



**XXIV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

CB/GSE/05

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

GRUPO - VIII

Grupo de Estudo de Subestações e Equipamento de Alta Tensão - GSE

INSTALAÇÃO DE CORTINAS ACÚSTICAS EM BANCOS DE TRANSFORMADORES, PARA DIMINUIÇÃO DE NÍVEIS DE RUÍDOS EM TORNO DA VIZINHANÇA DA SE JANDIRA

Pedro Hamilton de Sousa(*)
CTEEP

Wilson Thomazolli Alves
CTEEP

Jairo Duarte das Neves
CTEEP

Danilo Belpiede
CTEEP

RESUMO

Este trabalho apresenta a solução encontrada pela CTEEP para a mitigação do ruído proveniente dos transformadores de potência instalados na SE Jandira, 1200 MVA, 440 / 88 kV, localizada em área de uso misto, predominantemente residencial, onde após sua construção no ano de 2012, foi constatada a necessidade de instalação de barreiras acústicas, para enquadrar os ruídos provenientes da subestação dentro dos limites estabelecidos pela norma NBR 10.151 que é de 55dB para período diurno e 50dB para período noturno, pois o ruído acima do permitido estava afetando os moradores circunvizinhos.

PALAVRAS-CHAVE

Solução, mitigação, subestação, ruído, isolamento acústica.

1.0 - INTRODUÇÃO

A CTEEP, Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista, empresa do setor de transmissão de energia elétrica, que atua em 16 estados do Brasil, é proprietária das empresas Subsidiária Interligação Elétrica Pinheiros e Subsidiária Interligação Elétrica Serra do Japi, ambas no estado de São Paulo, constituídas quando do arremate de lotes, em leilões de transmissão de energia elétrica.

Após a construção e energização da subestação Jandira, instalada na cidade de mesmo nome, no estado de São Paulo, foi constatado que os três bancos de transformadores de potência, num total de dez máquinas, sendo uma máquina reserva, com uma potência instalada de 1200 MVA, 440 / 88 kV, começaram a apresentar problemas relacionados aos níveis de ruído, afetando diretamente o entorno da instalação, principalmente no desconforto das pessoas moradoras nas vizinhanças da instalação.

Passamos a ter muitos problemas de todos os tipos, inclusive com o surgimento de ações públicas, de autuações de órgãos ambientais do estado e principalmente de reclamações diretas da população circunvizinhas.

Procuramos adotar e implantar diversas alternativas, para diminuirmos os níveis de ruído dos bancos de transformadores, a níveis aceitáveis, como por exemplo a construção de uma parede corta fogos adicional às paredes já construídas, bem como o aumento do tamanho das paredes corta-fogo, com o prolongamento de suas dimensões, a fim de canalizar os ruído de uma forma que o mesmo não se direcionasse mais para a vizinhança.

Fizemos ainda, um trabalho de pesquisa junto ao fabricante, para diminuição do ruído, causados por possíveis vibrações internas das máquinas, com a realização de algumas ações aleatórias. Todas as alternativas utilizadas porém, foram o sucesso desejado, com obtenção de redução dos níveis de ruído, muito insignificantes, frente aos valores que necessitávamos atingir.

Decidimos então, ir ao mercado, conhecer novas tecnologias aplicadas principalmente nas novas arenas esportivas, onde os níveis de ruído alcançados em eventos esportivos e em shows, também interferem no conforto da população e encontramos uma empresa especializada em trabalhos de acústica, que conheceu e entendeu nosso problema e decidiu buscar uma solução que nos atendesse.

Realizamos vários estudos com essa empresa e chegamos à conclusão que poderíamos resolver definitivamente este problema, com a instalação de cortinas acústicas entre as paredes corta-fogo, abafando-se o ruído dentro desta "caixa" formada entre paredes e cortinas.

Envolvemos também o fabricante dos transformadores, para nos protegermos de problemas quanto aos níveis de temperaturas, obtendo deste, o aval para o prosseguimento do projeto.

Estamos em fase final de instalação e já estamos atingindo valores muito acima do esperado.

Precisávamos reduzir o ruído em torno de 5 decibéis, sendo que, com metade das cortinas instaladas já conseguimos um redução de 10 decibéis.

2.0 - DESENVOLVIMENTO

2.1 O Ruído

Ao pesquisar sobre o assunto nos deparamos com um artigo publicado em 02/09/2009 pela ASHO - Assessoria em Segurança e Higiene Ocupacional, onde em seu artigo cita que: "Ruído é a mistura de sons ou tons, cujas frequências diferem entre si por um valor inferior ao poder de discriminação de frequência do ouvido, ou seja, é qualquer sensação sonora considerada indesejável".

