distância de arco de 3.065 mm e distância de fuga de 13.700 mm. Este isolador e o anel anti-corona, possuem geometria de simetria axial, tornando possível o seu desenho em duas dimensões e, no momento do processamento da resolução do sistema, o *software* empregado realiza a simulação das linhas de campo na simetria de raio  $2\pi$  (13).

A metodologia da simulação foi realizada conforme (14), sendo a intensidade do campo elétrico obtido na interface silicone / ar, denominada como linha de corte do campo elétrico, conforme pode ser visualizado na Figura 1.

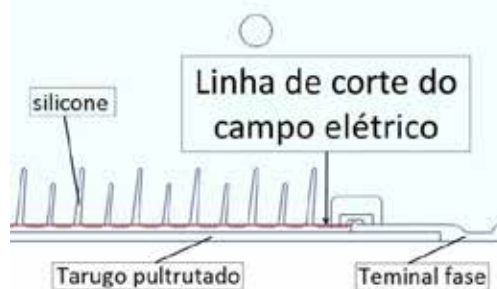


Figura 1. Linha de corte do campo elétrico

#### 5.0 - ENSAIOS LABORATORIAIS

O experimento foi realizado aplicando a tensão fase-terra do sistema de tensão da classe de 500 kV, simulando, assim, a operação do isolador no sistema. Posteriormente, foi realizada uma transmissão de dados, que tinha por objetivo verificar uma possível interferência em sinais de comunicação, na faixa de frequência de 915 MHz, decorrente do campo elétrico gerado no terminal fase do isolador. O circuito de ensaios de aplicação de tensão é mostrado na Figura 2.

Para o estudo da RSSI (“Received Signal Strength Indication”) e pacotes dados do sinal de transmissão de dados, foram utilizados transmissor/receptor RF (“Rádio Frequência”), antenas e os *softwares* Python e Excel.

Foram utilizadas antenas direcionais e antenas omnidirecionais. As antenas omnidirecionais foram utilizadas para simular a condição da utilização de sensores nas redes de transmissão, enquanto que a antena direcional foi utilizada para estudar uma possível interferência do campo elétrico na frequência de comunicação de 915 MHz.

O Python foi desenvolvido em 1990 por Guido van Rossum na Holanda e é um programa livre e pode ser obtido em (15). É um programa dinâmico, orientado a diversas aplicações, possui uma linguagem de programação simples de entender, sua sintaxe é clara e de fácil aprendizagem.

Foi utilizado um programa desenvolvido em Python com a capacidade de medir a RSSI da antena transmissora e da antena receptora. Também foi realizada a medida do número de pacotes perdidos, podendo assim medir a PER ("Packet Error Rate" – Erro nos pacotes recebidos).

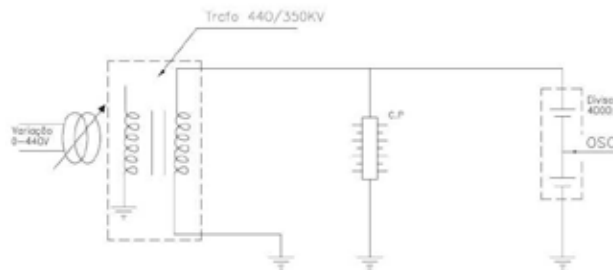


Figura 2. Circuito de ensaio

### 5.1 Metodologia

Foi implementada uma rede com dois sensores, na qual um será identificado como base e o outro como sensor 1.

Através do *software* Python, foi enviada uma sequência de dados através de um pacote, no qual está sendo transportada a informação do número do pacote. Este valor é útil para verificar quantos pacotes foram perdidos na transmissão.

O *software* Python enviava via USB esses dados para um transmissor RF que estava acoplado a uma antena. Este sensor, denominado base, estava a 6 metros do isolador. A 8 metros do isolador, fazendo um ângulo de 180° com o sensor base, estava o sensor 1, conforme Figura 3. Este sensor 1, recebia a informação e retransmitia o pacote até o sensor base. O sensor base, através do programa Python verificava se o pacote chegou íntegro e media RSSI do sensor base e do sensor 1, além de contar o número de pacotes perdidos e/ou corrompidos.



