

Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Ciências e Tecnologia
Coordenação de Estágios do DEE

Relatório de Estágio Supervisionado

Estudo sobre Geração de Interferência Eletromagnética por
Isoladores de Alta Tensão

Trabalho apresentado por: Ellayne Medeiros da Silva

Local de Estágio: LAT/LEMA – DEE – UFCG

Campina Grande – Paraíba
Fevereiro/2004



Biblioteca Setorial do CDSA. Março de 2021.

Sumé - PB

Agradecimentos:

Agradecimento especial a UFCG pelos anos de ensino de qualidade que recebi. Como ser uma engenheira e não reconhecer tudo que meu curso me proporcionou? Aqui passei muitos anos de continuo aperfeiçoamento profissional e também de aprendizado para toda a vida.

Temos que ressaltar a grande colaboração dos Professores Edson Guedes/LAT-DEE e o Professor Rômulo Valle/LEMA-DEE na operacionalização do estágio.

A Orientação e entusiasmo do professor Glauco Fontgalland.

A empresa Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF) pelo acompanhamento e empréstimo do equipamento de termovisão e ao operador, também funcionário da Chesf.

Agradecimento especial também merece a Escola Técnica Redentorista (ETER) que nos emprestou o analisador de espectro que foi fundamental para todos os estudos desenvolvidos neste estágio.

Os colaboradores: José Maurício(doutorado/DEE-UFCG), Max Néri (mestrado/DEE-UFCG), Ronimack Trajano (mestrado/DEE-UFCG) a todos os funcionários dos laboratórios envolvidos e a todos que de maneira direta ou indireta contribuíram para o êxito do meu estágio supervisionado.

Sumário

Introdução	1
Capítulo 1 – Locais de Realização do Estágio	4
1.1 – Laboratório de Alta Tensão – LAT	4
1.2 – Laboratório de Eletromagnetismo e Microondas Aplicados - LEMA	6
Capítulo 2 – Atividades Realizadas	8
2.1 – Diretrizes básicas das atividades	8
2.2 – Experimento com isoladores limpos	8
2.2.1 – Ensaio A	9
2.2.2 – Ensaio B	15
2.2.3 – Ensaio C	27
2.3 – Experimento com Isoladores poluídos artificialmente e sob neblina	37
Conclusões	48
Anexo A - Testes de isoladores de alta tensão poluídos artificialmente usados em sistema A. C.	50
Anexo B - Resumo das Normas de Compatibilidade Eletromagnética para sistemas eletrônicos	58
Bibliografia Consultada	62

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Referência dos isoladores utilizados nos experimentos	10
Tabela 2 - Medidas referentes ao ensaio A	12
Tabela 3 – medidas referentes ao ensaio B	17
Tabela 4 – medidas referentes ao ensaio C	28
Tabela 5 - Caracterização das classes de poluição - de acordo com EPRI (1975).	39
Tabela 6 - Valores escolhidos para elaboração das soluções	39

Lista de Figuras

Fig.1	Foto do salão do laboratório de alta tensão	5
Fig.2	Representação da antena A	9
Fig.3	Fluxograma dos procedimentos experimentais adotados no ensaio A	10
Fig.4	Faixa Larga 20 a 100 MHz desenergizado	13
Fig.5	Faixa Larga (20 a 100 MHz) com 31,2 kV	13
Fig.6	Representação da antena B	15
Fig.7	Fluxograma dos procedimentos experimentais adotados no ensaio B	16
Fig.8	Faixa 1 (100 a 125 MHz) desenergizado	17
Fig.9	Faixa 2 (125 a 150 MHz) desenergizado	18
Fig.10	Faixa 3 (150 a 175 MHz) desenergizado	18
Fig.11	Faixa 4 (175 a 200 MHz) desenergizado	18
Fig.12	Faixa 5 (200 a 225 MHz) desenergizado	19
Fig.13	Faixa 6 (225 a 250 MHz) desenergizado	19
Fig.14	Faixa 7 (250 a 275 MHz) desenergizado	19
Fig.15	Faixa 8 (275 a 300 MHz) desenergizado	20
Fig.16	Faixa 1 (100 a 125 MHz) com 25 kV	20
Fig.17	Faixa 2 (125 a 150 MHz) com 25 kV	20
Fig.18	Faixa 3 (150 a 175 MHz) com 25 kV	21
Fig.19	Faixa 4 (175 a 200 MHz) com 25 kV	21
Fig.20	Faixa 5 (200 a 225 MHz) com 25 kV	21
Fig.21	Faixa 6 (225 a 250 MHz) com 25 kV	22
Fig.22	Faixa 7 (250 a 275 MHz) com 25 kV	22

Fig.23	Faixa 8 (275 a 300 MHz) com 25 kV	22
Fig.24	Faixa 1 com 31,6 kV	23
Fig.25	Faixa 2 com 31,6 kV	23
Fig.26	Faixa 3 com 31,6 kV	23
Fig.27	Faixa 4 com 31,6 kV	24
Fig.28	Faixa 5 com 31,6 kV	24
Fig.29	Faixa 6 com 31,6 kV	24
Fig.30	Faixa 7 com 31,6 kV	25
Fig.31	Faixa 8 com 31,6 kV	25
Fig.32	Fluxograma dos procedimentos experimentais adotados no ensaio C	27
Fig.33	Faixa larga (300 a 900 MHz) desenergizado	28
Fig.34	Faixa 1 (300 a 360 MHz) desenergizado	29
Fig.35	Faixa 2 (360 a 420 MHz) desenergizado	29
Fig.36	Faixa 3 (420 a 480 MHz) desenergizado	29
Fig.37	Faixa 4 (480 a 540 MHz) desenergizado	30
Fig.38	Faixa 5 (540 a 600 MHz) desenergizado	30
Fig.39	Faixa 6 (600 a 660 MHz) desenergizado	30
Fig.40	Faixa 7 (660 a 720 MHz) desenergizado	31
Fig.41	Faixa 8 (720 a 780 MHz) desenergizado	31
Fig.42	Faixa 9 (780 a 840 MHz) desenergizado	31
Fig.43	Faixa 10 (840 a 900 MHz) desenergizado	32
Fig.44	Faixa larga (300 a 900 MHz) com 31,2 kV	32
Fig.45	Faixa 1 com 31,2 kV	32
Fig.46	Faixa 2 com 31,2 kV	33
Fig.47	Faixa 3 com 31,2 kV	33

Fig.48	Faixa 4 com 31,2 kV	33
Fig.49	Faixa 5 com 31,2 kV	34
Fig.50	Faixa 6 com 31,2 kV	34
Fig.51	Faixa 7 com 31,2 kV	34
Fig.52	Faixa 8 com 31,2 kV	35
Fig.53	Faixa 9 com 31,2 kV	35
Fig.54	Faixa 10 com 31,2 kV	35
Fig.55	Isolador com grau A de poluição a ser ensaiado	40
Fig.56	Câmara de névoa montada e suspensa	41
Fig.57	Espectro com amostra completamente limpa a 14 kV	42
Fig.58	Espectro com poluição tipo A	43
Fig.59	Espectro com poluição tipo B	43
Fig.60	Espectro com poluição tipo B instante 2	44
Fig.61	Espectro com poluição tipo B'	44
Fig.62	Espectro com poluição tipo B' instante 2	45
Fig.63	Espectro com poluição tipo C	45
Fig.64	Espectro com poluição tipo C instante 2	46
Fig.65	Espectro com poluição tipo D	46

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Introdução

Dentro do universo da engenharia e mais especificamente de Engenharia Elétrica as evoluções tecnológicas têm ocorrido em um ritmo bastante acelerado. Num curto período de tempo surgem novos equipamentos, desenvolvem-se novos materiais para atualização dos equipamentos existentes e criam-se novas aplicações. Todas essas mudanças requerem um acompanhamento atuante do engenheiro para poder manter o nível de exigência do mercado de trabalho em engenharia.

O estágio tem como principais objetivos:

- Compreender o efeito Corona em cadeia de isoladores, analisar o papel do Corona quanto a interferência eletromagnética e estudar suas possíveis conseqüências no problema de emissão irradiada.
- Agregar conhecimento interdisciplinar envolvendo conhecimentos das disciplinas de materiais elétricos e equipamentos elétricos de alta tensão e a teoria de eletromagnetismo, mais especificamente ligadas à disciplina de compatibilidade e interferência eletromagnética.
- Identificar o Ruído eletromagnético gerado pelo Efeito Corona relacionando os níveis de tensão e o surgimento de freqüências espúrias. Realizar um estudo em uma ampla faixa de freqüência.
- Correlacionar os níveis de ruído eletromagnético aos níveis de poluição dos isoladores através da utilização de 5 níveis pré-definidos de poluição salina.
- Cumprir com os requisitos necessários para a conclusão do curso de Engenharia Elétrica.

Com vistas ao conhecimento e estudo mais detalhado de um dos principais fenômenos naturais, conhecido como Efeito Corona, é que foram desenvolvidas minhas atividades experimentais.

O Efeito Corona simplifadamente poderia ser descrito como o surgimento de descargas elétricas entre parte de um sistema elétrico sob diferença de potencial. (www.altatensao2001.hpg.ig.com.br/corona.htm)

A definição mais formal é a seguinte: Efeito corona é a formação de descargas em torno de um elemento energizado, como conseqüência da solitação dielétrica do ar, a gradientes superiores a um valor crítico, sendo que para o ar o valor está em torno de 30kV/cm. (www.altatensao2001.hpg.ig.com.br/corona.htm)

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

O efeito Corona aparece na superfície dos condutores de uma linha aérea de transmissão quando o valor do gradiente de potencial aí existente excede o valor do gradiente crítico disruptivo do ar. Uma série de condições controla essa tensão disruptiva, tais como a pressão do ar, a presença do vapor d'água, o tipo de tensão aplicada e a fotoionização incidente. No campo não uniforme em torno de um condutor, a divergência do campo exerce influência adicional, e qualquer partícula contaminadora, como poeira, por exemplo, transforma-se em fonte pontual de descargas.

No caso dos sistemas de transmissão e distribuição de energia, toda a energia liberada ou irradiada pelo efeito Corona é fornecida pelo campo elétrico da linha, portanto, do sistema alimentador, para o qual representa perda de energia, por conseguinte, prejuízo. Essas perdas e suas conseqüências econômicas tem sido objeto de pesquisas e estudos há mais de um século, não obstante, só recentemente se alcançaram meios que permitem determinar, com razoável segurança, qual o desempenho que se poderá esperar para as diversas soluções possíveis para uma linha de transmissão, no que diz respeito a essas perdas. Constatou-se, por exemplo, que as perdas por corona em linhas em tensões extra-elevadas podem variar de alguns quilowatts por quilometro até algumas centenas de quilowatts por quilometro, sob condições adversas de chuva ou garoa. As perdas médias, como se verificou, podem constituir apenas pequenas partes das perdas por efeito joule, porém as perdas máximas podem ter influência significativa nas demandas dos sistemas, pois a capacidade geradora para atender a essa demanda adicional deverá ser prevista ou a diferença de energia importada.

São significativos os valores obtidos em medições realizadas na Rússia em linhas de 500 KV. Mediram-se perdas médias anuais da ordem de 12 kW/km de linha trifásica, com tempo bom, perdas máximas da ordem de 313 kW/km sob chuva e 374 kW/km sob garoa. (www.altatensao2001.hpg.ig.com.br/corona.htm)

Eflúvios de corona também ocorrem em outros componentes das linhas, tais como ferragens e isoladores. Ferragens defeituosas, pinos e contrapinos mal-ajustados ou soltos podem igualmente gerar pulsos eletromagnéticos.

Apresentados os fatos torna-se evidente a necessidade de estudos detalhados e criteriosos do efeito corona e seus desdobramentos, para buscar soluções adequadas para eliminar ou minorar os problemas decorrentes do efeito Corona nos sistemas de transmissão e distribuição.

Foram desenvolvidas as atividades experimentais durante o estágio para buscar cumprir os objetivos anteriormente mencionados.

Será apresentada no capítulo 1, uma descrição sintética de cada um dos laboratórios onde foram desenvolvidas as atividades de consulta e as experimentações durante o estágio.

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Em seguida, no capítulo 2 são apresentadas de maneira detalhada todas as atividades que foram propostas e realizadas no decorrer do estágio incluindo-se os materiais utilizados, a metodologia, os resultados obtidos e as conclusões.

Estão incorporados a conclusão uma recapitulação das conclusões parciais e a síntese dos resultados. No capítulo também são apresentadas as sugestões para trabalhos posteriores.

Os apêndices A e B trazem um resumo das normas referentes aos ensaios com isoladores artificialmente poluídos e as medições de interferência eletromagnética.

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Capítulo 1 - Apresentação dos Laboratórios

O capítulo apresenta os dois laboratórios onde foram desenvolvidas as atividades do estágio.

1.1 LAT – Laboratório de Alta Tensão.

O LAT é um laboratório de pesquisa e ensino ligado ao Grupo de Sistemas Elétricos (GSE) do Departamento de Engenharia Elétrica (DEE) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

O Grupo de Sistemas Elétricos GSE é o resultado da fusão dos antigos grupos de Sistemas de Potência e Alta Tensão, ocorrida no início do ano 2000. A fusão dos dois grupos resultou na incorporação de novas linhas de pesquisa, além da consolidação e fortalecimento das linhas de pesquisa existentes.

O GSE tem como finalidade básica o desenvolvimento de atividades de ensino, pesquisa e extensão relacionadas à ênfase eletrotécnica, e conta com a seguinte infra-estrutura:

Laboratório de Alta Tensão;
Laboratório de Sistemas de Potência;
Laboratório de Materiais Elétricos;
Laboratório de Instalações Elétricas;
Laboratório de Equipamentos Elétricos;
Laboratório de Descargas Parciais.

As linhas de pesquisa do GSE são:

Análise de sistemas de potência;
Dinâmica e controle de sistemas de potência;
Dinâmica de mercado em sistemas de potência;
Qualidade da energia;
Transitórios eletromagnéticos;
Fluxo de harmônicos;
Equipamentos e técnicas de alta tensão;
Cálculo de campos eletromagnéticos.

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

O Laboratório de Alta Tensão – LAT

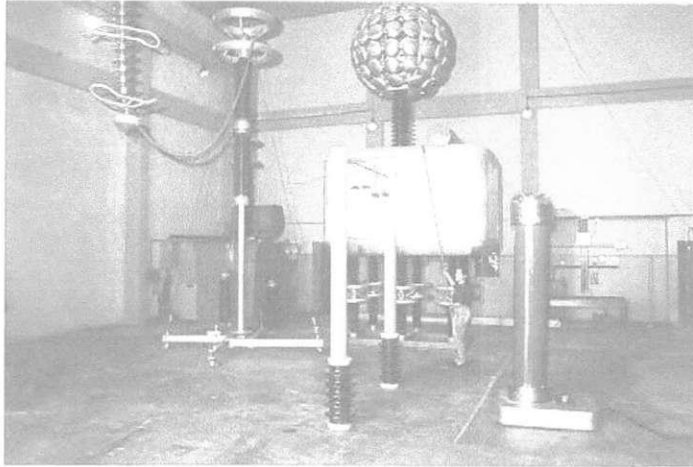


Figura 1 –Foto do salão do laboratório de alta tensão

O Laboratório de Alta Tensão (LAT) começou a ser implantado em 1974, graças a uma associação de recursos nacionais com os de algumas cooperações técnicas internacionais. Hoje, é na sua especialidade, o laboratório melhor equipado do Norte-Nordeste do país, com uma área construída de 1050 m².

O LAT possui equipamentos sofisticados, cujos valores ultrapassam três milhões de dólares e um corpo técnico formado por docentes-pesquisadores, engenheiros e técnicos dos mais qualificados e experientes.

Nos últimos 25 anos, foi realizado um grande número de ensaios elétricos, de recebimentos e pós-reparos eletromecânicos, além de apoio às pesquisas de desenvolvimento de equipamentos. Várias empresas da região Nordeste, a exemplo da CHESF, PETROBRÁS, CELB, SAELPA, CEAL, JPW, CEMEC, ALCACE, entre outras, têm solicitado os serviços do LAT.

Atualmente o LAT é composto pelos seguintes ambientes de laboratório:

- Sala do Laboratório de Materiais Elétricos;
- Salão de Alta Tensão;
- Sala do Gerador de Impulso de Corrente;
- Sala do Kit de Alta Tensão;
- Sala do Laboratório de Descargas Parciais;
- Sala do Laboratório de Instalações Elétricas.

Dentre os equipamentos mais importantes do LAT, estão:
Transformadores de potencial ligados em cascata que permitem a geração de até 600 kV, em corrente alternada;

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Gerador de impulsos de alta tensão, 700 kV e 36 kJ.
Gerador de impulsos de alta corrente, 160 kA, 100 kV, onda 8/20 μ s;
Kit didático para alta tensão, 100 kV;
Digitalizador de formas de onda;
Detector de descargas parciais;
Ponte Schering e capacitores padrão.

O LAT está localizado no bloco CF, sob a coordenação do professor Genoilton Carvalho Almeida.

1.2 LEMA – Laboratório de Eletromagnetismo e Microondas Aplicados.

O núcleo inicial do LEMA foi constituído em 1970, tendo o Laboratório participado, ao longo dos anos, de cooperações internacionais como as promovidas pelo Conselho Britânico e pela CIDA (cooperação canadense). Através desses convênios, foram adquiridos equipamentos de grande importância para o trabalho desenvolvido no Laboratório, o que possibilitou ao LEMA, há mais de vinte anos, uma realização pioneira: o projeto e construção do primeiro forno a microondas do Brasil. Mas recentemente, o LEMA mantém estreito relacionamento com o ENSEEIHT na França através do convênio CAPES/COFECUB.

Atualmente, são três as linhas de pesquisa do LEMA:

- a) Uso de métodos numéricos para a solução de problemas eletromagnéticos de valor inicial e/ou de contorno;
- b) Estruturas planares (ativas e passivas) de microondas, objetivando a construção de dispositivos como antenas, osciladores, filtros, etc;
- c) Aplicações industriais, científicas e médicas de microondas.

Nessas linhas, várias teses de Doutorado, dissertações de Mestrado e projetos de Graduação foram e vêm sendo desenvolvidos.

Em estruturas planares vários protótipos foram construídos, a exemplo de filtros de microondas e outros dispositivos para equipamentos de comunicações. No campo das aplicações médicas já foram desenvolvidos protótipos de aplicadores regionais para hipertermia clínica em microondas, bem como uma fonte a magnetron adequada para esse objetivo. Atualmente, o LEMA mantém parceria com o Hospital Universitário da UFPB visando à utilização das microondas na Medicina, particularmente no combate ao câncer.

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

No Laboratório de Eletromagnetismo e Microondas Aplicados são também realizados experimentos de laboratório das disciplinas de graduação, da ênfase eletromagnetismo (Antenas e Propagação, Engenharia de Microondas, Ondas e Linhas e Estruturas Guiantes) do curso de graduação em Engenharia Elétrica e mais recentemente da disciplina de Compatibilidade e Interferência Eletromagnética. Atualmente está sob a coordenação do professor Rômulo Valle.

O Laboratório de Eletromagnetismo e Microondas Aplicados (LEMA) tem atuado em Extensão, estando habilitado a prestar, entre outros, os seguintes serviços:

1. Manutenção de equipamentos de rádio frequência e de fornos a microondas;
2. Projeto e construção de equipamentos médicos para diatermia e hipertermia;
3. Projeto e construção de fornos a microondas para processamento térmico de materiais industriais e agrícolas;
4. Simulação de processos industriais.

Os serviços oferecidos pelo LEMA têm como clientela potencial as clínicas de fisioterapia e hospitais, indústrias de processamento térmico de materiais dielétricos e agroindústrias (usinas de pasteurização, extração de sucos, etc).

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Capítulo 2 – Atividades Desenvolvidas

O capítulo descreve todas as atividades realizadas no decorrer do estágio.

- Medição de interferência eletromagnética em isoladores de alta tensão em uma ampla faixa de frequência;
- Experimentos com isoladores artificialmente poluídos e sob neblina para análise de interferência eletromagnética.

2.1 Diretrizes Básicas das Atividades

Faz-se necessário à devida caracterização das diretrizes básicas que orientaram as atividades executadas no estágio.