2.1.1 ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

Fundada em 1940 a ABNT é oficialmente reconhecida pelo governo brasileiro unico foro nacional de normalização(Resolução CONMETRO nº 07 de 1992), atualmente no âmbito da ABNT, existe parametros de acústicas definidos em três normas:

- ABNT NBR 10.151:2000 – Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade.
- ABNT NBR 10.152:1992 – Níveis de ruído para conforto acústico – Procedimento
- ABNT NBR 15.575:2013 – Edificações - habitacionais – Desempenho.

2.1.2 Critérios de Avaliação - Zoneamento

Com a energização da SE Jandira o ruído proveniente dos transformadores estavam em torno de 62dB. Como o plano diretor da cidade de Jandira considera a região como zona mista a NBR 10.151:2000 – Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento, considera que os valores de ruído não ultrapasse 55dB diurno e 50 dB noturno.

A NBR 10.151:2000 estabelece os critérios aceitáveis de ruído em ambientes externos de áreas habitadas, e regula os métodos de aferição e tratamento dos dados relacionados ao ruído ambiental. A norma apresenta valores de Nível Critério de Avaliação (NCA), de acordo com a classificação da região em que se está realizando a medição. As Tabelas 1 e 2 mostram as categorias apresentadas pela ABNT e seus respectivos NCA.

TABELA 1 - Nível Critério de Avaliação segundo NBR 10.151, [dBA].

Tipo de área	Diurno	Noturno
Área de sítio e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

TABELA 2 - Níveis Critério de Avaliação segundo diretrizes da região, [dBA].

critério	Tipo de área	Limite Diurno	Limite Noturno
NBR 10.151:2000	Área mista, predominantemente residencial	55	50

O zoneamento da Prefeitura Municipal de Jandira define a região onde está localizada a subestação como "zona de uso predominantemente residencial", deste modo, entre os tipos de áreas especificados pela NBR 10.151:2000, foi

assumida a classificação “área mista, predominantemente residencial” para os pontos de medição localizados nas áreas externas ao limite de propriedade da SE Jandira, conforme Figura 1.



FIGURA 1 - Subestação Jandira

2.3 Implantação de Controle do Ruído

A Subestação Jandira teve sua obra iniciada em meados de 2011.

Por estar localizada em uma área de uso misto predominantemente residencial, conforme plano diretor da cidade, onde de acordo com a NBR 10.151:2000 os limites de ruído não podem ultrapassar o limite de 55dB(A) diurno e 50dB(A) noturno, foram definidas a adoção de medições e simulações dos níveis de ruído durante e após a implantação da subestação, visando quantificar o impacto sonoro do empreendimento na vizinhança.

Com as medidas tomadas de quantificação dos níveis de ruído durante a construção da subestação, antes do início das obras as medições de nível de ruído foram realizadas pelo IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas das USP, onde os níveis variavam entre 37 e 43 dB(A) no período noturno e de 40 a 50 dB(A) no período diurno.

Com a Subestação Jandira energizada em março/12, foram realizadas nova campanha de medição pelo IPT e os valores apresentados foram de 42 a 62 dB(A) para o período diurno e de 40 a 58dB(A) para o período noturno, ficando evidente que os valores quantificados estavam acima do normatizado.

As subestações transformadoras de energia elétrica possuem um ruído característico devido à alta potência instalada, porem neste caso, a SE Jandira contou com um agravante, que é a geografia do terreno. Devido o terreno ser muito acidentado, a subestação se transformou em uma espécie de concha acústica amplificando o ruído proveniente dos transformadores. Desta forma o nível de ruído proveniente dos transformadores ficou em desacordo com o estabelecido na NBR 10.151.2000.

Desde a energização da Subestação Jandira em março/2012, diversas reclamações surgiram da vizinhança em razão do ruído emitido pelos transformadores de potência, inclusive uma ação movida pela Promotoria de Justiça de Jandira no Ministério Público do Estado de São Paulo.

A IE SERRA DO JAPI realizou medições de níveis de pressão sonora, nos períodos diurno e noturno, em áreas residenciais adjacentes no exterior da propriedade da SE Jandira, conforme Figura 2 e verificou-se que os níveis de pressão sonora obtidos em vários pontos na vizinhança local, que caracterizavam a influência da operação da SE Jandira, encontravam-se acima do limite do parâmetro estabelecido pela norma NBR 10.151/2000 – "Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento" da ABNT.

