

Energia Elétrica e Sustentabilidade 2

Jaqueline Oliveira Rezende
(Organizadora)



Atena
Editora

Ano 2018

JAQUELINE OLIVEIRA REZENDE

(Organizadora)

Energia Elétrica e Sustentabilidade

2

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E56	Energia elétrica e sustentabilidade 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Jaqueline Oliveira Rezende. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (Energia Elétrica e Sustentabilidade; v. 2) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-85107-46-8 DOI 10.22533/at.ed.468180110 1. Desenvolvimento energético – Aspectos ambientais. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Energia elétrica. I. Rezende, Jaqueline Oliveira. CDD 338.4
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A sustentabilidade pode ser entendida como a capacidade de o ser humano utilizar os recursos naturais para satisfazer as suas necessidades sem comprometer esses recursos para atender as gerações futuras. Nesse contexto, a sustentabilidade está inter-relacionadas em diversos setores, sendo os principais o social, o ambiental e o econômico. Dessa forma, constitui um dos desafios da sociedade moderna o desenvolvimento sustentável que objetiva preservar o meio ambiente durante a realização de outras atividades.

A energia elétrica representa um dos principais pilares para o progresso econômico de uma nação e, conseqüentemente, para o atendimento de inúmeras necessidades da humanidade. Portanto, esse setor também tem se preocupado com a geração, a transmissão, a distribuição de energia elétrica e a construção de novos empreendimentos, como as usinas hidrelétricas, de maneira a preservar o meio ambiente. Logo, a Engenharia Elétrica tem apresentado significativas pesquisas e resultados de ações pautadas na sustentabilidade.

Neste ebook é possível notar que a relação da Engenharia Elétrica e a Sustentabilidade é de preocupação de diversos profissionais envolvidos nesse setor, sendo esses advindos da academia, das concessionárias de energia elétrica e do governo. Dessa forma, são apresentados trabalhos teóricos e resultados práticos de diferentes formas de aplicação da preservação do meio ambiente na engenharia elétrica.

Inicialmente são apresentados artigos que discorrem sobre o desenvolvimento sustentável e a sustentabilidade ambiental, custos ambientais em empreendimentos de geração de energia elétrica, recuperação ambiental, conservação da fauna, políticas administrativas e direcionamento de resíduos eletrônicos.

Em seguida, são descritos estudos sobre formas de geração de energia elétrica renováveis não convencionais, sendo apresentadas a energia eólica e a energia solar fotovoltaica. Essas formas de geração contribuem para o desenvolvimento sustentável, uma vez que geram energia elétrica utilizando recursos naturais não finitos, o vento na geração eólica e o sol na geração fotovoltaica.

Além disso, neste exemplar são expostos artigos que contemplam diversas áreas da engenharia elétrica, como redes smart grids, sistema de proteção, operação remota de usinas hidrelétricas, inteligência computacional aplicada a usina termelétrica, transformadores de potência, linhas de transmissão, tarifa horária, lâmpadas led, prevenção de acidentes em redes de média tensão e eficiência energética.

Jaqueline Oliveira Rezende

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
PROSPECÇÃO DE PARQUES HIDROKINÉTICOS ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PROJETOS NOS RIOS IGUAÇU E PARANÁ	
<i>Marcos Aurélio de Araujo</i>	
CAPÍTULO 2	10
TROCADOR DE CALOR – INOVAÇÃO NO AQUECIMENTO DE ÁGUA, FUNCIONAMENTO, RESULTADOS E COMPARAÇÃO COM TECNOLOGIAS SEMELHANTES	
<i>Odair Deters</i>	
<i>Paulo Valdocci Pereira</i>	
<i>Valério Monteiro</i>	
CAPÍTULO 3	23
SISTEMA ÓPTICO CWDM COMO PLATAFORMA DE MONITORAÇÃO DE ATIVOS E DE COMUNICAÇÃO DE DADOS PARA REDES SMART GRIDS	
<i>João Batista Rosolem</i>	
<i>Danilo César Dini</i>	
<i>Claudio Antonio Hortêncio</i>	
<i>Eduardo Ferreira da Costa</i>	
<i>Rivael Strobel Penze</i>	
<i>João Paulo Vicentini Fracarolli</i>	
<i>Carlos Alexandre Meireles Nascimento</i>	
<i>Vítor Faria Coelho</i>	
CAPÍTULO 4	37
PORTAL OPERACIONAL DE EQUIPAMENTOS ESPECIAIS DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO - UMA FERRAMENTA PARA GESTÃO DA CONFORMIDADE E DA CONTINUIDADE NO FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA	
<i>Rafael Cassiolato de Freitas</i>	
<i>Sadi Roberto Schiavon</i>	
CAPÍTULO 5	46
MODERNIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE PROTEÇÃO, CONTROLE E SUPERVISÃO DA USINA HIDRELÉTRICA DE SAMUEL	
<i>Davi Carvalho Moreira</i>	
<i>Daniel Simões Pires</i>	
<i>Danilo Gomes Matias</i>	
<i>Heleno Fülber</i>	
<i>Bruno Merlin</i>	
CAPÍTULO 6	62
OPERAÇÃO REMOTA DE USINAS PELO CENTRO DE OPERAÇÃO DA GERAÇÃO DA ELETROBRAS ELETRONORTE	
<i>Davi Carvalho Moreira</i>	
<i>Daniel Simões Pires</i>	
<i>Danilo Gomes Matias</i>	
<i>Juliano Cortes de Souza</i>	
<i>Leonardo Siqueira Rodrigues</i>	
<i>Heleno Fülber</i>	
<i>Bruno Merlin</i>	
CAPÍTULO 7	70
ABORDAGEM DE INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL APLICADA PARA MODELAGEM PREDITIVA DE EMISSÕES DE NOX E CO DE UMA TURBINA A GÁS DE UMA USINA TERMELÉTRICA DE CICLO COMBINADO	
<i>Eduardo Massashi Yamao</i>	
<i>Juliano Pierezan</i>	