Essas diretrizes tomaram como base as normas existentes sobre ensaios de interferência eletromagnética, normas para preparação e ensaio de isoladores poluídos artificialmente e normas para ensaio de isoladores em condição de neblina. Um resumo destas normas pode ser encontrado nos apêndice A e B do relatório.

Buscou-se ao máximo o atendimento as normas pertinentes no decorrer das atividades experimentais. Entretanto houve ocasiões onde a observância das normas era demasiadamente trabalhosa durante a execução dos experimentos ou realmente impraticáveis. Sendo assim, será mencionado ao longo do texto onde as normas não foram contempladas e as soluções de compromisso encontradas pela equipe de trabalho envolvida.

2.2 Experimento 1 – Medição de Interferência Eletromagnética (IEM) em Isoladores de alta tensão

O Experimento foi idealizado com o intuito de buscar uma caracterização em frequência do ruído gerado pelo efeito Corona em isoladores de alta tensão.

Foram realizados vários ensaios onde o objetivo era varrer uma ampla faixa de frequência e em diferentes níveis de tensão. De modo a caracterizar a influência da diferença de potencial na geração de interferência eletromagnética.

Devido à complexidade de efetuar medições em uma faixa de frequência tão larga quanto se queria, foram necessários a utilização de três antenas do tipo bicônica.

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Para facilitar a compreensão e análise dos resultados o experimento foi dividido em três etapas:

1. Ensaio A na faixa de frequência de 27 MHz a 110 MHz;
2. Ensaio B na faixa de frequência de 87 MHz a 300 MHz;
3. Ensaio C na faixa de frequência de 300 MHz a 900 MHz.

A seguir são apresentados os materiais, a metodologia, os resultados e a conclusões em cada uma das etapas do experimento.

2.2.1 Ensaio A

Materiais, Equipamentos e Componentes Utilizados

Os seguintes materiais, equipamentos e componentes foram utilizados durante o experimento: Antena Bicônica, isolador de alta tensão, transformador em cascata controlado a partir da Mesa de Controle (LAT), suportes, contatos elétricos, analisador de espectro, cabo coaxial, conectores e microcomputador com placa GPIB de aquisição de dados.

Característica da antena:

Na figura 2 é apresentado um desenho da antena utilizada no experimento.

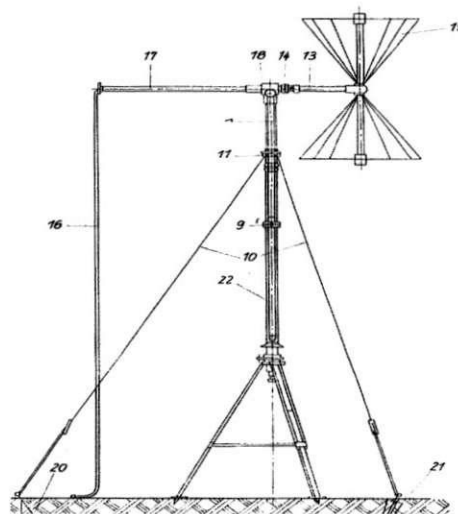


Figura 2 – Representação da antena

Zona de frequência: 27 a 110 MHz;

Característica de irradiação: Apresenta boa aproximação a um dipolo de meia onda;

Valor nominal da resistência: 60 Ω ;

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Incerteza de medição da intensidade do campo ≤ 3 dB;

A seguir é apresentada a Tabela de características do isolador utilizado

Tabela 1 – Referência dos isoladores utilizados nos experimentos

Referência Santana			DI33c33
Distância de escoamento	Mm		320
Ruptura eletromecânica combinada	KN		70
Ruptura ao impacto	Nm		7.0
Carga de ensaio de rotina	KN		35
Perfuração sob óleo	KV		110
Tensão crítica de impulso (1.2 X 50 μ s)	Positiva	KV	120
	Negativa	KV	125
Tensão disruptiva a freqüência industrial	Seco	KV	78
	Sob chuva	KV	45

Característica do aparelho de medição (analisador de espectro):

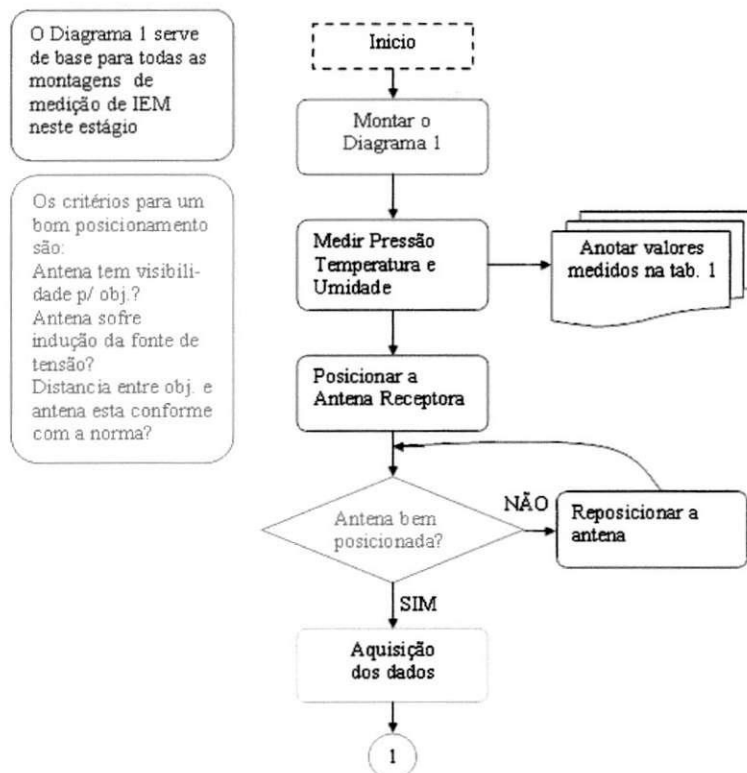
Analisador de espectro Tektronix 2714

Faixa de freqüência: 9 kHz a 1.8 GHz

Impedância de entrada: 75 Ω

Procedimento Experimental:

A Figura 3 apresenta o fluxograma dos procedimentos adotados nos ensaios.



RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

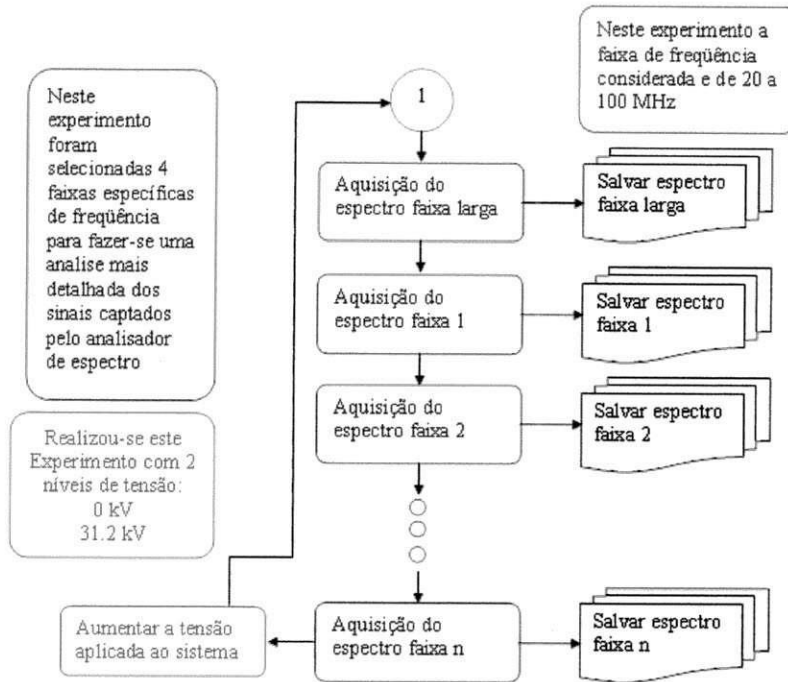


Figura 3 – Fluxograma apresentando os procedimentos experimentais adotados no ensaio A

- O Diagrama 1 é apresentado a seguir;

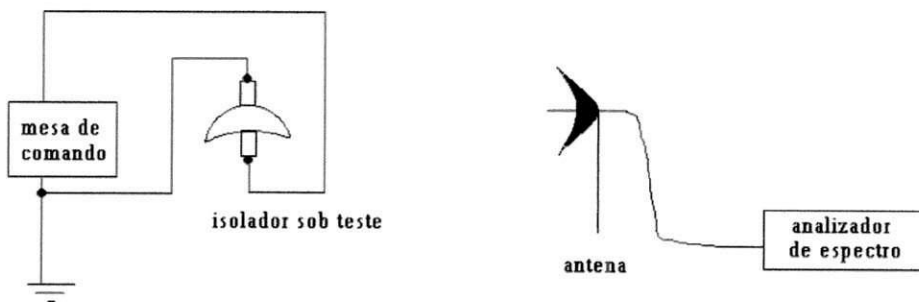


Diagrama 1 – circuito experimental

Observação: o isolador deve estar limpo e seco para a realização do experimento.

O analisador de espectro possui espaço de memória que permite armazenar até 4 (quatro) espectros de frequência, mas por comodidade foi utilizado um programa de aquisição de dados a partir de uma placa GPIB e um microcomputador no laboratório, o que permitiu o armazenamento de quantos dados desejássemos;

Deve-se submeter o isolador a um gradiente de potencial crescente até atingir os valores especificados de tensão sobre o isolador;

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

A seleção da frequência central é feita através de comandos no painel do analisador de espectro de forma manual;

No experimento A, a frequência central selecionada foi de 60 MHz e a escala de Hz/divisão selecionada foi de 8 MHz, de modo a obter-se uma faixa de frequência de 20 MHz a 100 MHz;

O Aumento da tensão aplicada sobre o isolador implica numa intensificação do efeito corona. Efetuamos medidas com o isolador desenergizado e submetido a 31,2 kV. Esse nível de tensão foi escolhido, pois com 31,2 kV o efeito Corona era facilmente percebido devido ao seu ruído audível;

Foram selecionadas as seguintes faixas de frequência no experimento:

- 20 a 40 MHz com freq. central de 30 MHz e Hz/DIV de 2 MHz
- 40 a 60 MHz com freq. central de 50 MHz e Hz/ DIV de 2 MHz
- 60 a 80 MHz com freq. Central de 70 MHz e Hz/DIV de 2 MHz
- 80 a 100 MHz com freq. Central de 90 MHz e Hz/DIV de 2 MHz

Resultados obtidos:

A tabela 2 apresenta os dados referentes as condições normais de temperatura, pressão e umidade do ambiente de medição.

Tabela 2 – Medidas referentes ao ensaio A

Temperatura	Pressão	Umidade Relativa
28°C	960mBar	80%

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Resultados Ensaio A – desenergizado

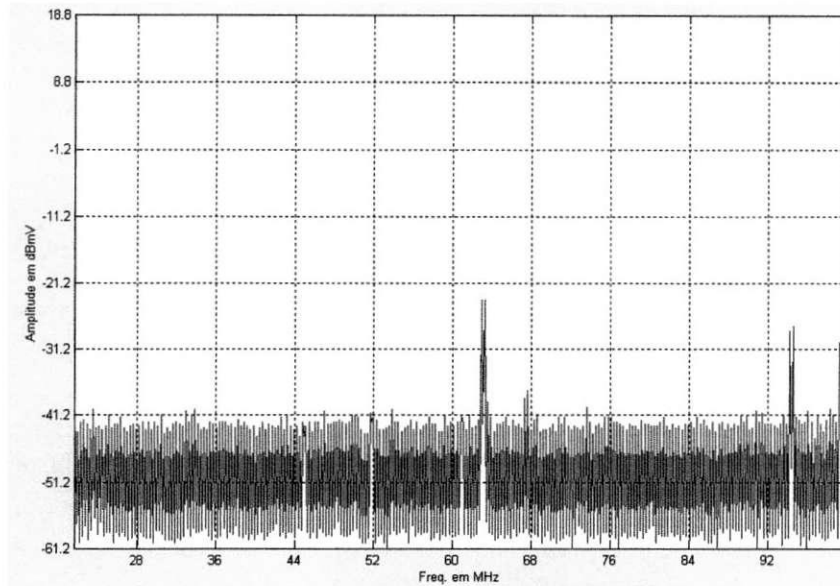


Figura 4 – Faixa Larga 20 a 100 MHz

Resultados Ensaio A energizado com 31,2 kV

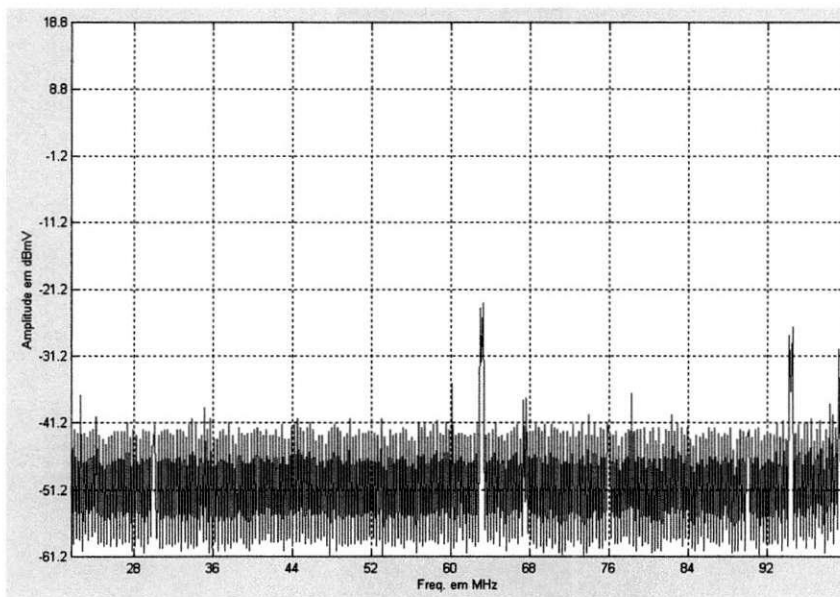


Figura 5 – Faixa Larga (20 a 100 MHz)

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Conclusões:

Foram muitas as dificuldades que envolveram o ensaio, principalmente porque a faixa de frequência considerada foi de 20 a 100 MHz sendo necessário utilizar uma antena de dimensões consideráveis.

Dentro do salão principal do LAT não foi possível realizar as medições devido ao fenômeno de indução. Foi verificado que a antena ficava submetida a uma diferença de potencial em torno de 200 V entre as aletas (ponto 19 na Figura 2) mais próximas, mesmo quando montamos a antena no ponto mais distante da cascata de transformadores.

Montamos então a antena no lado de fora do ambiente do laboratório e com os portões do salão abertos de modo a permitir a visibilidade do isolador. Mas isso trouxe novas dificuldades. Como todas as paredes do laboratório são revestidas, por fora, por placas metálicas, a própria estrutura do laboratório passou a servir de refletor o que ocasionou a geração de medidas que não eram esperadas, como podemos observar através das figuras 4 e 5 onde não fica clara a existência de interferência provocada pelo efeito Corona. Apenas um número reduzido de raios interferentes pode ser percebido.

Como o resultado é bastante inesperado foi sugerido um novo estudo, onde foi possível comprovar que dentro do ambiente do laboratório, fazendo uso da antena B (87 a 300 MHz) a existência de muitos sinais interferentes na faixa de sobreposição, ou seja, entre 87 e 110 MHz e mesmo abaixo desta frequência o que pode indicar que a antena A (27 a 110 MHz) pode não estar fornecendo medidas fidedignas.

Outros ensaios serão realizados com a antena B no ambiente externo do laboratório para maiores esclarecimentos. Os resultados serão apresentados no capítulo das conclusões.

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

2.2.2 Ensaio B

Característica da antena:

Na figura 6 é apresentada uma representação da antena utilizada no experimento.

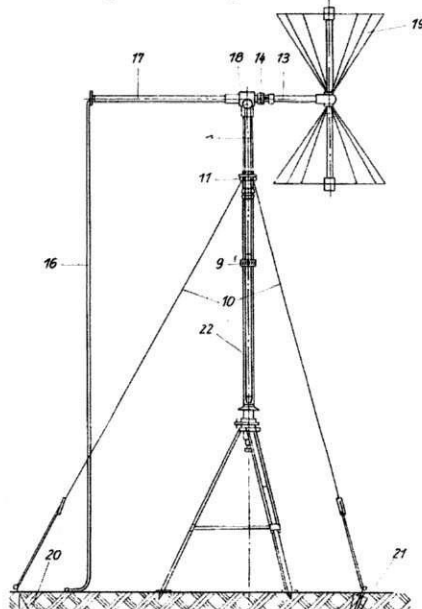


Figura 6 – Representação da antena

Zona de frequência: 87 a 300 MHz;

Característica de irradiação: corresponde boa aproximação de um dipolo de meia onda delgado;

Valor nominal da resistência: 60Ω ;

Incerteza de medição da intensidade do campo ≤ 3 dB;

Características do isolador são as mesmas do ensaio A.

Procedimento experimental:

O experimento toma como base o fluxograma apresentado na Fig 7

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

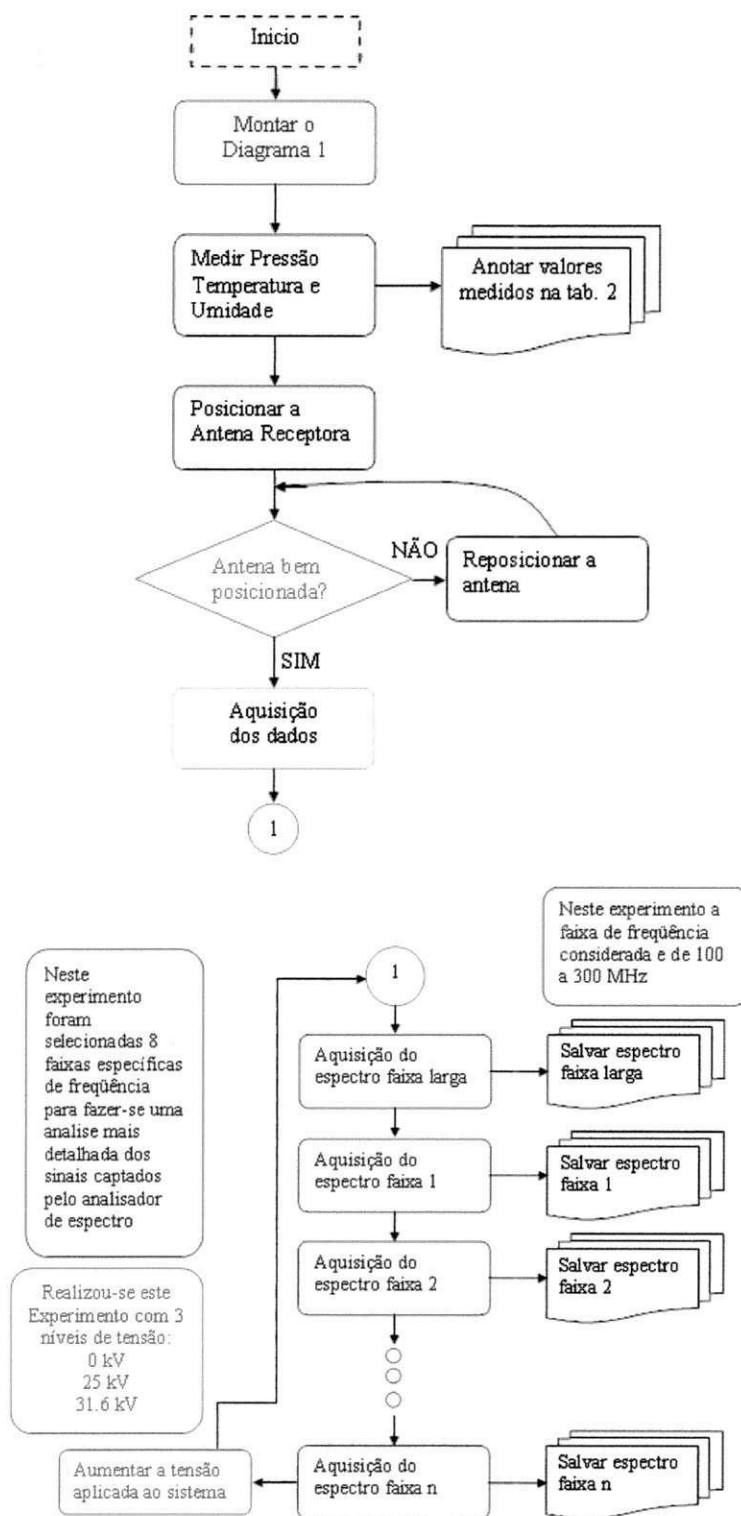


Figura 7 - Fluxograma apresentando os procedimentos experimentais adotados no ensaio B

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Observação: o isolador deve estar limpo e seco para a realização do experimento.