Figura 3. Posicionamento do experimento

Este experimento foi realizado, considerando três níveis de intensidade de campo elétrico provenientes do terminal fase do isolador, sendo:

- 1 – isolador sem anel anti-corona;
- 2 – isolador com anel anti-corona com diâmetro do anel condutor de 1,5 cm;
- 3 – isolador com anel anti-corona com diâmetro do anel condutor de 7,0 cm;

Nas simulações, a medição ocorreu durante o envio de 250 pacotes, sendo que cada pacote de informações foi enviado a cada 1 segundo. Estes dados foram salvos em um arquivo \*.TXT e, após a realização dos experimentos, transportados para o *software* Excel para que fosse possível realizar as análises do RSSI e PER.

Foi realizado o experimento com a antena omnidirecional simulando assim a condição do sensor em uma linha de transmissão, transportando uma possível informação que pode ser de corrente de fuga do isolador, número de descargas, nível de poluição, de acordo com a necessidade do sistema, considerando o conceito de *smart grid*, citado anteriormente.

## 6.0 - RESULTADOS

As simulações foram realizadas através dos programas Gmsh e GetDP que utilizam o método dos elementos finitos para resolução de problemas eletrostático, na qual foram obtidos as cartas de campo do potencial elétrico na interface silicone / ar (conforme mostrado na Figura 1) que são apresentadas na Figura 4.

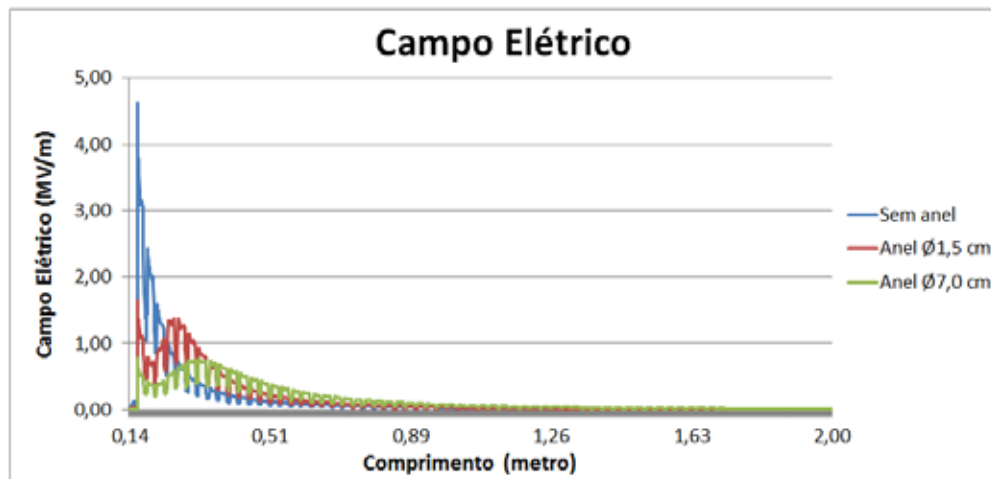


Figura 4. Gráfico do potencial elétrico

Os sensores e as antenas omnidirecionais utilizados no experimento são mostrados nas Figuras 5 e 6. O objetivo é realizar o experimento utilizando sensores com antenas de dimensões reduzidas, para assim poderem ser acopladas em uma linha de transmissão.

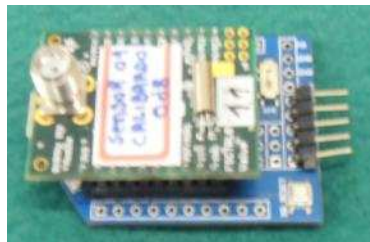


Figura 5. Sensor RF utilizado no experimento



Figura 6. Antena omnidirecional utilizada no experimento

O plano de visada entre as duas antenas passava pelo ponto de maior intensidade do campo elétrico que estava a uma altura de 16,35 cm, conforme pode ser visualizado na Figura 4. O intuito era verificar se a intensidade do campo elétrico naquele ponto específico interferiria na comunicação de dados utilizando a frequência central da portadora em 915 MHz.

O circuito utilizado no experimento consistia de dois sensores, na qual um enviava pacotes ao outro. O sensor base, chamado transmissor, enviava um pacote contendo em seu cabeçalho um número. Este número é sequencial e é utilizado para a contagem do número de pacotes perdidos (PER). O outro sensor, chamado receptor, recebia este pacote e retransmitia o pacote até o sensor base. Neste envio, o sensor receptor incluía um número que era utilizado para contagem do número de pacotes. A Figura 7 demonstra este esquema.