João Paulo Silva Gonçalves
Marcos Cesar Gritti
Luís Gustavo Tomal Ribas
Flávio Chiesa
Victor Manuel Lopes dos Santos
Marcos de Freitas
André da Silva Orlandi
Leandro dos Santos Coelho

CAPÍTULO 8 82

CONFIRMAÇÃO DA EFICÁCIA DO ENSAIO DE RESPOSTA DO DIELÉTRICO DE TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA E BUCHAS CAPACITIVAS COMO TÉCNICA DE MANUTENÇÃO PREDITIVA

Hugo Rafael Freitas Negrão
Fernando de Souza Brasil
Bárbara Medeiros Campos
Maria Emília de Lima Tostes
Jorge Augusto Siqueira Tostes
Paulo Roberto Moutinho de Vilhena

CAPÍTULO 9 96

A EXPERIÊNCIA DA ELETRONORTE NA IMPLANTAÇÃO DA ANÁLISE DE RESPOSTA EM FREQUÊNCIA PARA DIAGNÓSTICO DE REATORES E TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

Vanessa de Cássia Viana Martins Beltrão

CAPÍTULO 10 113

ANÁLISE DE DESEMPENHO DA LINHA DE TRANSMISSÃO 230 KV DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE RONDÔNIA OPERANDO COM CABOS PARA-RAIOS ISOLADOS E ENERGIZADOS EM MÉDIA TENSÃO

José Ezequiel Ramos
Alexandre Piantini
Ary D'Ajuz
Valdemir Aparecido Pires
Paulo Roberto de Oliveira Borges

CAPÍTULO 11 126

ESTUDO DE APLICAÇÃO DO DISPOSITIVO SVC NA LINHA DE TRANSMISSÃO MESQUITA VIANA II

Alcebíades Rangel Bessa
Lucas Frizera Encarnação
Paulo José Mello Menegáz

CAPÍTULO 12 143

IMPLANTAÇÃO DA LINHA DE TRANSMISSÃO SUBTERRÂNEA 230KV CIRCUITO DUPLO DA COPEL

Márcio Tonetti
Ilmar da Silva Moreira
João Nelson Hoffmann

CAPÍTULO 13 153

TRANSMISSÃO DE ENERGIA SEM FIO: ESTUDO POR INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA E ACOPLAMENTO MAGNÉTICO RESSONANTE

Guilherme Hideki Shibukawa
Eric Eduardo Goveia Pandolfo
Ricardo Andreola
Emerson Charles Martins da Silva

CAPÍTULO 14 168

TARIFAS HORÁRIAS PARA SISTEMA DE TRANSMISSÃO CONSIDERANDO O SINAL LOCACIONAL

Marcio Andrey Roselli
André Meister

*Denis Perez Jannuzzi
Robson Kuhn Yatsu
André Veiga Gimenes
Miguel Edgar Morales Udaeta*

CAPÍTULO 15..... 178

AVALIAÇÃO DAS LÂMPADAS LED NO MERCADO BRASILEIRO (ARTIGO APRESENTADO NO XXIV SNPTEE)

*Alessandra da Costa Barbosa Pires de Souza
Maurício Barreto Lisboa
Willians Felipe de Oliveira Rosa*

CAPÍTULO 16..... 185

AVALIAÇÃO DO MÉTODO INDEPENDENTE DE MEDIÇÃO DE PERTURBAÇÕES RADIADAS – ANEXO B DA CISPR 15 (ARTIGO APRESENTADO NO XXIV SNPTEE)

*Alessandra da Costa Barbosa Pires de Souza
Maurício Barreto Lisboa
Willians Felipe de Oliveira Rosa*