Foram selecionadas as seguintes faixas de freqüência no experimento:

100 a 125 MHz com freq. central de 112.5 e Hz/DIV de 2.5 MHz

125 a 150 MHz com freq. central de 137.5 e Hz/DIV de 2.5 MHz

150 a 175 MHz com freq. central de 162.5 e Hz/DIV de 2.5 MHz

175 a 200 MHz com freq. central de 187.5 MHz e Hz/DIV de 2.5 MHz

200 a 225 MHz com freq. central de 212.5 MHz e Hz/DIV de 2.5 MHz

225 a 250 MHz com freq. central de 237.5 MHz e Hz/DIV de 2.5 MHz

250 a 275 MHz com freq. central de 262.5 MHz e Hz/DIV de 2.5 MHz

275 a 300 MHz com freq. central de 287.5 MHz e Hz/DIV de 2.5 MHz

Posicionar a Antena receptora de modo a minimizar a indução provocada pelo gerador de alta tensão, mas possibilitando a visibilidade do isolador sob to; no ponto a norma especifica que a distância entre o isolador (equipamento emissor de RF) e a antena ojam a uma distancia de 3 m;

Resultados obtidos:

A tabela 3 apresenta os dados referentes as condições normais de temperatura, pressão e umidade do ambiente de medição.

Tabela 3 – medidas referentes ao ensaio B

Temperatura	Pressão	Umidade Relativa
25,5°C	960mBar	80%

Resultados do ensaio B sistema desenergizado

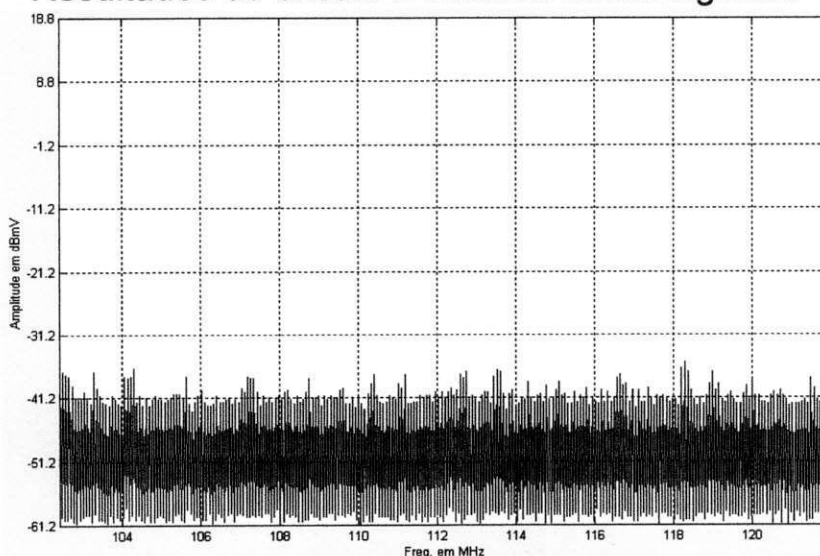


Figura 8 – Faixa 1 (100 a 125 MHz)

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

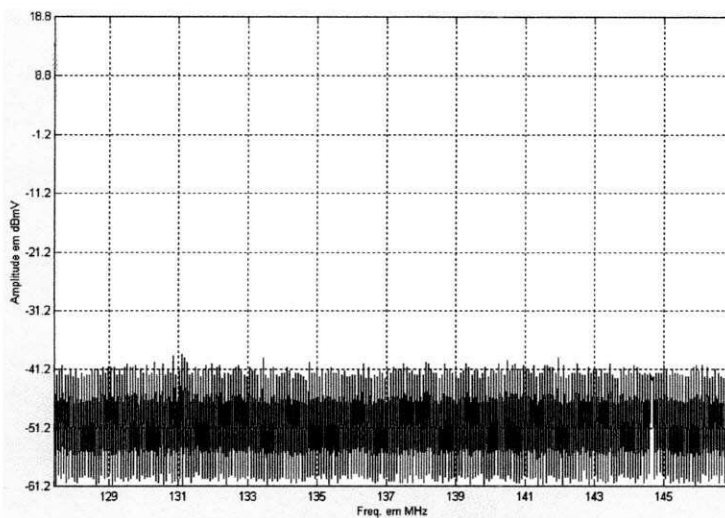


Figura 9 – faixa 2 (125 a 150 MHz)

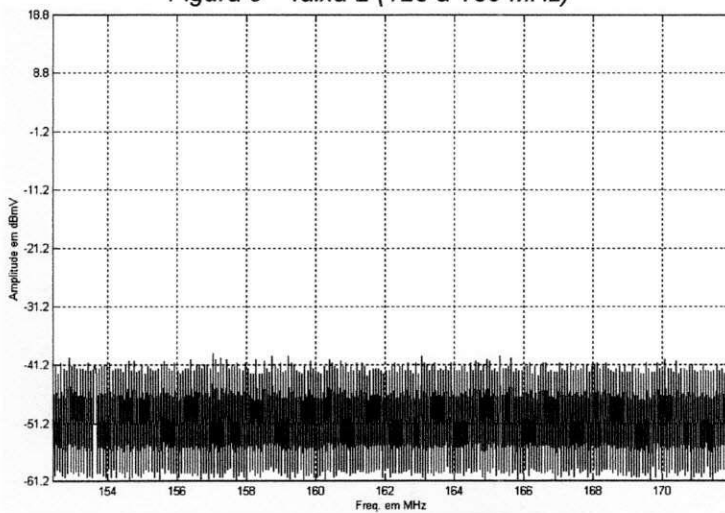


Figura 10 – Faixa 3 (150 a 175 MHz)

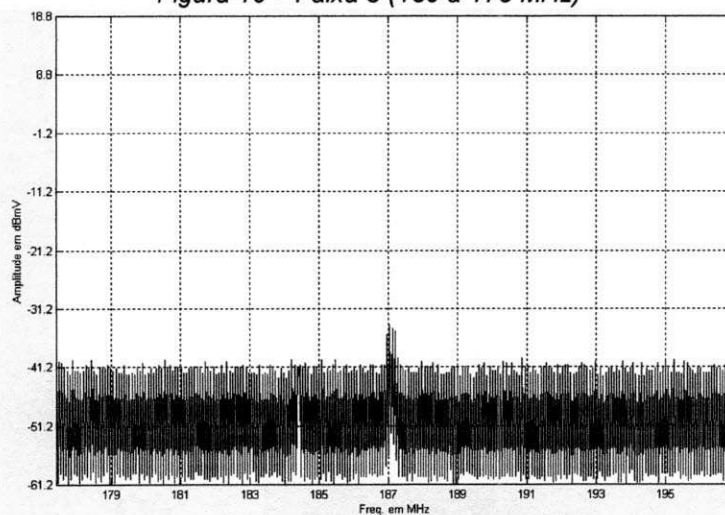


Figura 11 – Faixa 4 (175 a 200 MHz)

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

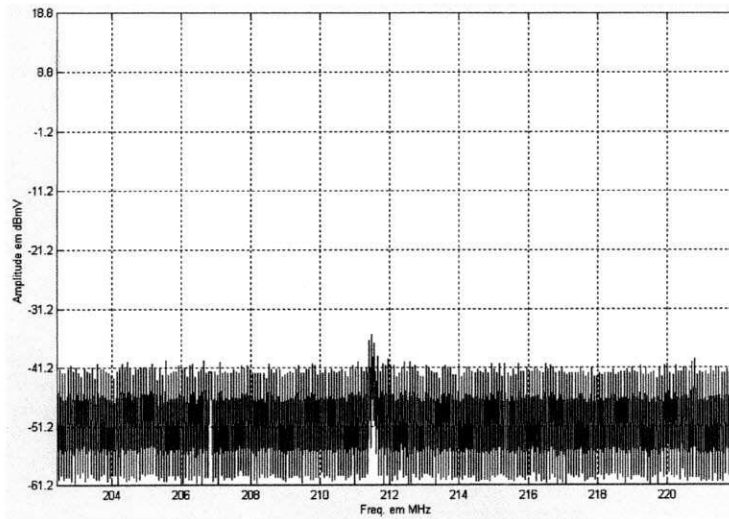


Figura 12 – Faixa 5 (200 a 225 MHz)

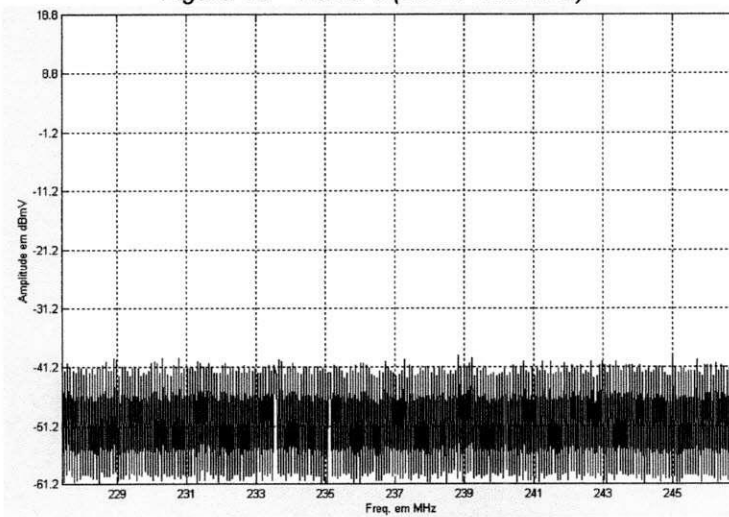


Figura 13 – Faixa 6 (225 a 250 MHz)

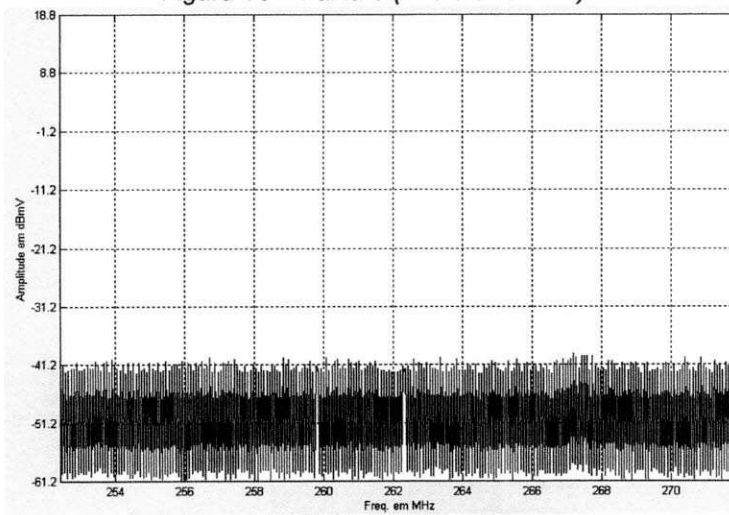


Figura 14 – Faixa 7 (250 a 275 MHz)

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

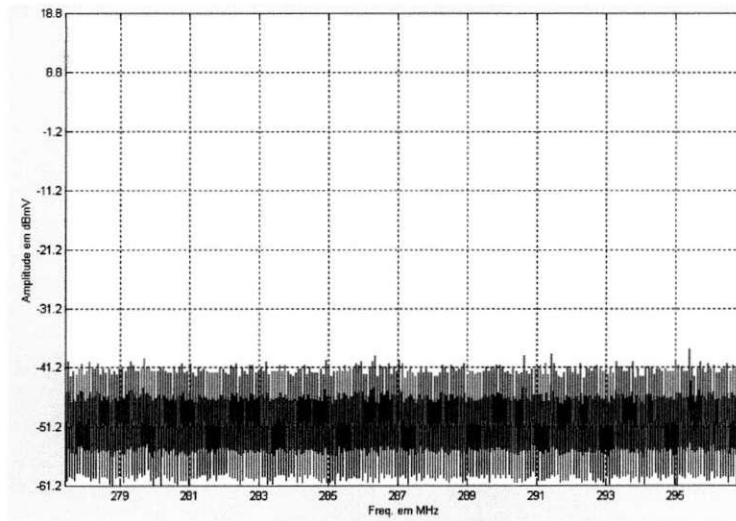


Figura 15 – Faixa 8 (275 a 300 MHz)

Resultados ensaio B sistema energizado com 25 kV

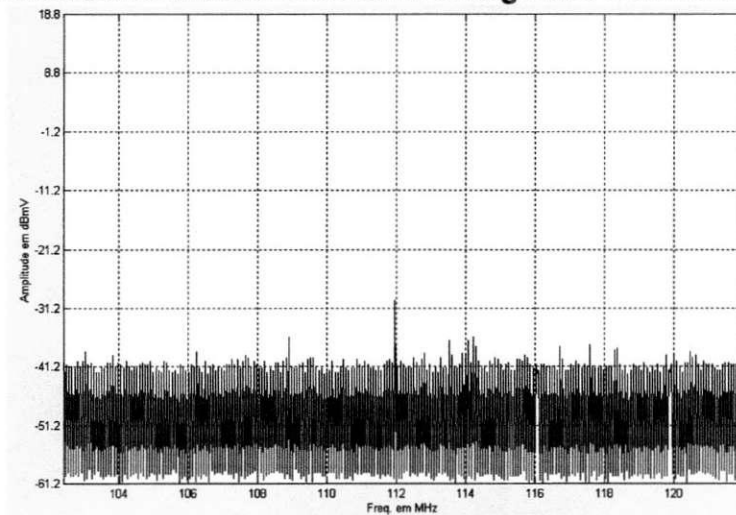


Figura 16 – Faixa 1 (100 a 125 MHz)

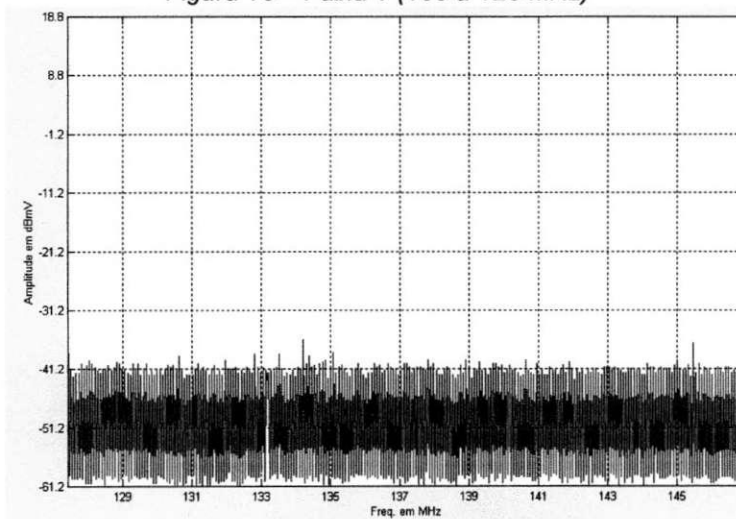


Figura 17- Faixa 2 (125 a 150 MHz)

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

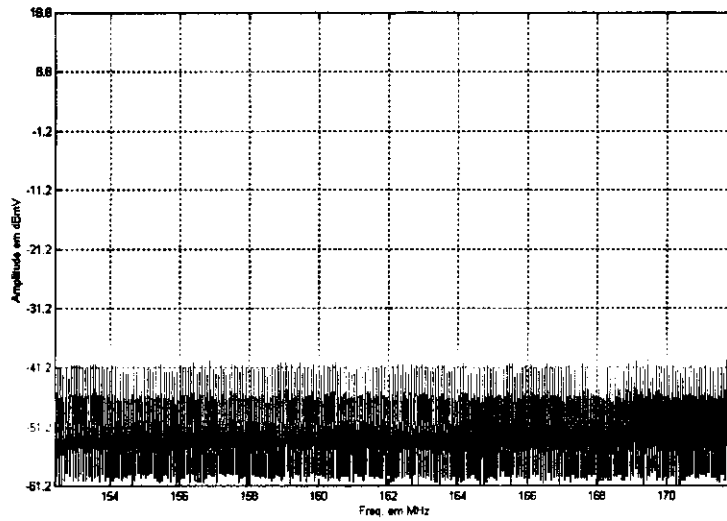


Figura 18 – Faixa 3 (150 a 175 MHz)

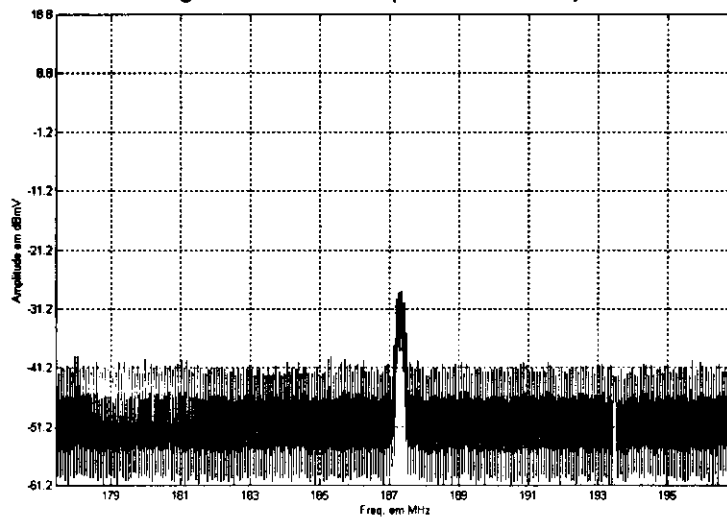


Figura 19 – Faixa 4 (175 a 200 MHz)

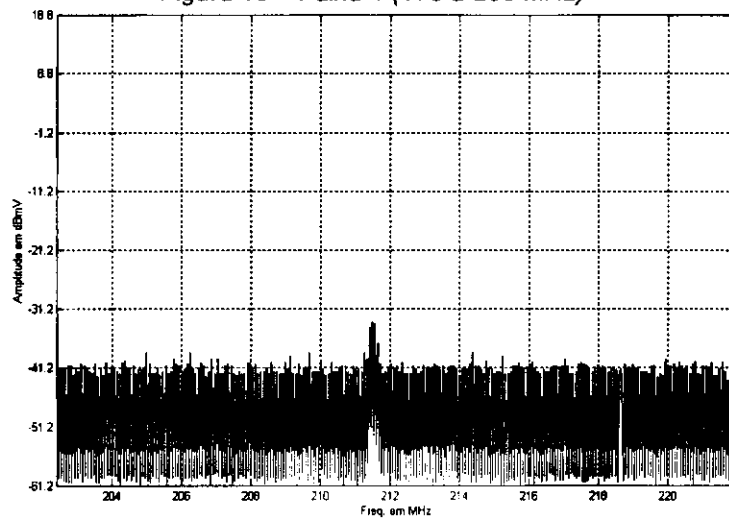


Figura 20 – Faixa 5 (200 a 225 MHz)

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

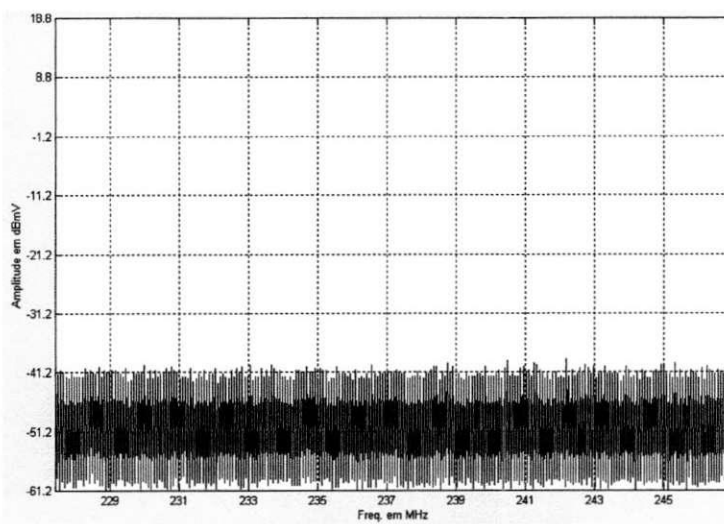


Figura 21 – Faixa 6 (225 a 250 MHz)