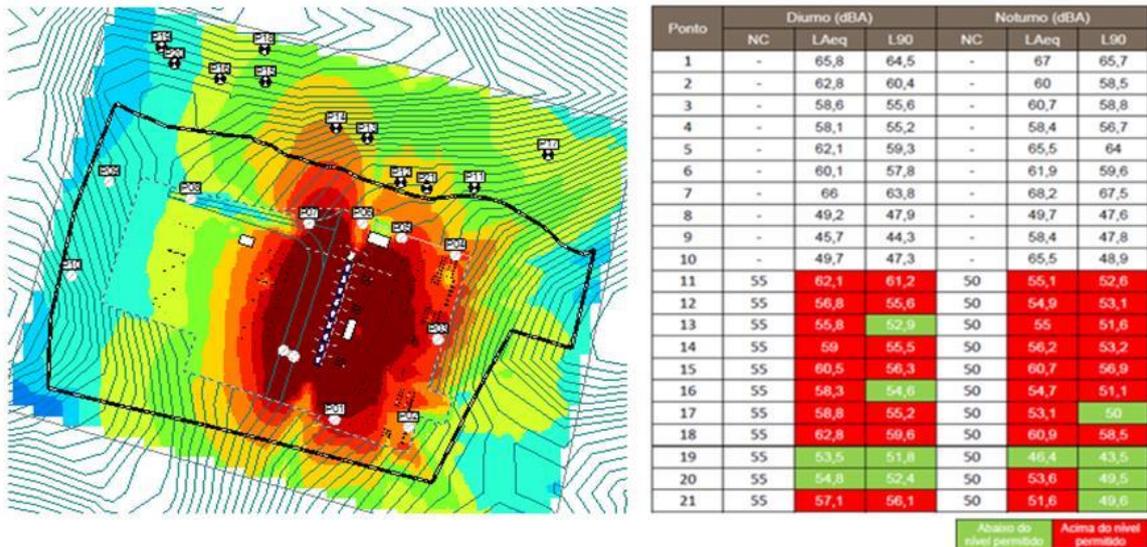


FIGURA 2 - Mapeamento do ruído SE Jandira - Situação inicial (2012)

2.3.1 Solução Preliminar

Buscando soluções para o problema, a IE SERRA DO JAPI adotou diversas medidas para mitigar os níveis de pressão sonora emitidos pelos transformadores de potência na SE Jandira, após a análise das alternativas sugeridas pelas empresas que foram contratadas. Foram elas:

- Combate aos ruídos existentes devido a acessórios periféricos: porta da escada, tubo de descarga de óleo, placas, rodas, etc. dos transformadores de potência;
- Execução da parede acústica de 10 (dez) metros de altura em frente ao transformador de potência fase reserva, ver Figura 3;
- Preenchimento com areia dos reforços verticais soldados às partes laterais do tanque dos transformadores de potência, ver Figura 4;
- Execução do prolongamento de 09 (nove) paredes corta-fogo dos transformadores de potência, nos lados de alta e baixa tensão, na mesma altura das paredes corta-fogo, ver Figura 5.



FIGURA 3 - Instalação de absorvedores de ruído



FIGURA 4 - Instalação de absorvedores de ruído



FIGURA 5 - Extensão das paredes corta fogo

Depois de concluída as etapas descritas acima, foram realizadas novas medições de níveis de pressão sonora na circunvizinhança, com a presença de técnicos da CETESB. Os resultados obtidos mostraram que, de 09 (nove) pontos específicos escolhidos pela CETESB, 02 (dois) deles no interior de um condomínio mais afetado pelo problema, permaneciam acima do limite do parâmetro estabelecido pela norma NBR 10.151/2000, conforme Figura 6.