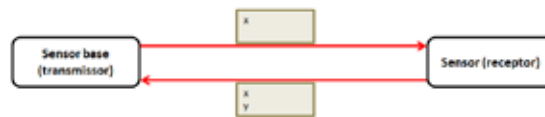


Figura 7. Esquema de comunicação de dados entre os sensores

Na Figura 7, pode-se verificar o funcionamento deste experimento, no qual o sensor base enviava um pacote de dados, contendo um número (x). Este número foi sequencial e a cada pacote enviado pelo sensor este número cresce. Ao receber o pacote, o sensor (receptor) mede a RSSI do sinal, e reenvia o pacote colocando um novo número que era sequencial do sensor receptor. Estes números foram utilizados para verificar o número de pacotes perdidos, pois cada vez que um pacote se perdia era necessário reenviar um novo com o mesmo número. O valor da RSSI de transmissão e recepção bem como o número de pacotes foi salvo em um arquivo \*.TXT, sendo possível sua análise futura.

Os gráficos das Figuras 8, 9 e 10, mostram a RSSI no sensor base (potência na transmissão) e no sensor receptor (potência na recepção) dos experimentos utilizando o isolador sem anel anti-corona, isolador com anel “pequeno” e isolador com anel “grande” respectivamente.

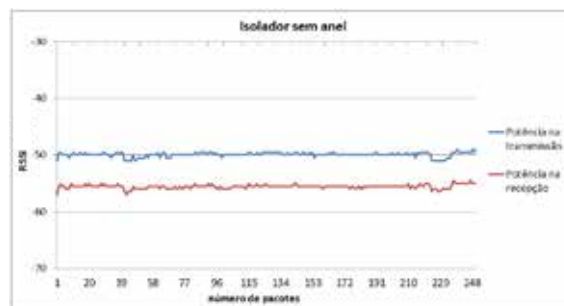


Figura 8. Dados do experimento – isolador sem anel

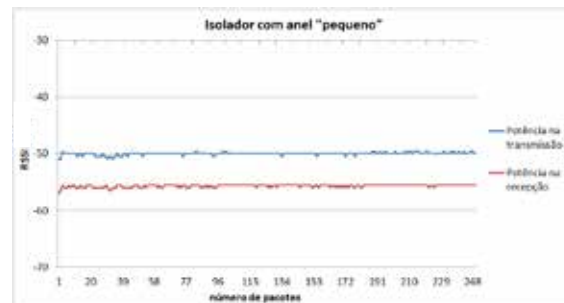


Figura 9. Dados do experimento – isolador com anel pequeno

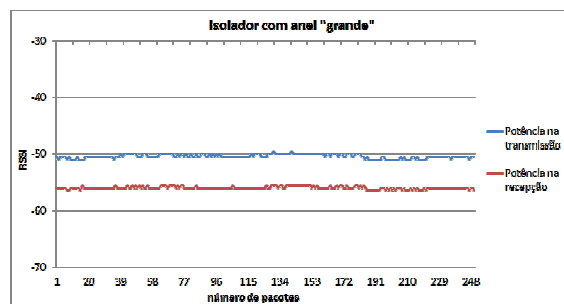


Figura 10. Dados do experimento – isolador com anel grande

Foram transmitidos 250 pacotes no qual foi possível conhecer um comportamento de padrão na comunicação.

O número de pacotes enviados transmitidos, recebidos e com erros durante o experimento é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Número de pacotes na comunicação de dados



Configuração	Número de pacotes transmitidos	Número de pacotes com erros	Número de pacotes recebidos	Número de pacotes com erros
Isolador sem anel	250	0	250	6
Isolador com anel Ø1,5cm	250	0	250	0
Isolador com anel Ø7,0cm	250	0	250	0

Os ensaios foram realizados no laboratório de alta tensão “Engenheiro Gino Balestro”, pertencente à Indústria Eletromecânica Balestro Ltda, situada na cidade de Mogi Mirim, interior de São Paulo. Em todos os experimentos o isolador estava submetido a tensão fase-terra do sistema de tensão da classe de 500 kV.