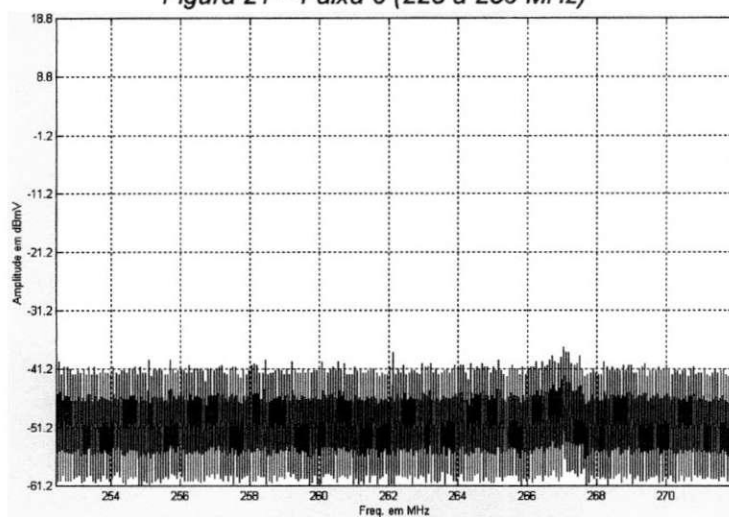


Figura 22 – Faixa 7 (250 a 275 MHz)

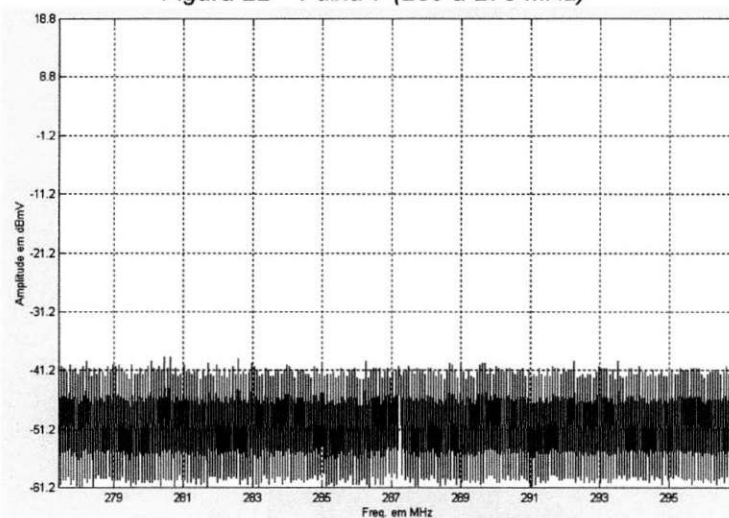


Figura 23 – Faixa 8 (275 a 300 MHz)

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Resultados ensaio B sistema energizado com 31,6 kV

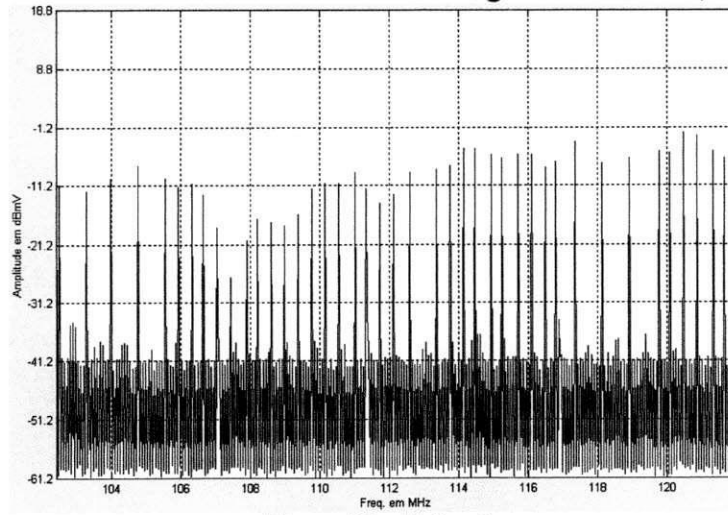


Figura 24 – Faixa 1

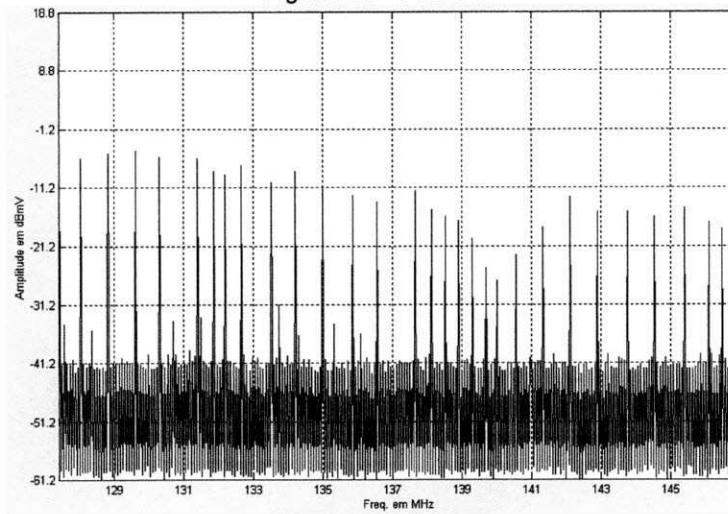


Figura 25 – Faixa 2

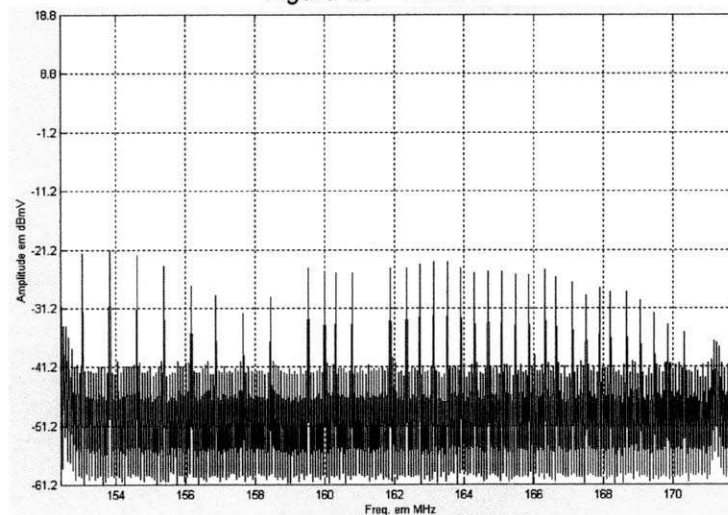


Figura 26 – Faixa 3

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

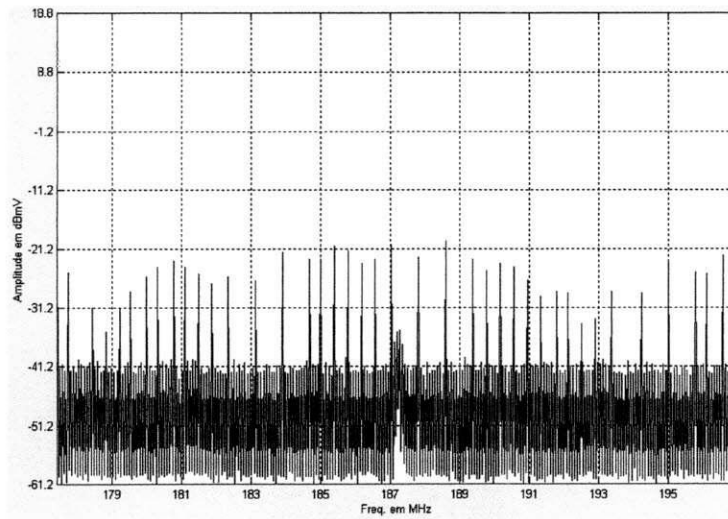


Figura 27 – Faixa 4

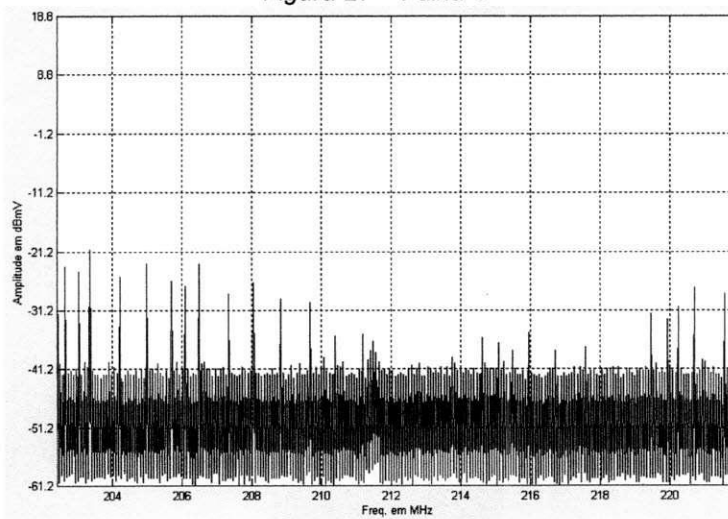


Figura 28 – Faixa 5

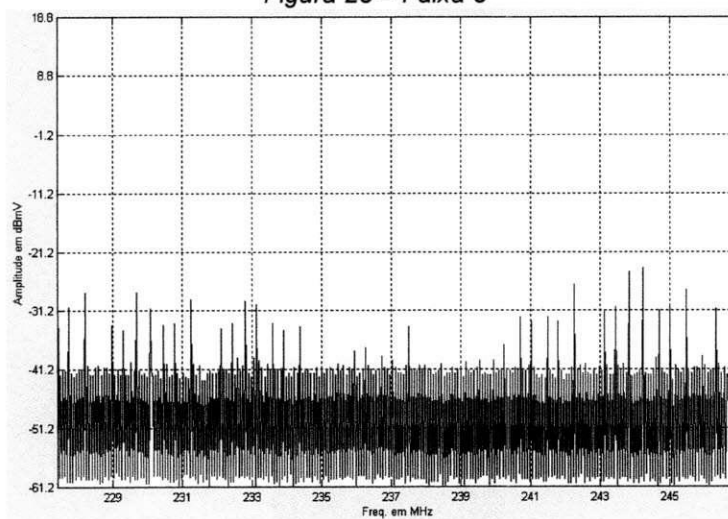


Figura 29 – Faixa 6

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

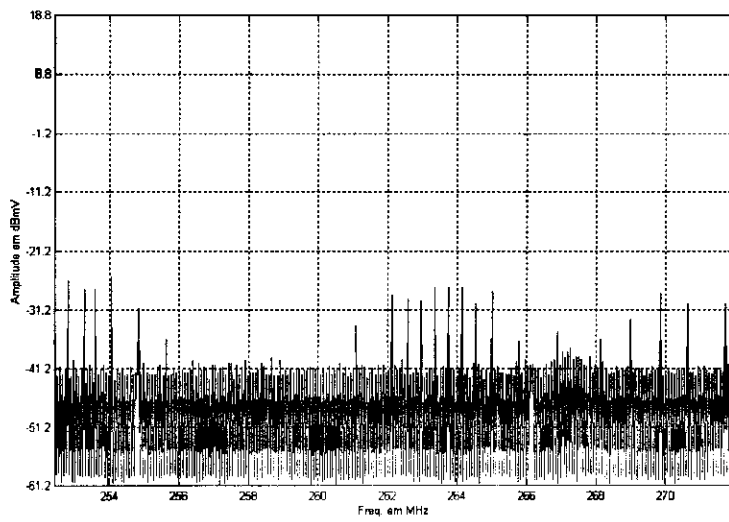


Figura 30 – Faixa 7

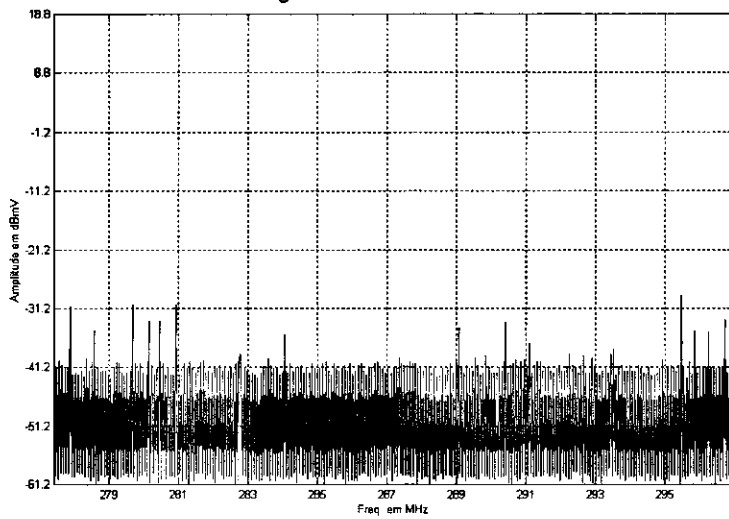


Figura 31 – Faixa 8

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Conclusões:

Com o ensaio foi possível verificar a existência de ruído eletromagnético provocado pelo Efeito Corona em isoladores de alta tensão. Realizada a medição de interferência verificou-se que com o aumento da tensão aplicada ao isolador, esse passou a emitir sinais espúrios em diversas frequências dentro da faixa estudada no ensaio que no caso vai de 100 a 300 MHz.

Com a distância de 3 m chegamos a obter ruído de amplitudes consideráveis como pode ser observado, por exemplo, nas figuras 24 e 25 comparativamente com os resultados desenergizado apresentados nas figuras 16 e 17 que apresenta o mesmo espectro, mas sem tensão aplicada, ou seja, apenas com o ruído pré-existente no local.

Podemos garantir, que embora os trabalhos sobre interferência gerada pelo efeito Corona afirme que existe ruído nas faixas de frequência até 1 MHz fica claro sua existência e importância em faixas bem superiores, como no presente caso.

É importante observar que não aconteceram grandes mudanças no espectro ao aplicar-se 25 kV. A partir de 29 kV começou a tornar-se mais intenso o ruído captado pelo analisador de espectro e também o ruído audível. Paramos de aumentar a tensão em 31.6 kV, mas caso continuássemos a aumentá-la, o conteúdo espectral também aumentaria, já que a cada aumento na tensão apareciam mais raias interferentes. A tensão não continuou a ser aumentada para evitar o risco de uma descarga ocorrer, o que poderia causar danos aos equipamentos. Vale lembrar que o ruído audível a esta altura já era bastante intenso.

Podemos verificar também que a amplitude das raias interferentes diminui com o aumento da frequência tornando-se mais escassas e de menor intensidade nas faixas 7 e 8 em comparação com os espectros das faixas 1 e 2.

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

2.2.3 Ensaio C

Procedimento experimental:

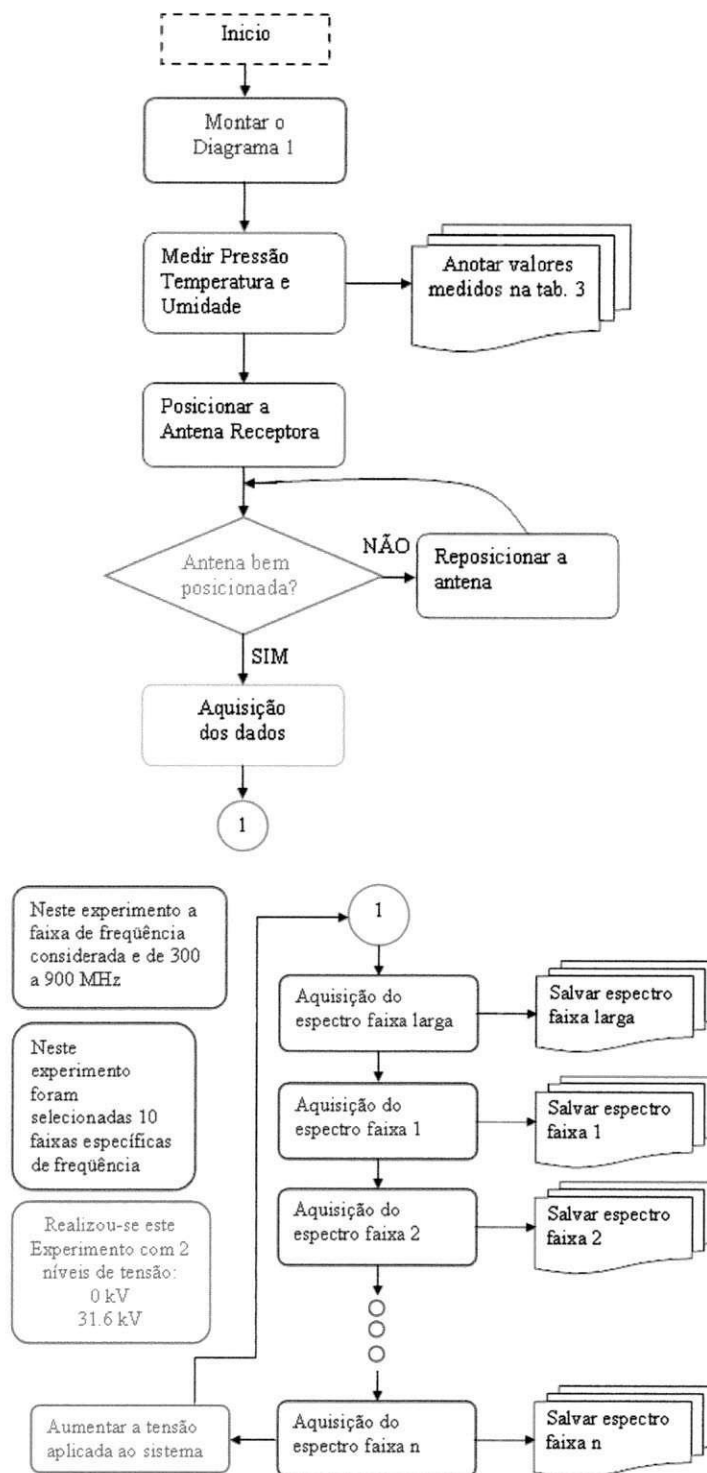


Figura 32 - Fluxograma apresentando os procedimentos experimentais adotados no ensaio C

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

O posicionamento da Antena receptora contemplou a norma. As medições foram realizadas a uma distancia de 3 m.

Foram seleccionadas as seguintes faixas de freqüência no experimento:

- 300 a 360 MHz com freq. central de 330 e Hz/DIV de 6 MHz
- 360 a 420 MHz com freq. central de 390 e Hz/DIV de 6 MHz
- 420 a 480 MHz com freq. central de 450 e Hz/DIV de 6 MHz
- 480 a 540 MHz com freq. central de 510 e Hz/DIV de 6 MHz
- 540 a 600 MHz com freq. central de 570 e Hz/DIV de 6 MHz
- 600 a 660 MHz com freq. central de 630 e Hz/DIV de 6 MHz
- 660 a 720 MHz com freq. central de 690 e Hz/DIV de 6 MHz
- 720 a 780 MHz com freq. central de 750 e Hz/DIV de 6 MHz
- 780 a 840 MHz com freq. central de 810 e Hz/DIV de 6 MHz
- 840 a 900 MHz com freq. central de 870 e Hz/DIV de 6 MHz

Resultados obtidos:

A tabela 4 apresenta os dados referentes as condições normais de temperatura, pressão e umidade do ambiente de medição.