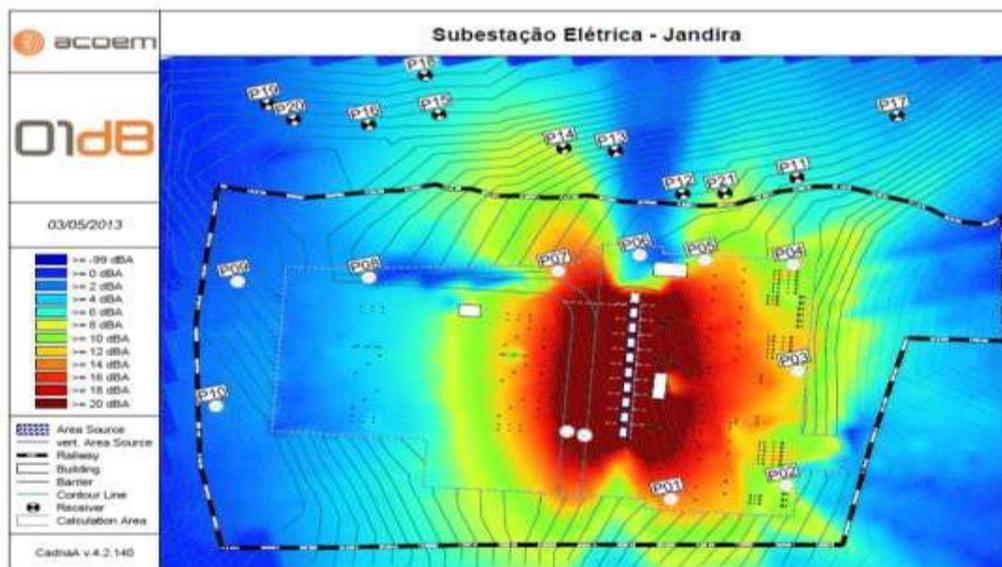


FIGURA 6 - Mapeamento de Ruído após a 1ª Intervenção

A IE SERRA DO JAPI realizou campanhas de medição de níveis de pressão sonora posteriores, em novembro/2014 e janeiro/2015, e a partir daí iniciou um trabalho de busca e análise de novas alternativas para a mitigação adicional dos níveis de pressão sonora emitidos pelos transformadores de potência da SE Jandira.

2.3.2 Solução definitiva

Tendo a necessidade e urgência em solucionarmos este problema, iniciamos então uma busca por uma empresa especializada no quesito acústica e que garantisse que a medida a ser tomada efetivamente solucionasse nosso problema com ruído.

Após diversas pesquisas de mercado, entramos então em contato com a empresa que desenvolveu a isolamento acústica do Allianz Parque (estádio do Palmeiras), pois o estádio foi concebido para que além dos jogos de futebol fossem realizados grandes eventos e o nível de ruído é muito alto e o horário destes eventos geralmente se

estende ao longo da noite sendo necessária uma isolamento acústica eficiente afim de não causar incômodo nos moradores vizinhos e nem ultrapassasse os valores definidos por norma.

Com isso iniciamos imediatamente as tratativas para solução definitiva do ruído da SE Jandira. Realizamos uma visita na subestação a fim de apresentar a instalação e definir que tipo de material e qual seria a solução mais viável que atendesse nossa necessidade.

Após a visita e análise da instalação, o fornecedor nos garantiu que tinha uma solução e que conseguiria mitigar até 20 dB(A) a uma distancia de 2mts da barreira acústica e no mínimo 10dB o ruído nos moradores circunvizinhos à Subestação. Como precisávamos de uma redução entorno de 5dB(A), iniciamos as tratativas para a contratação da solução.

Como a empresa proponente da solução não tinha conhecimento no setor elétrico, tivemos que realizar uma parceria, onde foi necessário adequar a solução proposta onde além de solucionar nosso problema com ruído, a mesma não inviabilizasse a operação e manutenção dos equipamentos.

Considerando todas as variáveis acima definimos que a solução a ser implementada na Subestação seria a isolamento acústica dos transformadores através de barreiras acústicas, em painéis deslizante tipo cortina suspensas em trilhos confeccionados com tecido de Fibra de Vidro TBRT 380 na cor cinza, não condutível e incombustível, siliconado nas duas faces com resistência a raios "UV", conforme TABELA 2.

TABELA 2 - Coeficiente de absorção
Fonte: Acústica e Ruídos – Univ. Estadual Paulista

Material	Espesura [cm]	Frequência [Hz]					
		125	250	500	1k	2k	4k
Lã de rocha	10	0,42	0,66	0,73	0,74	0,76	0,79
Lã de vidro solta	10	0,29	0,55	0,64	0,75	0,80	0,85
Feltro	1,2	0,02	0,55	0,64	0,75	0,80	0,85
Piso de tábuas de madeira sobre vigas		0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
Placas de cortiça sobre concreto	0,5	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Carpete tipo forração	0,5	0,10		0,25		0,4	
Tapete de lã	1,5	0,20	0,25	0,35	0,40	0,50	0,75
Concreto aparente		0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Parede de alvenaria, não pintada		0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
Vidro		0,18	0,06	0,04	0,03	0,03	0,02
Cortina de algodão com muitas dobras		0,07	0,31	0,49	0,81	0,61	0,54

A instalação dos painéis através de roldanas e trilhos, conforme Figura 7, permite a abertura necessária para o acesso de caminhões e a entrada e saída dos transformadores de potência.