## 7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) - REIS, M. N. E. **Fenômenos de Transporte**. Poços de Caldas - MG: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2008.
- (2) - JARDINI, J. A. et al. **Alternativas Não Convencionais para Transmissão de energia Elétrica Estado da Arte**. Brasília - DF: Eletrobrás, v. I, 2011. 447 p
- (3) - EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano decenal de expansão de energia 2020**, 2009. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/PDEE/20120302\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/PDEE/20120302_1.pdf)>. Acesso em: 10 junho 2012
- (4) - LEÃO, R. M. **Rádio interferência proveniente de linhas de alta tensão**. 1ª. ed. Porto Alegre - RS: EDIPUCRS, 2008. 146 p.
- (5) - TAVARES, G. et al. **Otimização de Linha de Transmissão não Convencional de Alta Capacidade em 500 kV**. XIII ERIAC, 2009. Disponível em: <<http://www.labplan.ufsc.br/congressos/XIII%20Eriac/B2/B2-23.pdf>>. Acesso em: 19 Janeiro 2011.
- (6) - MELLO, D. R. **Avaliação de ensaios de radiointerferência e corona visual em cadeias de isoladores**. Palestra ministrada em Furnas. [S.l.]. 2007
- (7) - PEEK, F. W. **Dielectric Phenomena in High Voltage Engineering**. [S.l.]: McGraw Hill, 1915
- (8) - VICENTE, C. B. Smart Grid – O projeto Eletropaulo. **ABINEE**, 2007. Disponível em: <<http://www.tec.abinee.org.br/2007/arquivos/s1702.pdf>>. Acesso em: 17 março 2010
- (9) - JADJISKI, D. **Smart Grid: chave para eficiência**. Especial CanalEnergia 2010/2011, 2011. Disponível em: <<http://www.canalenergia.com.br/zpublisher/materias/Retrospectiva.asp?id=77234&a=2010>>. Acesso em: 5 maio 2012
- (10) - MONTEIRO, J. **ZigBee – Uma abordagem prática**. [S.l.]: Universidade do Algarve, 2009
- (11) - GEUZINE, C.; REMADE, J. F. **Gmsh: a three-dimensional finite element mesh generator with built-in pre- and post-processing facilities**. GEUZ, 2012. Disponível em: <<http://geuz.org/gmsh/>>. Acesso em: 11 agosto 2012
- (12) - DULAR, P.; GEUZINE, C. **GetDP: a General Environment for the Treatment of Discrete Problems**. GEUZ, 2012. Disponível em: <<http://geuz.org/getdp/>>. Acesso em: 13 agosto 2012
- (13) - SILVA, H. A. B.; MOTA, A. A.; M., M. L. T. **Dimensionamento de anel anti-corona em isolador polimérico para classe de tensão de 500 kV através do estudo de campo elétrico**. Anais do VI Workshop de pós-graduação e pesquisa do Centro Paula Souza - 2011, São Paulo - SP, outubro 2011
- (14) - SILVA, H. A. B.; MOTA, A. A.; MOTA, L.T.M. **Interferência da variação do anel anti-corona na distribuição do campo elétrico em isoladores da classe de tensão de 500 kV**. In: IV Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE), 2012, Goiânia, GO. Anais Eletrônicos (CD), 2012.
- (15) - PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. Download. **Python**, 2012. Disponível em: <<http://www.python.org/getit/>>. Acesso em: 15 junho 2012

## 8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



**Huederson Botura** nasceu na cidade de Arceburgo, interior de Minas Gerais (Brasil), no dia 12 de Junho de 1984. Entre os anos de 2002 e 2005 cursou Técnico em Eletrotécnica, Técnico em Eletrônica e Técnico em Telecomunicações na Escola Técnica Estadual João Baptista de Lima Figueiredo. No ano seguinte, iniciou o curso de Engenharia Elétrica na Pontifícia Universidade de Campinas no qual concluiu em 2010, onde ganhou o prêmio de melhor aluno e o Prêmio CREA-SP Formação Profissional – Formandos 2010 que premia os melhores alunos dos cursos vinculados ao CREA.



Em 2011, iniciou o mestrado em Gestão de Redes Telecomunicações na Pontifícia Universidade Católica de Campinas, tendo concluído em dezembro de 2012. Seu projeto estava contido na linha de pesquisa de Eficiência Energética e tinha como tema “Utilização da frequência de 915 MHz para monitoramento e supervisão de isoladores poliméricos classe de tensão de 500 kV”. Atualmente é engenheiro de desenvolvimento na Indústria Eletromecânica Balestro Ltda e está cursando Projetos Mecânicos na Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo “Arthur de Azevedo” (FATEC – MOGI MIRIM).