Tabela 4 – medidas referentes ao ensaio B

Temperatura	Pressão	Umidade Relativa
26°C	960mBar	80%

Resultados ensaio C – desenergizado

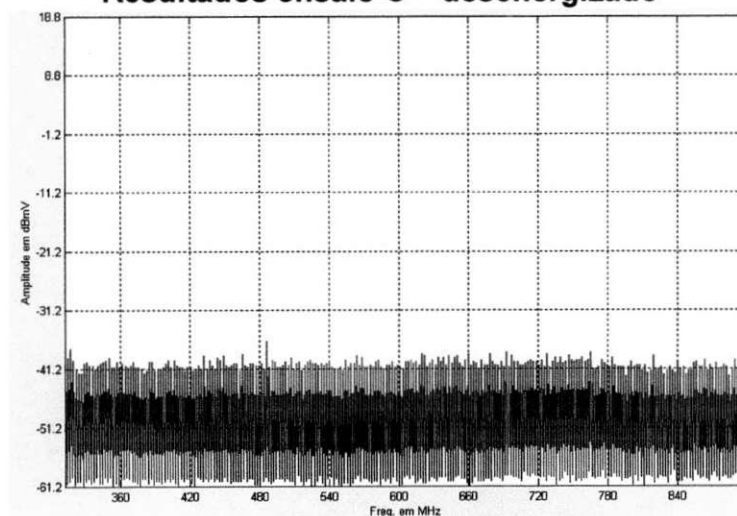


Figura 33 – Faixa larga (300 a 900 MHz)

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

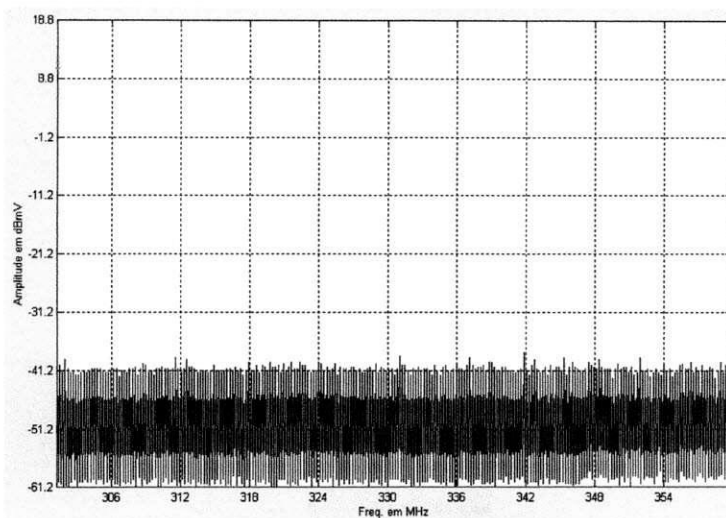


Figura 34 – Faixa 1 (300 a 360 MHz)

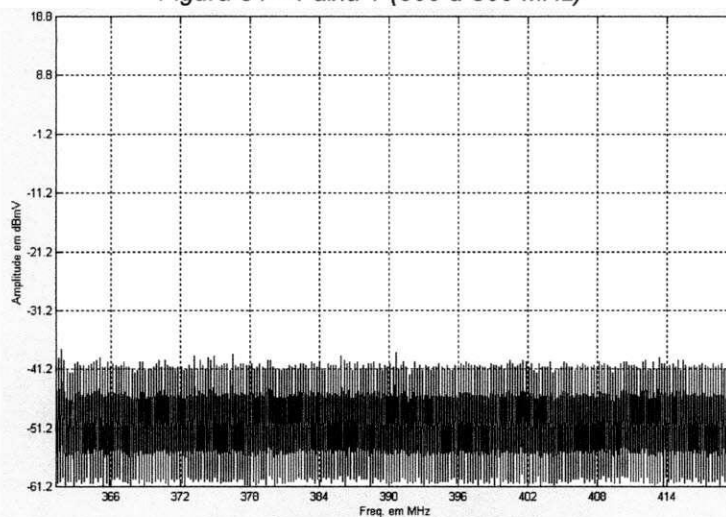


Figura 35 – Faixa 2 – (360 a 420 MHz)

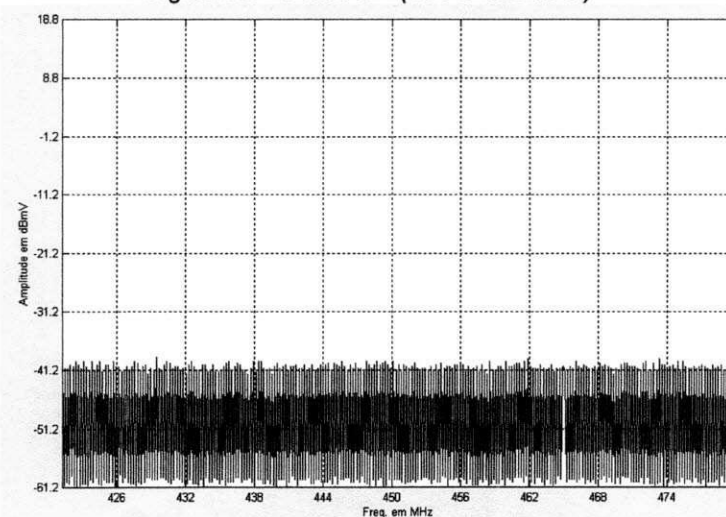


Figura 36 – Faixa 3 (420 a 480 MHz)

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

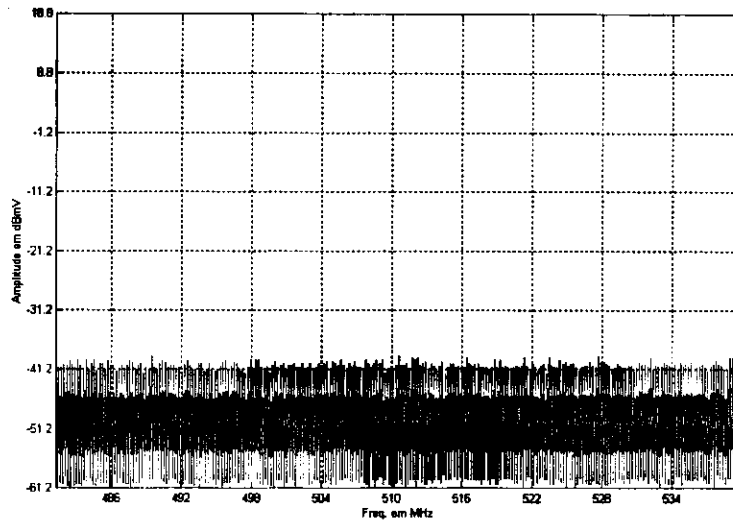


Figura 37 – Faixa 4 (480 a 540 MHz)

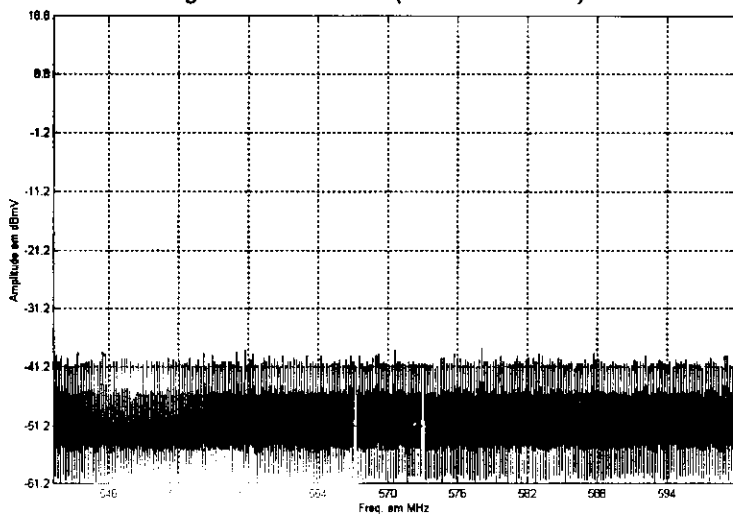


Figura 38 – Faixa 5 (540 a 600 MHz)

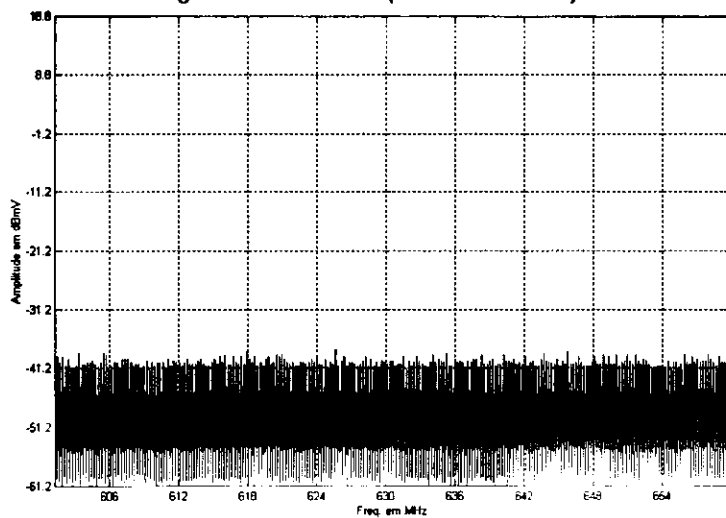


Figura 39 – Faixa 6 (600 a 660 MHz)

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

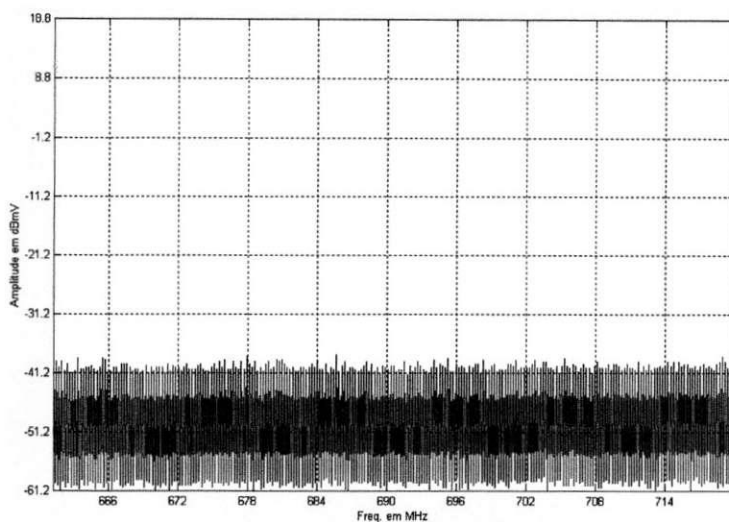


Figura 40 – Faixa 7 (660 a 720 MHz)

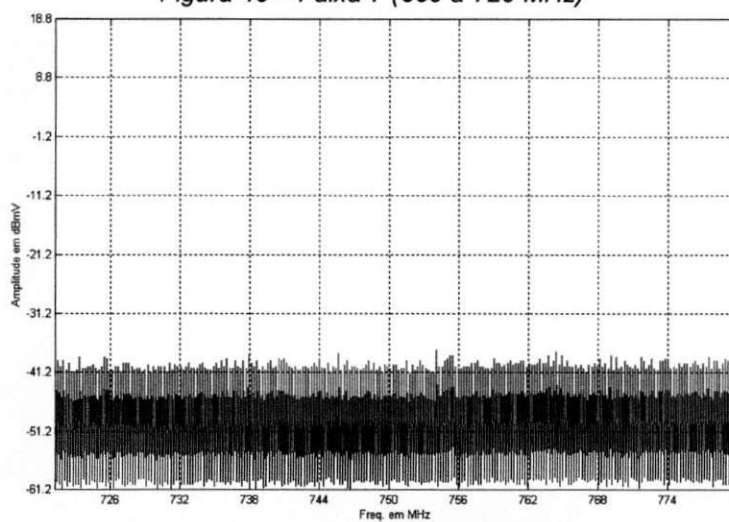


Figura 41 – Faixa 8 (720 a 780 MHz)

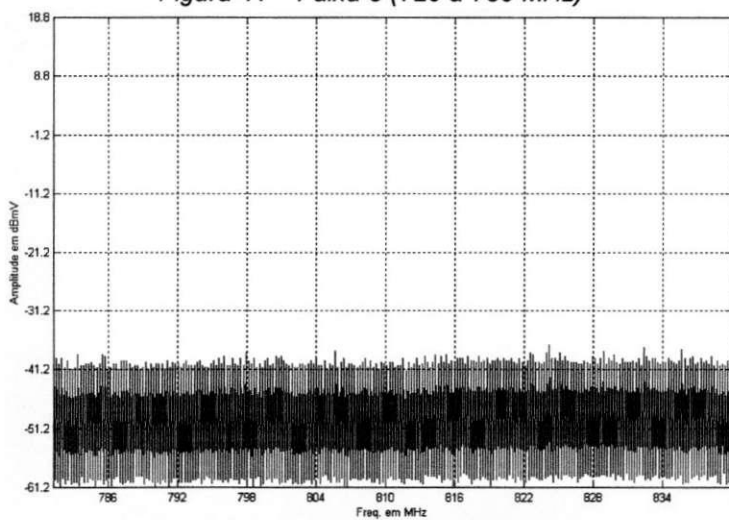


Figura 42 – Faixa 9 (780 a 840 MHz)

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

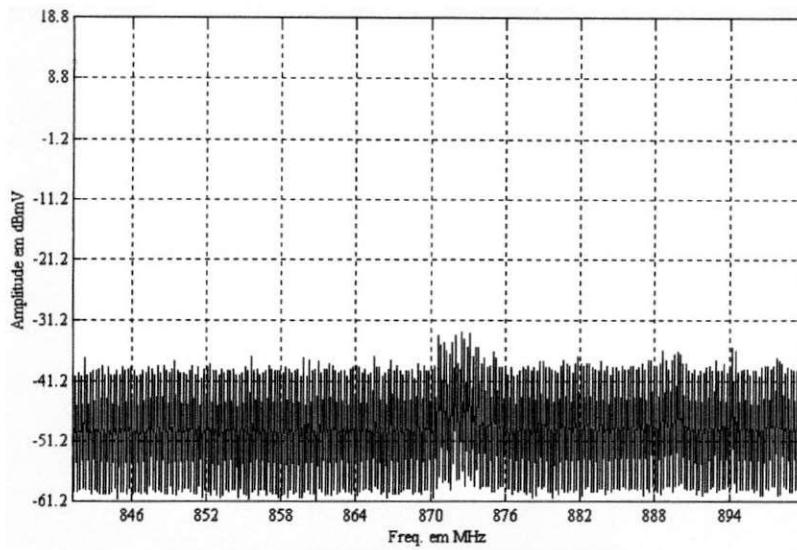


Figura 43 – Faixa 10 (840 a 900 MHz)

Resultados ensaio C energizado com 31,2 kV

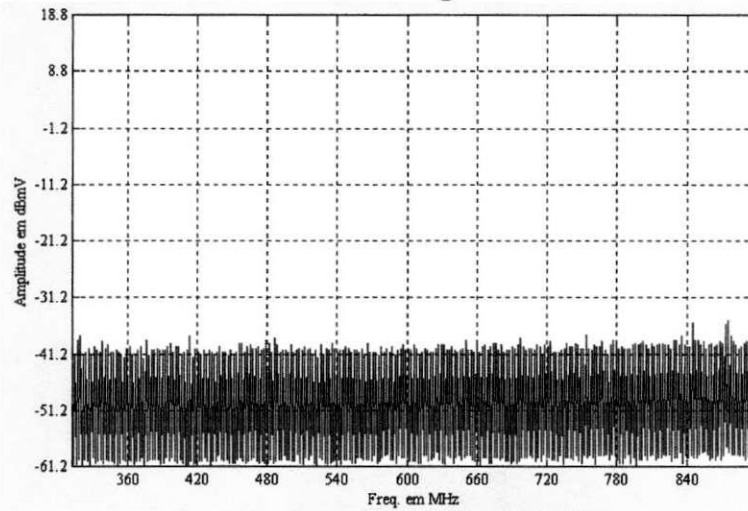
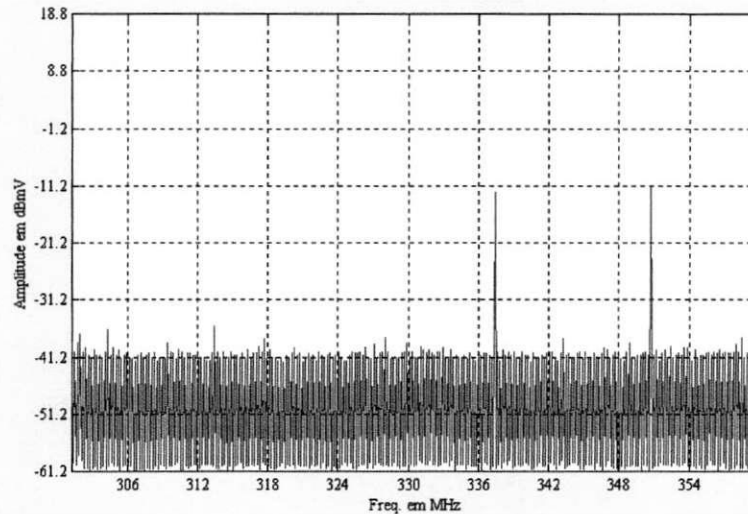


Figura 44 – Faixa larga (300 a 900 MHz)



RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Figura 45 – Faixa 1 (300 a 360 MHz)

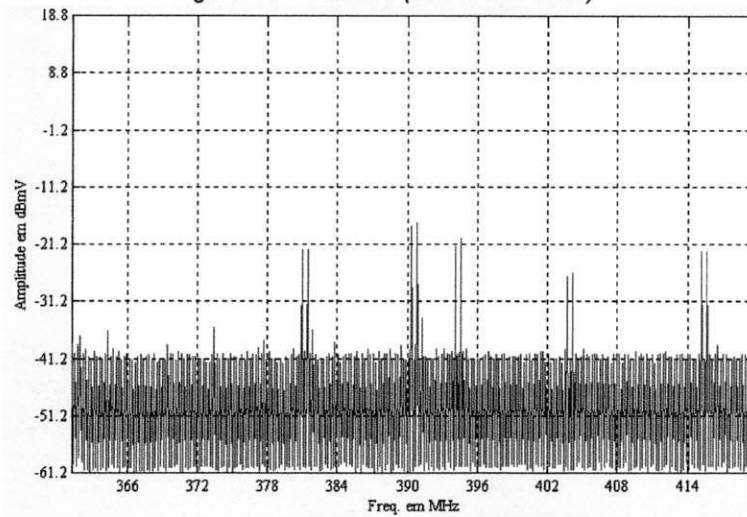


Figura 46 – Faixa 2 (360 a 420 MHz)

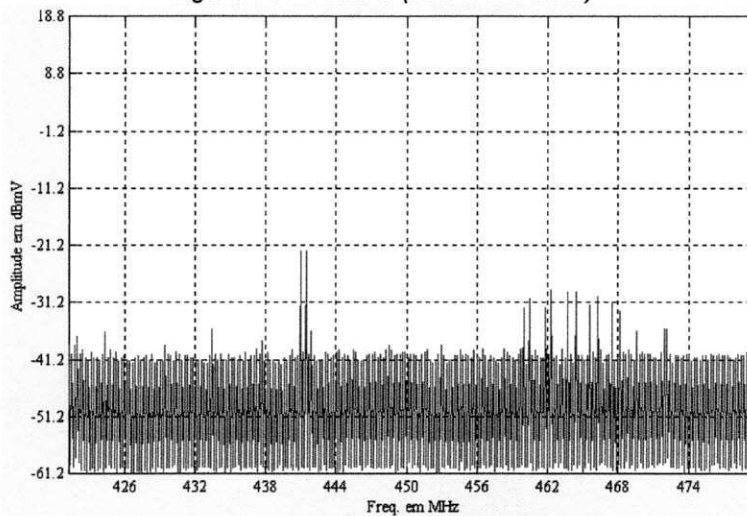


Figura 47 – Faixa 3 (420 a 480 MHz)

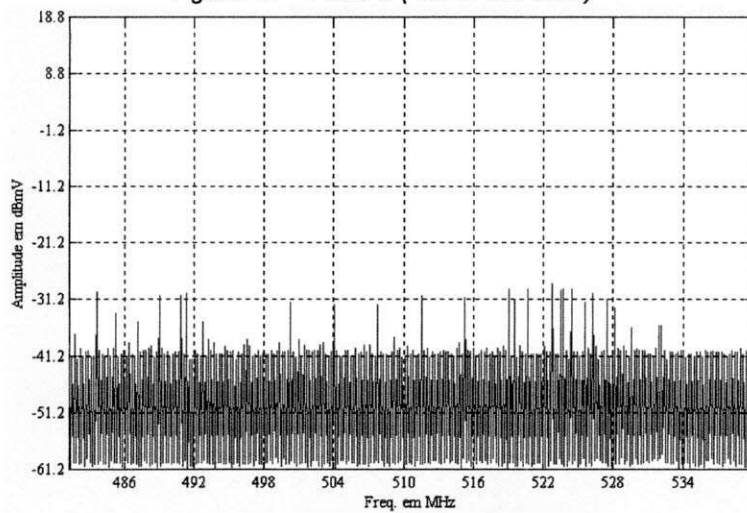


Figura 48 – Faixa 4 (480 a 540 MHz)