As cortinas no lado de 88kV foram instaladas em todos os transformadores, inclusive no transformador reserva. As cortinas acústicas foram instaladas a 9,5 metros de distância dos radiadores no lado de alta tensão e 9,5 metros de distância dos radiadores no lado da baixa tensão, para os transformadores de potência de fases AZ e VM. Para os transformadores de potência de fase BR, devido a limitações de espaço no arranjo físico da Subestação, as cortinas foram instaladas a 9,5 metros no lado da alta tensão e a 3,0 metros de distância dos radiadores no lado da baixa tensão.

A altura das cortinas acústicas, no lado de alta tensão será de 8 metros e no lado de baixa tensão de 6 metros de altura. Haverá uma abertura entre as britas da Subestação e as cortinas de cerca de 20 cm.



FIGURA 7 – Serviços de Instalação dos trilhos

Com a instalação concluída da primeira fase, que consistia na instalação das cortinas acústica dos transformadores do lado de 88KV, ver Figura 8, tivemos uma redução satisfatória nos níveis de ruídos, passando a atender aos limites da Norma NBR 10.151/2000.



FIGURA 8 – Cortinas instaladas

3.0 - CONCLUSÃO

Acreditamos que a divulgação deste trabalho, com essa inovação tecnológica possa ser de grande utilidade a muitas empresas do setor, visto que muitas instalações instaladas em lugares antes pouco habitadas, tem sido "engolidas" pelas cidades, com o surgimento de problemas similares ao nosso, em que esta solução pode ser utilizada de forma adaptada, em qualquer situação física da instalação.

Por fim, espero que essa nossa experiência, em plena evolução, possa contribuir para esse Seminário, de uma forma proativa, sempre pensando na melhoria de nosso Sistema Elétrico, e principalmente, da Segurança das pessoas que nele atuam e da população atingida por problemas similares.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Fonte: Acústica e Ruídos – Univ. Estadual Paulista

Ruídos;

- NBR 10.151/2000, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT;
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas das USP;
- Medições antes da energização, inclusive no condomínio Lago dos Cisnes (10 pontos), período diurno e noturno, dias de semana e domingo – Laudo 14/12/11;
- Novas medições pós energização, nos mesmos pontos;
- Se necessário, medidas adicionais de contenção dos ruídos.

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Autor 01:



- Nome: Pedro Hamilton de Sousa;
- Local e ano de nascimento: São Paulo - 1965;
- Local e ano de graduação: Engenharia Elétrica - CEUNSP Salto – 2011;
- Local e ano de pós-graduação: MBA Gestão Empresarial FGV Campinas – 2016;
- Gerente de O&M das Subsidiárias CTEEP: Serra do Japi, Pinheiros, IEMG, IENNE, IESUL e Evrecy;
- Publicações:
Modernização de Subestações com Novas Tecnologias de Relés Digitais
Revista Eletricidade Moderna 1 de setembro de 2003
Automação e Digitalização de Subestações na Elektro
Revista C&I Controle e Automação 1 de março de 2005

Autor 02:

- Nome: Wilson Thomazolli Alves;
- Local e ano de nascimento: Embu das Artes - 1982;
- Local e ano de graduação: Engenharia Elétrica - Anhanguera Sorocaba – 2013;
- Local e ano de pós-graduação: MBA Gerenciamento de Projetos FGV Sorocaba – 2017;
- Gestor de Obras das Subsidiárias CTEEP: Serra do Japi, Pinheiros, IEMG, e Evrecy;

Autor 03:

- Nome: Jairo Duarte das Neves;
- Local e ano de nascimento: São Paulo, 1968;
- Local e ano de graduação: Indaiatuba-SP- Tecnólogo, Anhanguera Educacional 2008; Campinas - SP - Engenharia de Produção, Faculdade Claretiano 2017;
- Experiência profissional: 22 anos de experiência no setor elétrico de distribuição e transmissão de energia elétrica, entre as empresas Cesp- Companhia Energética de São Paulo, Elektro - Eletricidade e Serviços S.A, CPFL- Companhia Paulista de Força e Luz e CTEEP / Subsidiárias.

Autor 04:

- Nome: Danilo Belpiede;
- Local e ano nascimento: São Paulo - 1979
- Local e ano de graduação: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Engenharia Elétrica na área de Energia e Automação Elétricas, 2002;
- Local e ano de pós-graduação: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Mestrado em Engenharia Elétrica na área de Sistemas de Potência, 2006;
- Gerente Engenharia/Construção das subsidiárias CTEEP: Serra do Japi, Pinheiros, IEMG e Evrecy;
- Experiência profissional: 15 anos trabalhando em diversas áreas em concessionárias do setor elétrico brasileiro em engenharia, construção, planejamento, controle e implementação de projetos greenfield e brownfield de subestações e linhas de transmissão oriundos de leilões de transmissão e autorizações da ANEEL