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

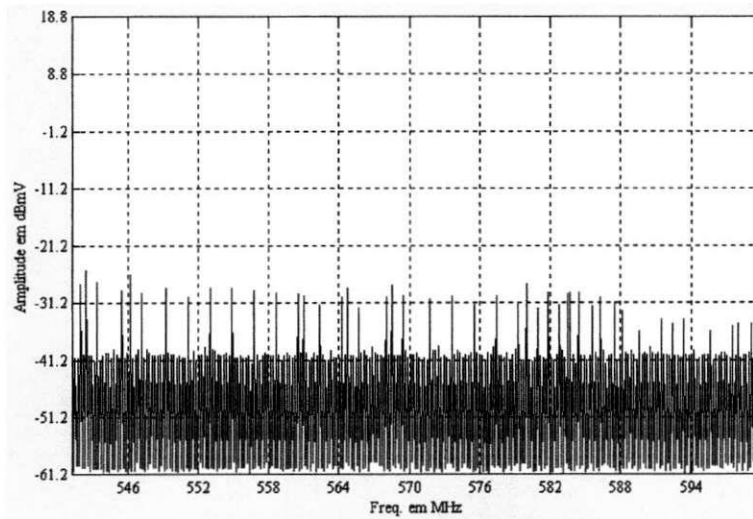


Figura 49 – Faixa 5 (540 a 600 MHz)

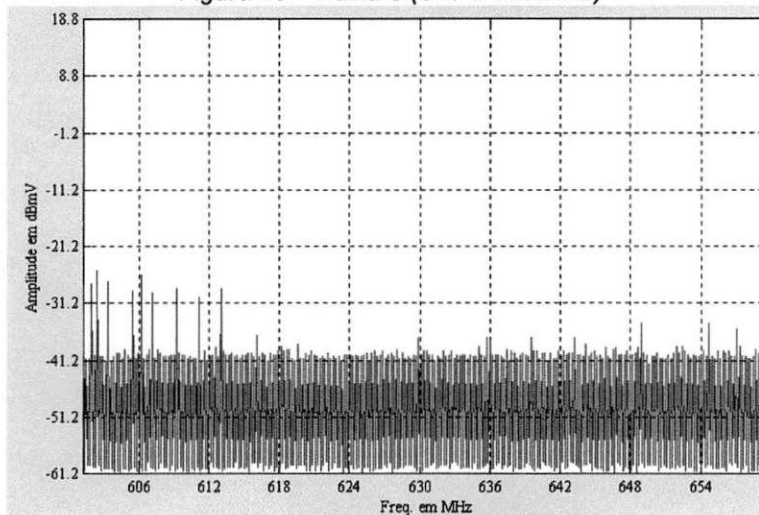


Figura 50 – Faixa 6 (600 a 660 MHz)

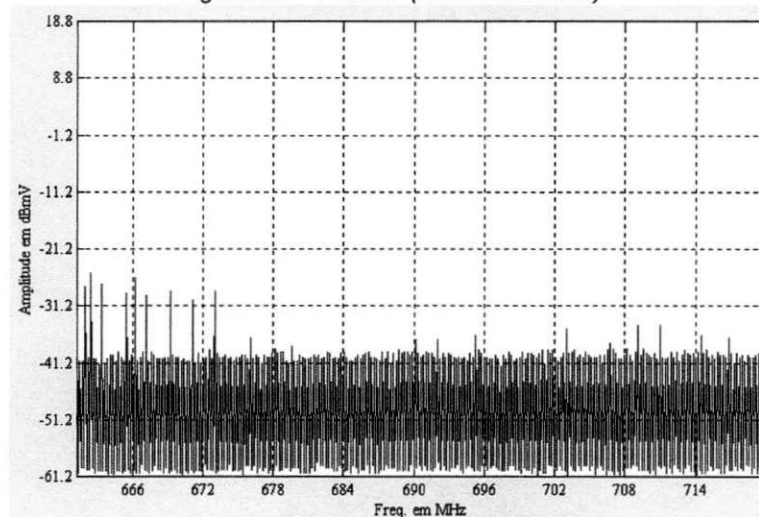


Figura 51 – Faixa 7 (660 a 720 MHz)

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

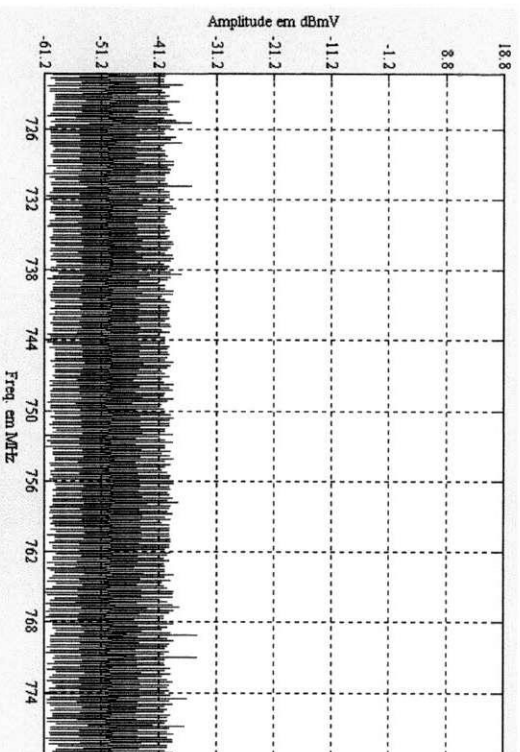


Figura 52 – Faixa 8 (720 a 780 MHz)

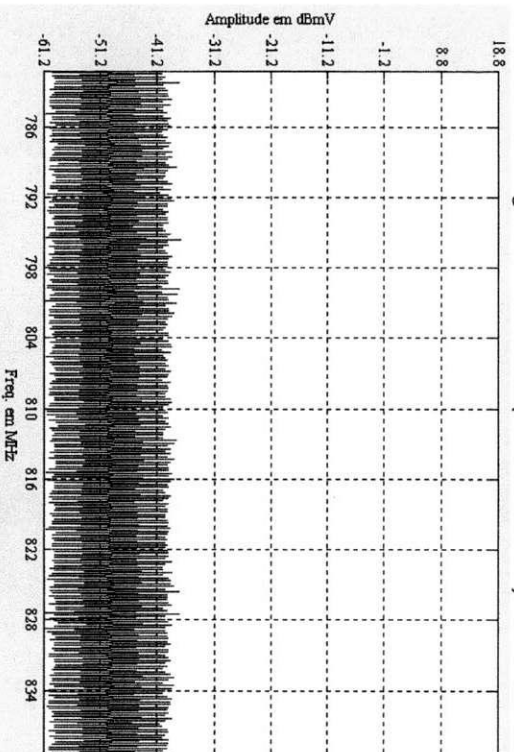


Figura 53 – Faixa 9 (780 a 840 MHz)

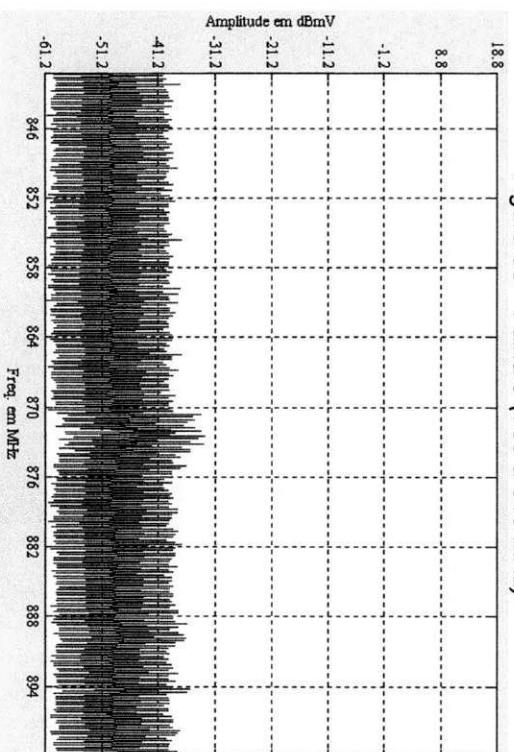


Figura 54 – Faixa 10 (840 a 900 MHz)

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Conclusões:

A realização do ensaio foi bastante facilitada devido as pequenas dimensões da antena que de acordo com a frequência de trabalho era a menor dentre todas as antenas utilizadas no experimento. Sendo, portanto a tarefa de posicionamento bastante facilitada o que inclusive permitiu que a distância especificada pela norma de interferência fosse cumprida, ou seja, a distância entre a antena e o isolador sob to foi de 3 m.

No decorrer do experimento utilizou-se apenas o sistema desenergizado e sob 31,2 kV, isso aconteceu, pois com tensões inferiores o fenômeno de Corona não apresentava geração considerável de sinais interferentes.

Foi verificado o comportamento do sistema a 20 kV e a 25,8 kV, mas o espectro não trazia muita informação adicional ao que foi captado com o sistema desenergizado. Assim não foram salvos os dados em arquivos dos espectros com os níveis de tensão.

Vale ressaltar que em tensões menores ocorria o surgimento de raias interferentes, mas de baixa amplitude e em frequências aleatórias. Como pequenos surtos que logo se extinguíam.

Com relação aos sinais captados, fica evidente que a interferência eletromagnética existe e é significativa.

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

2.3 Experimento 2 – Isoladores Poluídos Artificialmente

Existem duas alternativas de procedimentos de ensaio considerados pelas normas, diferindo basicamente nas condições da câmara, úmida ou seca, sobre o objeto sob to, no instante em que a tensão de ensaio é aplicada ao mesmo.

A seguir são apresentados os dois procedimentos e consecutivamente será apresentado o procedimento que de fato foi realizado de modo a enfatizar os aspectos particulares do ensaio com relação à norma.

Procedimento A – Umedecimento antes e durante a energização

Por esse procedimento, o isolador é contaminado usando ou a composição de Kieselguhr ou Kaolin. O grau de poluição é expresso geralmente em termos da condutividade da camada, mas a densidade de depósito de sal pode ser usada também.

O isolador é preparado como segue:

A suspensão preparada utilizando uma das composições (Kieselguhr ou Kaolin) deve ser aplicada pulverizando ou jateando no isolador seco, previamente limpo, para obter uma camada razoavelmente uniforme. Alternativamente o isolador pode ser mergulhado na suspensão.

Obs.: Outras técnicas são apropriadas e podem ser usadas. Derramar a suspensão sobre a superfície do isolador até que ela escorra é desejável em isoladores longos, quando a composição de Kaolin é usada.

A camada deve ser deixada secar antes da submissão do isolador aos ensaios.

Depois de poluído e seco, o isolador é colocado na posição de ensaio câmara, quando o gerador de nevoa é ligado.

Vapor de nevoa deve ser usado para umedecer a camada de poluição.

Nota: em vez do vapor de nevoa, é permitido usar um gerador de nevoa com orifícios pulverizando água morna ou fria, desde que seja assegurado que essa nevoa fornece o umedecimento recomendado.

A taxa da nevoa que entra na câmara, na temperatura ambiente normal, deve ser suficientemente alta para assegurar que a condutividade da camada atinja o seu valor máximo dentro de 20 a 40 min a partir do início da geração de névoa. O Máximo valor da condutividade da camada medida no ensaio é assumida como a condutividade de referência.

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Para a avaliação da condutividade da camada, as medições da condutância da camada são realizadas no objeto sob ensaio.

A tensão de ensaio é aplicada, ou instantaneamente ou durante um tempo que não exceda 5 s, e é mantida até que haja o *flashover* ou durante 15 min se o *flashover* não ocorrer.

O isolador é então removido da câmara de nevoa e deixado secar. É colocado pela segunda vez na câmara e ré-umedecido pela névoa até que a condutividade atinja o seu valor máximo; se não for menor que 90% do valor de referencia mencionado acima, a tensão de ensaio é aplicada novamente e mantida até o *flashover*, ou durante 15 min se o *flashover* não ocorrer; se for menor que 90% a camada de poluição deve ser aplicada novamente ao isolador.

Não deve ser realizado mais do que dois ensaios consecutivos com a mesma camada de poluição.

Procedimento B – Umedecimento durante a energização

Por esse procedimento, o isolador é contaminado usando a composição de Kaolin. O grau de poluição é geralmente expresso em termos da densidade de depósito de sal.

Nota: As medições da condutividade da camada não são geralmente necessárias. Em acordo o fabricante e o comprador, elas podem ser realizadas durante o umedecimento em uma unidade separada não energizada, idêntica à unidade sob ensaio e contaminada da mesma forma.

O isolador é preparado para o ensaio da mesma maneira que no procedimento A e colocado na posição de ensaio na câmara com a camada de poluição ainda seca.

O vapor de névoa deve ficar sob o objeto sob ensaio o mais próximo possível do nível do solo. Em todos os casos ele deve estar no mínimo a 1 m do objeto sob ensaio e os seus fluxos não devem ser dirigir diretamente para ele.

A taxa de entrada de vapor na câmara deve ser zero até que a tensão seja aplicada e se manter constante a partir de então. Na temperatura ambiente normal, a taxa de entrada do vapor deve estar dentro da faixa $0.05 \text{ kg/h} \pm 0.01 \text{ kg/h}$ por metro cúbico do volume da câmara de ensaio. Em condições particulares de ensaio esse valor pode precisar alguns ajustes através da conferência da ação direta de umedecimento da névoa.

A tensão de ensaio é mantida até que o *flashover* ocorra. Caso contrário ele é mantida por 100 min a partir do inicio do ensaio ou até que os picos de corrente, se eles forem medidos, tenham decrescido para valores permanentemente menores do que 70% do máximo valor de pico registrado.

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Por esse procedimento a amostra é utilizada apenas uma vez.

Procedimento Realizado

Os procedimentos adotados pela equipe de trabalho serão descritos a seguir:

A princípio foi realizado o procedimento de poluição prévia das amostras a serem ensaiadas. Através da utilização de um pulverizador. Os isoladores foram poluídos com os diferentes níveis de poluição apresentados a tabela 5:

Tabela 5 - Caracterização das classes de poluição - de acordo com EPRI (1975).

Classe	Classificação	Faixa de ESDD (mg/cm ²)
A	Atmosfera limpa.	0,00 – 0,032
B	Contaminação muito leve.	0,032 – 0,038
B'	Contaminação leve.	0,038-0,056
C	Contaminação pesada.	0,056 – 0,123
D	Contaminação muito pesada	Maior que 0,123

Observação: a faixa B' foi definida, em complemento à caracterização de EPRI (1975), com o intuito de gerar amostras mais espaçadas/diversificadas. Assim, pode-se produzir conjuntos de treinamento para o processo de classificação dos sinais bem mais próximos de situações reais encontradas em isoladores de alta tensão presentes em um sistema de transmissão.

Tabela 6 - Valores escolhidos para elaboração das soluções

Classe	ESDD (mg/cm ²)	Condutividade da suspensão (mS/cm)
A	0,025	10
B	0,035	14
B'	0,05	20
C	0,1	40
D	0,2	80

As diversas amostras de poluição foram produzidas com o apoio do Departamento de Engenharia Química da UFCG, em seus laboratórios. Foram geradas soluções relativas a 5 amostras, caracterizadas de acordo com as classes descritas nas Tabelas 5 e 6.

Observação: Todo o processo de produção da camada de poluição foi feito em ambiente aberto a fim de não vir a produzir oxidação em equipamentos do Laboratório de Alta Tensão, como também, para propiciar uma secagem rápida.

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

O ensaio constitui-se de 5 amostras de poluição ensaiadas. Foi utilizada, ainda, uma sexta unidade desprovida de qualquer camada poluída. Esta última unidade passaria a caracterizar um ambiente completamente limpo

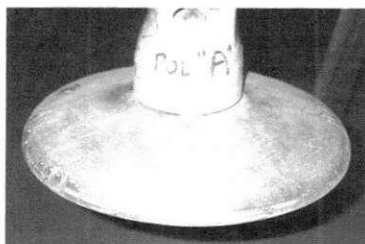


Figura 56 – isolador com grau A de poluição a ser ensaiado

Após a pulverização das amostras passamos a etapa de ensaio propriamente dito. Foram montados os sistemas para aquisição de dados, pois no ensaio utilizou-se: um medidor de corrente de fuga, diretamente conectado ao isolador; um dispositivo de ultra-som, distante da câmara de ensaio de aproximadamente 1,5 m; um termovisor posicionado a uma distância aproximada de 1,5 m e uma antena distante da câmara de 6,5 m, a antena foi conectada através de cabo coaxial ao analisador de espectro e são os resultados destas medições que serão analisadas no relatório. As outras medições serviram ao trabalho de doutoramento de Maurício que trabalhou na equipe de trabalho.

Apresentamos a seguir alguns detalhes construtivos da câmara de poluição.

Características técnicas: a câmara foi confeccionada em chapas de acrílico, com 8 mm de espessura, as quais foram redobradas nas extremidades para dar maior sustentação mecânica ao conjunto, cujas dimensões externas são de 0,9m x 0,9m (laterais) e 1,4 m de altura.

Face superior extraída do restante da câmara para permitir a fixação dos bicos injetores.

Depois da confecção da câmara ela foi transportada para o Laboratório de Alta Tensão da UFCG. Verifica-se que a mesma foi suspensa através de corda isolante (amarela), através de peça metálica quadrada, parcialmente apresentada na foto. A peça foi especialmente confeccionada de tal forma que suas extremidades fossem ligadas através de corda isolante aos vértices superiores da câmara, nos quais foram afixadas chapas metálicas com furações especiais para permitir sua conexão mecânica. A peça superior de sustentação possui, também, argola metálica que permite a fixação do isolador sob ensaio através de fio condutor.

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

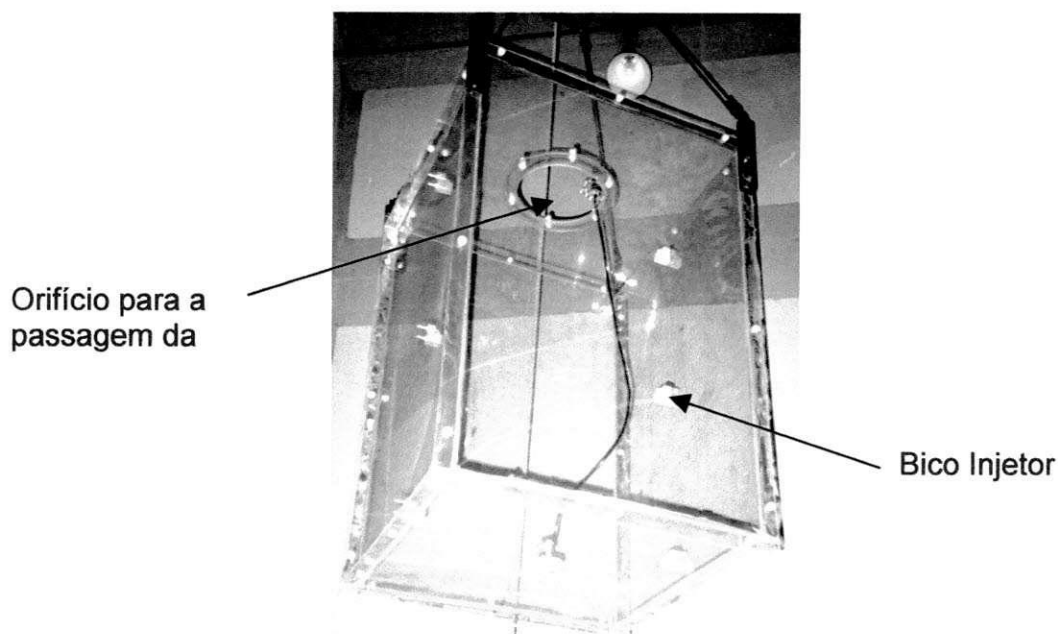


Figura 57 – Câmara de névoa montada e suspensa

Com a câmara devidamente erguida a uma altura de 1,4 m foi colocada a primeira amostra (isolador completamente limpo) dentro da câmara tomando o cuidado de não tocar nas partes de vidro do isolador para evitar sujá-lo.

Montados e posicionados todos os sensores foi dado início a geração da névoa dentro da câmara e após um período de 1 a 2 min deu-se início a energização da amostra.

A amostra foi submetida a tensão de 14 kV. O processo de energização demorou aproximadamente 1 minuto e a partir daí começou o processo de aquisição de dados através de um programa especialmente desenvolvido para tal finalidade e fazendo uso de um Digitalizador de formas de onda. O programa fazia a aquisição dos valores de corrente de fuga, digitalizados; os valores de tensão gerados a partir do ultra-som e também digitalizados e do analisador de espectro.

O programa realizou a aquisição de 100 (cem) amostras de cada equipamento, num total de 300 amostras num período de aproximadamente 4 min. As informações provenientes do termovisor foram obtidas pelo funcionário da Chesf que colaborou com a equipe de trabalho, sendo gerado um número razoável de amostras.

Após o encerramento da rotina de aquisição o sistema foi desenergizado e todas as informações coletadas foram salvas em uma pasta específica para posterior análise.

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

A amostra completamente limpa foi substituída pela amostra poluída tipo A, sempre tomando a precaução de não tocar a superfície do isolador para evitar retirar o poluente.

Repetiu-se o procedimento de geração de nevoa, estabilização e coleta de dados através da mesma rotina. Os tempos foram aproximadamente os mesmos do ensaio anterior.

Da mesma maneira depois de ensaiada a amostra A, foi substituída pela amostra de poluição tipo B e posteriormente todas as amostras foram ensaiadas.

É importante observar que o procedimento de ensaio adotado pela equipe de trabalho não idêntico a nenhum dos procedimentos descritos pela norma. Isto ocorreu, pois não era possível realizar o experimento dentro de uma norma específica.

Os resultados serão apresentados a seguir. Lembrando que foi escolhido um pequeno número de resultados para exemplificar e realçar as diferenças percebidas, pois seria inviável apresentar todos os resultados obtidos.

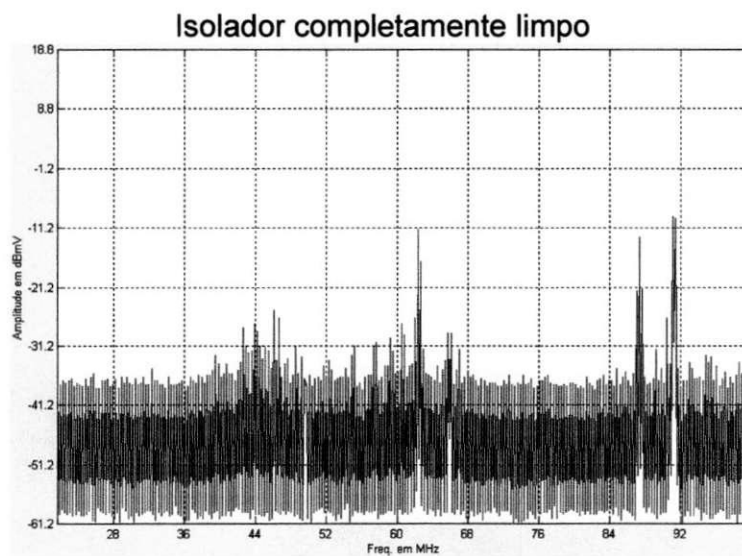


Figura 58 – Espectro com amostra completamente limpa a 14 kV

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Nível A de poluição

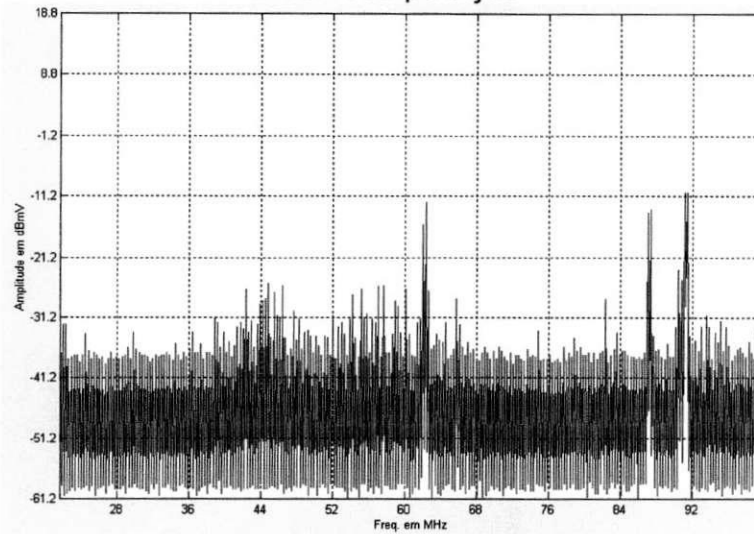


Figura 59 – Espectro com poluição tipo A

Nível B de poluição

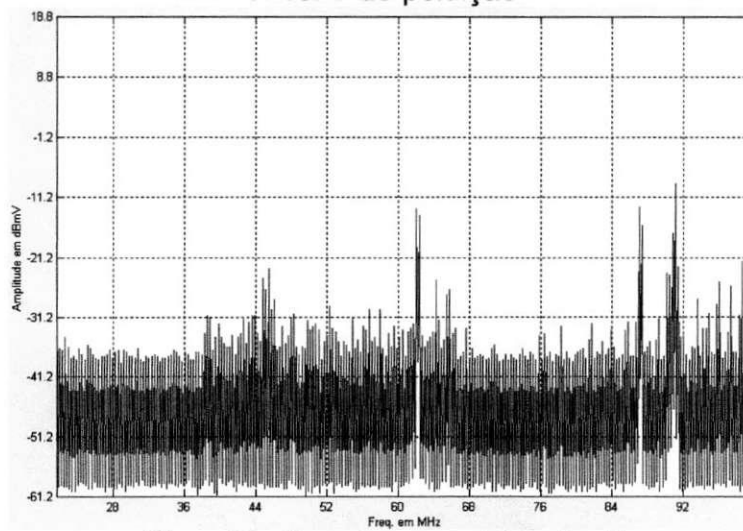


Figura 60 – Espectro com poluição tipo B

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

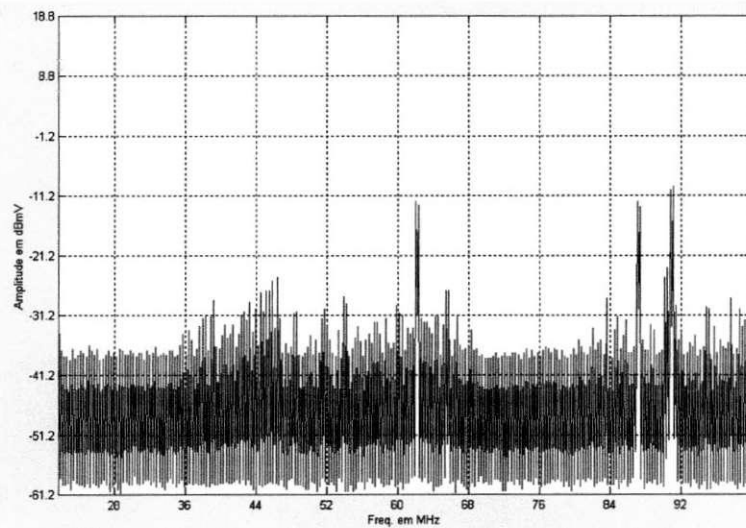


Figura 61 – Espectro com poluição tipo B instante 2

Nível B' de poluição

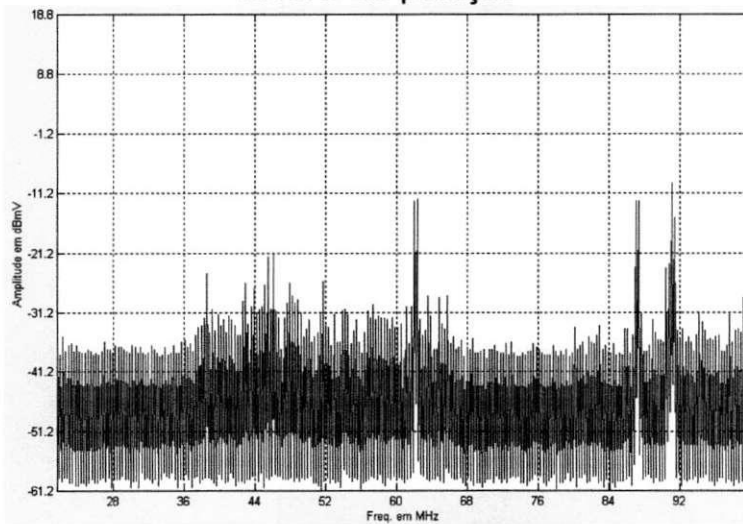


Figura 62 – Espectro com poluição tipo B'

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

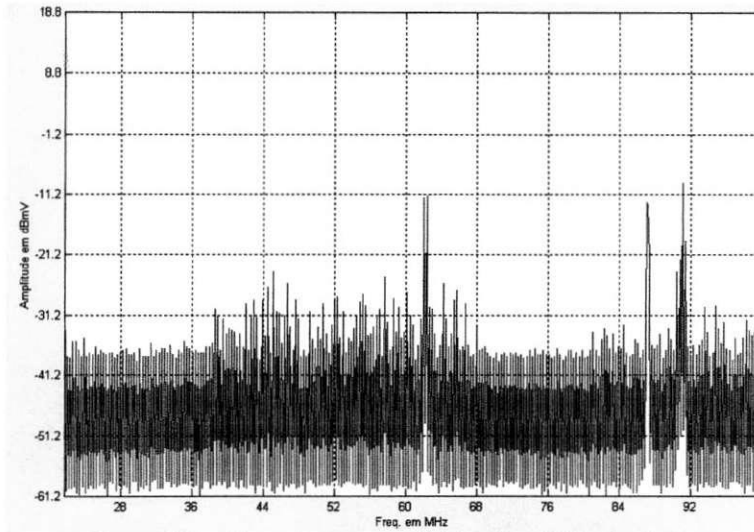


Figura 63 – Espectro com poluição tipo B' instante 2

Nível C de poluição

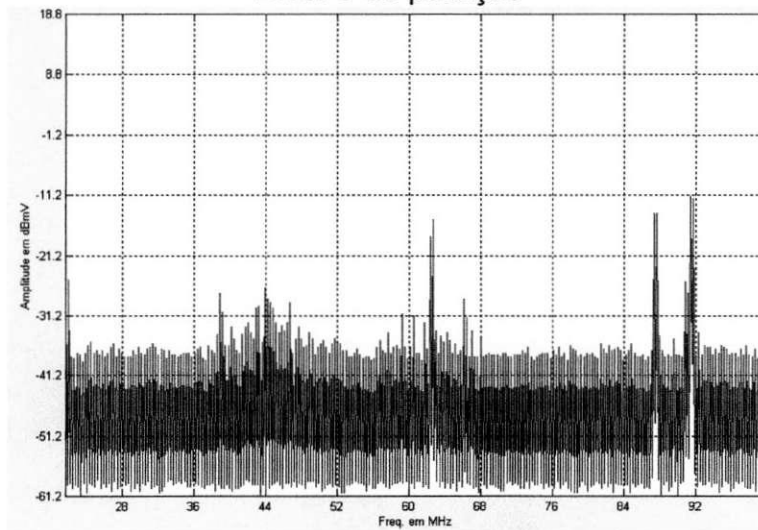


Figura 64 – Espectro com poluição tipo C

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

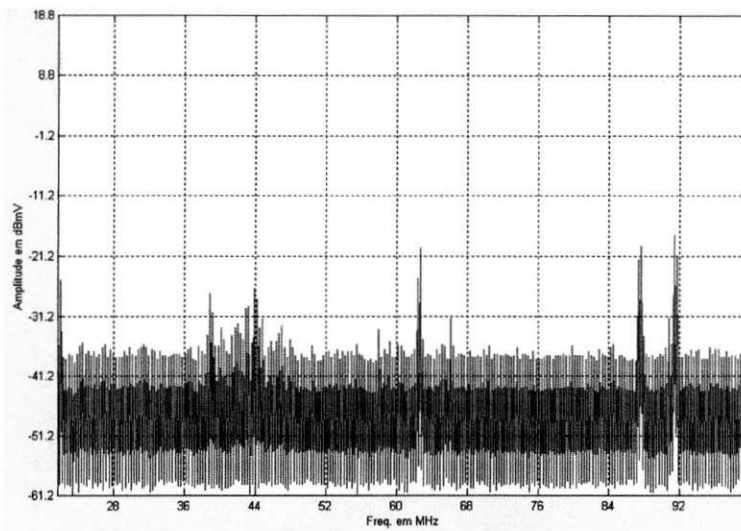


Figura 65 – Espectro com poluição tipo C instante 2

Nível D de poluição

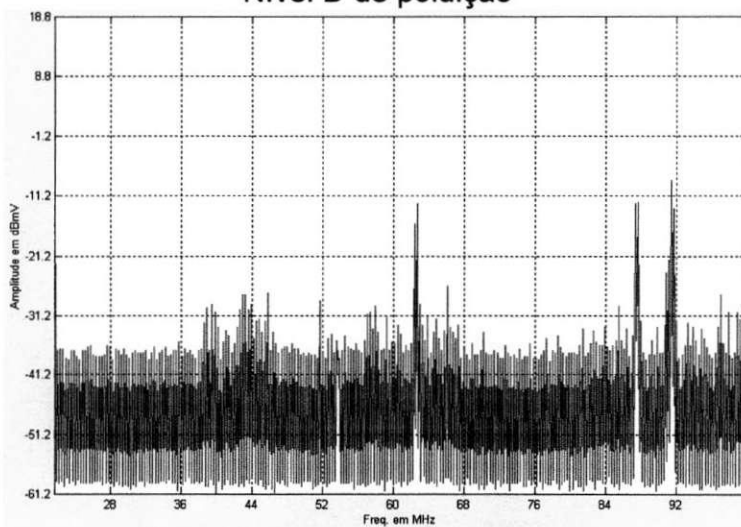


Figura 66 – Espectro com poluição tipo D

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Conclusões:

Fica clara a existência de sinais interferentes no espectro de frequência na faixa que vai de 20 a 100 MHz. Comparando-se o espectro desenergizado com o sistema energizado nesta mesma faixa de frequência.

Em alguns casos, a geração de raias espúrias foi bem caracterizada, mas existe vários espectro onde a presença de interferência não fica explícita. Isso pode ser explicado.

Parte dos sinais foi adquirida após um período de aproximadamente 3 a 4 min e é provável que o poluente utilizado já tenha sido lavado pela névoa gerada. O fato tornou-se evidente, devido principalmente aos sinais de corrente de fuga que apresentavam amplitudes bem abaixo dos valores máximos (aproximadamente 50% do valor máximo) depois de decorrido 3 min desde o momento da energização das amostras o que justificaria o surgimento de poucas raias identificáveis como interferentes, o sinal exposto no analisador de espectro seria bastante semelhante ao sinal desenergizado.

Os sinais com maior grau de poluição apresentaram menor número de raias interferentes o que foi uma surpresa, uma das explicações seria que provavelmente a interferência causada por esses níveis de poluição seja mais notória em outras faixas de frequência que não foram avaliadas no experimento.

Existe também a suspeita que a antena utilizada, no caso, antena tipo A bicônica poderia não estar bem posicionada ou mesmo com mau funcionamento.

A influência da neblina também é perceptível, visto que em condições normais, a geração de ruído eletromagnético em isoladores começa a ocorrer em níveis de tensão mais elevados. Como foi comprovado com os isoladores limpos. No experimento a tensão aplicada não passou de 15 kV, mas foi possível detectar ruído, o que em outros casos não ocorreu.

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Conclusões

O efeito Corona é um fenômeno que pode provocar o surgimento de interferência eletromagnética em sistemas de transmissão e distribuição aéreos.

A interferência não está restrita, como se imaginava, apenas a radiofrequência. Ela foi detectada em praticamente todo espectro desde 20 MHz a 900 MHz no experimento.

Experimento com isoladores Limpos

No ensaio A as principais conclusões foram:

As dificuldades de realizar o ensaio principalmente porque a faixa de frequência considerada foi de 20 a 100 MHz sendo necessário utilizar uma antena de dimensões consideráveis. O posicionamento adequado da antena foi uma tarefa bastante ingrata.

Apesar das dificuldades as medidas foram adquiridas, mas não eram claras com relação a existência de ruído. Por isso foram realizados novos testes com a antena tipo B para verificação dos resultados, visto que existe uma área de superposição das duas, nas frequências de 87 a 110 MHz.

O ensaio B as principais conclusões foram:

Verificou-se que com o aumento da tensão aplicada ao isolador, esse passou a emitir sinais espúrios em diversas frequências dentro da faixa estudada no ensaio que no caso vai de 100 a 300 MHz.

Com a distância de 3 m chegamos a obter ruído de amplitudes consideráveis comparativamente com os resultados desenergizado. O FCC indica como permitido níveis de sinal de até 43.5 dB μ V/m ou um limite de -6.5 dBmV a uma distância de 3 m. Mas durante a realização do ensaio foram observados níveis de até -1.5dBmV, o que ultrapassa os níveis aceitáveis pelo FCC. Com relação ao CISPR não podemos realizar comparações, pois não realizamos medidas a 10 m como estabelecido pelo padrão.

Podemos garantir, que embora os trabalhos sobre interferência gerada pelo efeito Corona afirme que existe ruído nas faixas de frequência até 1 MHz é claro perceber sua existência e importância em faixas bem superiores, como no caso.

Podemos verificar também que a amplitude das raias interferentes diminui com o aumento da frequência tornando-se mais escassas e de menor isso provavelmente deve-se ao fato de estarmos nos aproximando da frequência de corte da antena.

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

O ensaio C as principais conclusões foram:

A tarefa de posicionamento da antena foi facilitada o que inclusive permitiu que a distância especificada pela norma de interferência fosse cumprida, ou seja, a distância entre a antena e o isolador sob to foi de 3 m.

No experimento o sistema foi analisado apenas desenergizado e sob 31,2 kV, isso aconteceu, pois com tensões inferiores o fenômeno de Corona não apresentava geração considerável de sinais interferentes.

Vale ressaltar que em tensões menores ocorria o surgimento de raias interferentes, mas de baixa amplitude e em frequências aleatórias. Como pequenos surtos que logo se extinguíam.

Com relação aos sinais captados, fica evidente que a interferência eletromagnética existe e é significativa.

Ensaio isoladores poluídos

Fica clara a existência de sinais interferentes no espectro de 20 a 100 MHz. Comparando-se o espectro desenergizado com o sistema energizado nesta mesma faixa de frequência.

Em alguns casos, a geração de raias espúria foi bem caracterizada, mas existem vários espectros onde a presença de interferência não fica explícita. Isso pode ser explicado:

Os sinais foram adquiridos após um período de aproximadamente 3 a 4 min e é provável que o poluente utilizado já tenha sido lavado pela névoa gerada o que justificaria o surgimento de poucas raias identificáveis como interferentes.

Os sinais com maior grau de poluição apresentaram menor número de raias interferentes o que foi uma surpresa, é provável que a interferência causada por esses níveis de poluição sejam mais notórios em outras faixas de frequência.

Existe também a suspeita que a antena utilizada, no caso, antena tipo A bicônica poderia não estar bem posicionada ou mesmo com mau funcionamento.

Em resumo, foi detectado o surgimento de sinais interferentes em todos os ensaios realizados. Em alguns casos o ruído interferente era bastante marcante, já em outros ele aparecia de maneira discreta.

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Anexo A – Tos de isoladores de alta tensão poluídos artificialmente usados em sistema A. C.

Introdução

Esses critérios foram colhidos na IEC 507 "Artificial Pollution Tests on High-Voltage Insulators to be Used on a.c. Systems" Segunda edição 1991-04.

1. Considerações gerais

Os critérios descritos na referida norma são aplicáveis para determinação da característica de suportabilidade de isoladores cerâmicos e de vidro para serem usados ao ar livre e expostos a poluição atmosférica, em sistemas a.c. com tensões máximas variando entre 1000 V e 765 kV.

Os ensaios propostos não são diretamente aplicáveis a isoladores revestidos com qualquer tipo material orgânico isolante.

O objetivo do apêndice é apresentar de forma sucintamente os principais pontos presentes nas normas de modo a explicar os procedimentos utilizados no decorrer dos ensaios realizados no estágio supervisionado.

2. Definições

Para o propósito da citada norma, as seguintes definições são aplicadas.

A1 Tensão de ensaio: Valor r.m.s. da tensão com a qual o isolador é continuamente energizado durante o ensaio.

A2 Corrente de curto circuito do laboratório de ensaio (I_{sc}): Valor r.m.s. da corrente alimentada pelo laboratório de ensaio quando o objeto sob ensaio é curto circuitado, na tensão de ensaio.

A3 distancia de contorno específica de um isolador(L_s): Distancia de contorno total L de um isolador dividida pelo produto da tensão de ensaio e $\sqrt{3}$; é expressa geralmente em mm/kV.

A4 Fator de forma de um isolador (F): O fator de forma é determinado a partir das dimensões do isolador. Para uma estimação gráfica do fator de forma, o valor recíproco da circunferência do isolador ($1/p$) é traçado em função da distancia de contorno l contada a partir do terminal do isolador até p ponto considerado.

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

O fator de forma é dado pela área sob essa curva e é calculado de acordo com a fórmula:

$$F = \int_0^L \frac{dl}{p(l)} \quad (A1)$$

A5 Salinidade (Sa): Concentração de solução de sal em água de torneira, expressa pela quantidade de sal dividida pelo volume da solução; é expressa geralmente em kg/m³.

A6 Camada de poluição: Camada eletrolítica condutora na superfície do isolador, composta de sal e materiais inertes.

A7 Condutividade da camada (K): Condutividade da camada de poluição multiplicada pelo fator de forma; é expressa geralmente em µS.

A8 Densidade de depósito de sal (SDD): Quantidade de sal depositada em uma dada superfície do isolador (as partes metálicas e ferragens não devem ser incluídas nesta superfície), dividida pela área da superfície; é geralmente expressa em mg/cm².

A9 Grau de poluição: O valor da quantidade (salinidade, condutividade da camada, densidade de depósito de sal) a qual caracteriza a poluição artificial aplicada ao isolador sob ensaio.

A10 Salinidade de referência: Valor da salinidade usada para caracterizar o ensaio.

A11 Condutividade de referência da camada: Valor da condutividade da camada usando para caracterizar o ensaio: é definido como o valor máximo da condutividade da camada umedecida de um isolador energizado unicamente para se obter a medida da condutância.

A12 Densidade de depósito de sal de referência: Valor da densidade de depósito de sal utilizado para caracterizar o ensaio: é definido como o valor médio da densidade de depósito de sal medida em alguns isoladores (ou em parte deles), os quais são escolhidos entre diversos, antes da realização de qualquer ensaio.

A13 Grau específico de suportabilidade a poluição: Grau de poluição de referência no qual um isolador deve suportar a tensão de ensaio especificada em no mínimo três ensaios em quatro realizações, sob as condições descritas em 11 ou 19.

A14 Máximo grau de suportabilidade a poluição: Máximo grau de poluição para o qual ocorreram no mínimo três ensaios suportáveis em quatro realizações em

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

uma tensão de ensaio especificada, sob as condições descritas nas clausulas 11 ou 19.

A15 Tensão suportável especificada: Tensão de ensaio para a qual um isolador deve suportar o grau de poluição especificado em no mínimo três ensaios em quatro realizações, sob as condições descritas nas clausulas 11 ou 19.

A16 Tensão máxima suportável: maior valor da tensão de ensaio para o qual no mínimo três ensaios foram suportados entre quatro realizações para um grau de poluição especificado, sob as condições descritas nas clausulas 11 ou 19.

3. Requisitos gerais para os ensaios

3.1 Métodos de ensaio

As duas categorias seguintes de métodos de ensaio são recomendadas como padrões:

1. Método da nevoa salina, no qual o isolador é submetido a um ambiente de poluição definido;
2. Método da camada sólida, no qual uma camada razoavelmente uniforme de uma poluição sólida definida é depositada na superfície do isolador.

3.2 Arranjo dos isoladores para ensaio

3.2.1 Configuração do ensaio

O isolador deve ser erguido na câmara de ensaio, completo, com as partes metálicas as quais são invariavelmente associadas a ele. A posição vertical é geralmente sugerida para comparação de diferentes tipos de isoladores. Ensaios em outras posições (inclinado, horizontal), duplicando as atuais condições de serviço, podem ser realizados através de acordo entre o fabricante e o comprador. Quando existir razões especiais para que os ensaios não sejam realizados na posição vertical (por exemplo, buchas de parede e de disjuntores), apenas a posição de serviço deve ser considerada.

Os "clearances" mínimos entre qualquer parte do isolador e qualquer objeto aterrado além da estrutura que suporta o isolador e a coluna de bicos injetores, quando usada, não deve ser menor do que 0,5 m por 100 kV da tensão de ensaio e em qualquer caso não deve ser menor do que 1,5 m.

As configurações da estrutura suporte e das partes metálicas energizadas, obedecendo aos "clearances" mínimos para o isolador, deve reproduzir as configurações esperadas para as situações de serviço. O arranjo dos bicos injetores e suas construções são descritos na clausula 8.

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Com respeito a influência dos efeitos capacitivos nos resultados dos ensaios, as seguintes considerações podem ser extraídas a partir da experiência disponível:

- Supõe-se que as montagens não afetem significativamente os resultados, pelo menos a tensão de ensaio inferior a 450 kV;
- Altas capacitâncias internas podem ter algum efeito no comportamento superficial, particularmente no método da camada sólida.

3.2.2 Limpeza do isolador

O isolador deve ser cuidadosamente limpo de tal forma que todos os traços de sujeira e graxas sejam removidos. Depois da limpeza a parte isolante do isolador não deve ser tocada pela mão.

A água é preferencialmente aquecida em torno de 50°C e misturada com trisódio de fosfato ou outro detergente é usada. Após isso o isolador deve ser lavado completamente com água de torneira. A superfície do isolador é considerada suficientemente limpa e livre de graxa se são observadas áreas molhadas largas e contínuas.

Antes de cada contaminação subsequente o isolador deve ser lavado completamente com água de torneira, unicamente, para remover todos os traços de poluição.

3.3 Requisitos para a configuração do laboratório

1. **Tensão de ensaio:** a frequência da tensão de ensaio deve estar entre 48 e 62 Hz.
2. **Corrente mínima de curto circuito:** o valor mínimo de I_{SC} é dado na figura A1 em função do estresse elétrico da superfície do isolador sob ensaio, expressa em termos da distancia de contorno L_s .

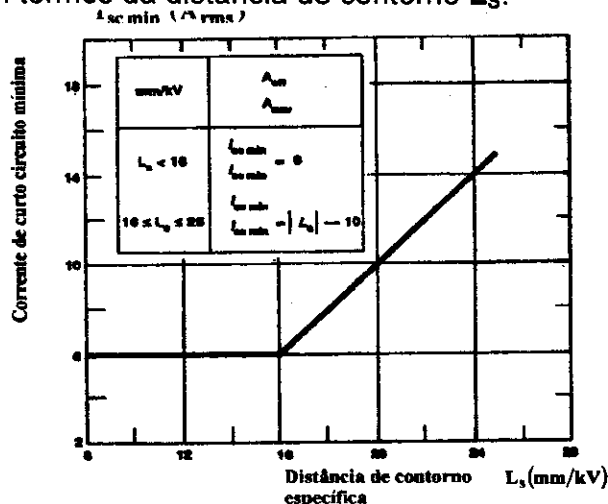


Figura A1 – gráfico da corrente de curto-circuito

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Além dos requisitos acima para o valor de I_{scmin} , o laboratório de ensaio deve atender as seguintes condições:

- Relação (R/X) maior ou igual a 0,1;
- Relação corrente capacitiva/ corrente de curto circuito (I_c/I_{sc}) dentro da faixa 0,001 – 0,1.

4. Método da camada sólida depositada

4.1 Composição da suspensão contaminante

A suspensão contaminante pode ser preparada usando uma das seguintes composições:

Composição de Kieselguhr

Ela consiste de:

- 100 g de Kieselguhr;
- 10 g de dióxido de silicose de alta dispersão, dimensão da partícula 2-20 nm;
- 1000 g de água de torneira;
- Uma quantidade desejável de NaCl de pureza comercial.

Quando a condutividade volumétrica da água de torneira for maior que 0,05 S/m, o uso da água desmineralizada é recomendada. Na tabela A1 são apresentados valores de correspondência aproximados entre o grau de poluição e a condutividade volumétrica da suspensão.

Tabela A1 – Composição de Kieselguhr: correspondência aproximada entre o grau de poluição de referência no isolador e a condutividade volumétrica da suspensão a 20°C

Graus de referência da poluição para a Comparação de Kieselguhr		Condutividade volumétrica da suspensão
Densidade de depósito de sal SDD Mg/cm ²	Condutividade da camada K ₂₀ µS	σ ₂₀ S/m
0,0176	7	0,21
0,025	10	0,30
0,0353	14	0,42
0,005	20	0,60
0,0705	28	0,85
0,1	40	1,20
0,141	56	1,69
0,20	80	2,40

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Composição de Kaolin (ou Tonoko)

Ela consiste de:

40 g de Kaolin;

1000 g de água de torneira;

Uma quantidade desejável de NaCl de pureza comercial.

Quando a condutividade volumétrica da água de torneira for maior que 0,05 S/m, o uso da água desmineralizada é recomendada.

A tabela A2 apresenta valor que podem ser utilizados como guia de referências.

Tabela A2 – composição de Kaolin: correspondência aproximada entre o grau de poluição de referencia no isolador e a condutividade volumétrica a uma temperatura de 20°C

Graus de referencia da poluição para a composição de Kaolin (ou Tonoko)		Condutividade volumétrica da suspensão σ_{20} S/m
Densidade de depósito de sal SDD Mg/cm ²	Condutividade da camada K ₂₀ μS	
0,025	3	1
0,035	4,2	1,4
0,05	5,5	2
0,07	8	2,8
0,1	11	4
0,14	14,5	5,6
0,2	20	8
0,28	27	11,2
0,4	37	16

4.2 Aplicação da camada de poluição

A suspensão preparada utilizando a composição descrita na clausula 13 deve ser aplicada pulverizando ou jateando no isolador seco, previamente limpo de acordo com 5,2 para obter uma camada razoavelmente uniforme. Alternativamente o isolador pode ser mergulhado na suspensão, assegurando-se que suas dimensões permitam essa operação.

A camada deve ser deixada secar antes da submissão do isolador ao ensaio.

4.3 Determinação do grau de poluição do isolador ensaiado

O grau de poluição do isolador ensaiado, expresso em termos da condutividade da camada ou da densidade do deposito de sal, é determinado como descrito a seguir.

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Condutividade da camada (K)

A condutividade da camada é calculada pela multiplicação da condutância medida da camada no isolador desenergizado pelo seu fator de forma.

A medida da condutância da camada é repetida no isolador durante o processo de umedecimento, com o objetivo de obter o valor Máximo.

Cada medida da condutância da camada consiste na aplicação no isolador de uma tensão maior que 700 V r.m.s, por metro da distancia total de contorno e medição da corrente que flui através da camada úmida. A tensão deve ser aplicada durante um período suficiente para realização das leituras.

Quando tensões maiores são usadas, o tempo de medição deve ser curto o suficiente para evitar sérios erros devidos ao aquecimento ou secagem da camada de poluição.

Para atingir esse objetivo deve ser verificado que nem atividades de surto nem variações da amplitude afetam a forma da corrente medida.

A condutividade da camada deve ser relacionada para a temperatura de referencia de 20°C, usando a seguinte equação:

$$K_{20}=K_{\theta}[1-b(\theta-20)], \quad (A2)$$

Onde:

- θ é a temperatura da superfície do isolador (°C);
- K_θ é a condutividade da camada a uma temperatura de θ (μS);
- K₂₀ é a condutividade da câmara a uma temperatura de 20 °C (μS);
- b é o fator que depende da temperatura.

Densidade de deposito de sal (SDD)

O deposito é removido e cuidadosamente coletado da superfície de uma unidade de isolador (ou de uma parte do mesmo), idêntico a unidade testada e contaminada da mesma forma. A superfície total do isolador, ou a parte superior e inferior separadamente, são limpas para o propósito, excluindo a parte metálica.

Após a operação de contaminação do isolador (ou parte dele) escolhido para as medições de SDD, as gotas devem ser removidas cuidadosamente antes da secagem da camada. Dessa maneira, podem ser evitados erros na quantificação do grau de poluição realmente efetiva no ensaio.

O depósito é então dissolvido em uma quantidade de água conhecida e preferencialmente desmineralizada. A suspensão resultante é mantida misturada

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

por no mínimo 2 min antes da medição da condutividade σ_{20} (S/m) na temperatura Θ (°C).

A salinidade S_a (kg/m^3) da suspensão é determinada, quando σ_{20} está dentro da faixa 0,004 – 0,4 S/m, através da equação A3

$$S_a = (5,7 \sigma_{20})^{1,03} \quad (\text{A3})$$

A densidade de depósito de sal SDD (mg/cm^2) é então obtida através da equação A4

$$\text{SDD} = S_a V/A \quad (\text{A4})$$

Onde: V é o volume da suspensão e A é a área da superfície limpa

4.4 Requisitos gerais para umedecimento da camada poluída

O objeto sob ensaio deve ser umedecido através de um gerador de névoa o qual provê uma distribuição de nevoa uniforme sobre todo o comprimento do isolador e em todo o seu entorno. A temperatura do objeto sob ensaio, no começo do umedecimento deve estar no intervalo de + ou – 2K em relação a temperatura ambiente na câmara de ensaio. Uma tenda plástica, envolvendo o objeto sob ensaio, deve ser usada para limitar o volume da câmara de ensaio.

O gerador de névoa na câmara de ensaio deve ser mantido até o fim de cada ensaio individual a uma taxa de fluxo permanente.

Após um certo grau de umedecimento da camada sobre o isolador ser alcançada, a umidade começa a gotejar das bordas das saias do isolador; então algum conteúdo de poluição da camada é removido e é esperada uma lavagem progressiva do objeto sobre ensaio.

Anexo B – Órgãos de fiscalização de Interferência Eletromagnética para sistemas eletrônicos

Introdução

O capítulo tem como objetivo apresentar um resumo dos procedimentos de medição de níveis de campo elétrico gerados por sistemas eletrônicos com relação a compatibilidade eletromagnética. O resumo foi extraído do texto *EMC Requirements for Electronic Systems*, capítulo 2 do livro *Introduction to Electromagnetic Compatibility*.

Exigências de compatibilidade eletromagnética para sistemas eletrônicos.

Aqui vamos discutir a motivação para o estudo de Compatibilidade eletromagnética. Esta motivação resulta de uma imposição adicional nos objetivos do projeto de sistemas eletrônicos. Os objetivos adicionais de projeto têm origem nas exigências mundiais que os sistemas sejam eletromagneticamente compatíveis com seu ambiente. Existem basicamente duas classes de exigências de Compatibilidade eletromagnética (CEM) impostas a sistemas eletrônicos.

1. Designados por agencias governamentais;
2. Impostos pelos fabricantes dos produtos.

As exigências impostas por agencias governamentais são exigências legais e geralmente não podem ser abandonadas. Estas exigências são impostas para controlar a interferência produzida pelo produto. Porém, a condescendência com estas exigências não garante que o produto não causará interferência eletromagnética. Apenas que permite o país que impõe a exigência controle a quantia de "poluição eletromagnética" que o produto gera.

Por outro lado, as exigências de CEM que os fabricantes impõem aos seus produtos são entendidos como resultado da satisfação do cliente. Eles são impostos com a finalidade de assegurar um produto seguro e de qualidade.

Exigências governamentais

Com a disponibilidade de rápido e global transporte e comunicação, entre mercados do mundo inteiro. Conseqüentemente, as exigências CEM governamentais de todos os países são de grande importância para os fabricantes de equipamentos eletrônicos. Vamos dividir nosso estudo em duas seções: as exigências impostas a produtos comercializados nos EUA e aquelas imposições a produtos comercializados fora dos Estados Unidos.

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Deve ser enfatizado que as exigências governamentais estão em um estado constante de mudança.

B.1 Exigências para produtos de uso comercial vendidos nos EUA

Nos estados unidos o FCC (*Federal Communications Commission*) é encarregado de regulamentar as comunicações via radio e via cabo (através do cumprimento as normas ANSI). Uma significativa parte desta responsabilidade é para controlar a interferência de comunicações via cabo e radio e para comunicação via cabo e radio. A escala de freqüência definida pelo FCC para "radio freqüência" vai desde 9 kHz a 3000 GHz.

Um dispositivo de radio freqüência é algum dispositivo que é capaz de emitir energia de radiação através de radio freqüência, condução ou outros meios de maneira intencional ou não.

Qualquer radiador não intencional (dispositivo ou sistema) que gere e use cronometragem pulsada a uma taxa maior que 9000 pulsos (ciclos) por segundo e usa técnicas digitais, qualquer dispositivo eletrônico que tem circuito digital e usa um sinal de relógio maior que 9 k Hz está sujeito à regra, embora exista um número limitado de isenções. Esta regra inclui, por exemplo, maquinas de datilografar, calculadoras, impressoras, modem, etc, assim como computadores pessoais.

O FCC dividiu ainda os dispositivos em duas classes A e B. A classe A é a dos dispositivos que são comercializados para usos no ambiente comercial, industria ou empresarial. A classe B é a dos dispositivos que são comercializados para usos residenciais.

A seguir são apresentados os limites máximos de nível de campo elétrico permitidos para cada tipo de emissão e para cada tipo de classificação. Os valores são especificos para cada distância visto que esta tem influência na determinação dos valores do campo eletromagnético.

Tabela B1 – Limites de emissão FCC para a classe B de dispositivos digitais

Emissão Radiada (3 m)		
Freqüência (MHz)	$\mu\text{V}/\text{m}$	$\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$
30-88	100	40
88-216	150	43.5
216-960	200	46
>960	500	54
Emissão Conduzida		
Freqüência (MHz)	μV	$\text{dB}\mu\text{V}$
0.45-30	250	48

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Para o CISPR 22 a emissão conduzida ondesse de 150 kHz até 450 KHz, como vamos verificar através das tabelas B4 e B5.

Tabela B4 – Limites de Emissão Conduzida para dispositivos digitais Classe B

Frequência (MHz)	$\mu\text{V QP(AV)}$	$\text{dB}\mu\text{V QP(AV)}$
0.15	1995 (631)	66 (56)
0.5	631	56 (46)
0.5 - 5	631	56 (46)
5 - 30	1000	60 (50)

Tabela B5 – Limite de Emissão Conduzida para dispositivos digitais Classe A

Frequência (MHz)	$\mu\text{V QP(AV)}$	$\text{dB}\mu\text{V QP(AV)}$
0.15 – 0.5	8912.5 (1995)	79 (66)
0.5 – 30	4467 (1000)	73 (60)

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Bibliografia consultada

Páginas na internet:

www.altatensao2001.hpg.ig.com.br/corona.htm
Data de acesso: 13/12/03

www.cemig.com.br/noticias/noticias_abr_14.aspv
Data de acesso: 18/01/04

<http://planeta.terra.com.br/arte/sarmentocampos/Tecnica05.htm>
Data de acesso: 11/12/03

www.radioamadorismo.qsl.br/Artigos/Interferencias%20eletricas.htm
Data de acesso: 20/11/03

Material impresso:

França, A.M. de, Filho, J.I.S., Oliveira, P.R.G. de, Menezes, R.C. de, Junior, S.L., Coutinho, C.E.O., Nigre, A., Gabaglia, C.P.R. "Análise e medição do efeito devido ao Corona, aos campos e aos íons da linha de furnas em corrente contínua". XIV SNTPEE-GSI/14, Belém-PA, Brasil, (1997)

Paul, C.R. "Introduction to Electromagnetic Compatibility". (1992)

IEC 507 "Artificial Pollution Tests on High-Voltage Insulators to be Used on a.c. Systems" segunda edição 1991-04

Stewart, B.G., Hepburn, D.M., Kemp, I.J., Nesbitt, A., Watson, J. "*Detection and characterization of partial discharge activity on outdoor high voltage insulating structures by RF antenna measurement techniques*". Glasgow Caledonian University, UK and Firt Engineering Limited, UK. High Voltage Engineering Symposium, Conference Publication nº 467, IEE, (1999)

Mello, D.R. de, Cavalcante, F., Moreira, P., Varricchio, M.T., Ferreira, L.F.P. "Avaliação do desempenho de isoladores quanto à radiointerferência". XVI SNTPEE-SCQ/028, Campinas-SP, Brasil, (2001)