CAPÍTULO 17 193

PADRÕES DE QUALIDADE PARA SERVIÇOS DE PINTURA ANTICORROSIVA APLICADOS AO SETOR ELÉTRICO

*Alberto Pires Ordine
Cristina da Costa Amorim
Marcos Martins de Sá
Elber Vidigal Bendinelli*

CAPÍTULO 18..... 209

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO, PRODUTIVIDADE E CUSTOS DE TECNOLOGIAS DE PROTEÇÃO ANTICORROSIVA PARA ESTRUTURAS ENTERRADAS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO

*Cristina da Costa Amorim
Alberto Pires Ordine
Marcos Martins de Sá
Wendell Porto de Oliveira*

CAPÍTULO 19 221

ANÁLISE DE QUASE-ACIDENTES, OCORRIDOS NA ATIVIDADE DE MANUTENÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DE MÉDIA TENSÃO, COMO MEIO EFICAZ E PROATIVO NA PREVENÇÃO DE ACIDENTES

*Cristiano José Gober
Cresencio Silvio Segura Salas*

CAPÍTULO 20 235

PORTAL R3E COMO FERRAMENTA INDUTORA E DISSEMINADORA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

*Clara Ovídio de Medeiros Rodrigues
Marcelo Bezerra de Melo Tinoco
Aldomar Pedrini
Edison Alves Portela Junior
João Queiroz Krause
Marco Aurélio Ribeiro Gonçalves Moreira
Fernando Pinto Dias Perrone*

CAPÍTULO 21..... 246

HIERARQUIA DAS NECESSIDADES E RESILIÊNCIA NO PAGAMENTO DE SERVIÇOS PÚBLICOS UTILIZADOS: UM ESTUDO DE CASO VOLTADO A ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL

*Ana Lúcia Rodrigues da Silva
Fernando Amaral de Almeida Prado Jr.
Carolina Rodrigues de Almeida Prado*

CAPÍTULO 22 258

PROJETO PILOTO PARCELAMENTO PRÓ-ATIVO DE DÉBITOS DE IRREGULARIDADE

Diego Rivera Mendes

Julio Eloi Hofer

Rafael Luís de Avila

CAPÍTULO 23 267

MODELAGEM ESTRATÉGICA PARA A CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ANTECIPAÇÃO DO ATENDIMENTO AO CLIENTE PARA A MELHORIA OPERACIONAL E DE SERVIÇOS

Carlos Alberto Fróes Lima

Anderson Diego Machiaveli

Luciano E. A. Peres

Tales Neves Anarelli

SOBRE A ORGANIZADORA 287

IMPLANTAÇÃO DA LINHA DE TRANSMISSÃO SUBTERRÂNEA 230KV CIRCUITO DUPLO DA COPEL

Márcio Tonetti

Copel Geração e Transmissão S.A.
Curitiba – Paraná

Ilmar da Silva Moreira

Copel Geração e Transmissão S.A.
Curitiba – Paraná

João Nelson Hoffmann

Copel Geração e Transmissão S.A.
Curitiba – Paraná

RESUMO: Este artigo apresenta o caso do projeto de uma Linha de transmissão subterrânea (LTS) 230kV circuito duplo, com 8km de extensão onde foi comparada, técnica e economicamente com a mesma LT aérea equivalente. Através desta comparação evidencia-se o ganho propiciado pela tecnologia de cabos isolados seja pela vantagem dos aspectos ambientais e visuais, ou pela velocidade de execução e implantação ou ainda pela otimização da rota de implantação. As instalações do sistema elétrico de potência que estão prestes a não atender aos critérios de transmissão de energia estabelecidos pelo planejamento, devem ser adequadas à nova demanda através de alternativas técnicas e economicamente viáveis. Entre as alternativas possíveis estão a recapacitação de instalações existentes ou a proposição de instalação de novos circuitos, subestações

e linhas de transmissão. Particularmente as linhas de transmissão, novos circuitos inferem a necessidade de diferentes rotas ao traçado possibilitando a melhor escolha, em função do balanço técnico-econômico, entre as possíveis formas construtivas: LT aérea com postes de concreto, LT aérea com estruturas metálicas e LT subterrânea com cabos isolados.

PALAVRAS-CHAVE: Linha de transmissão subterrânea, cabos condutores isolados, estruturas metálicas, aspectos ambientais.

1 | INTRODUÇÃO

A grande maioria das obras com origem nos leilões de transmissão da Aneel é de linhas de transmissão aéreas havendo, neste sentido, reduzidos projetos e construção de linhas de transmissão subterrâneas. Entre estes casos já leiloados pela Aneel de empreendimentos de linhas de transmissão (LTs) subterrânea está a LT Curitiba Centro - Uberaba em 230kV circuito duplo (LTS 230kV CTC-UBR), arrematada pela Copel Geração e Transmissão no leilão da Aneel nº05/2015 em novembro de 2015, da qual os detalhes de implantação serão apresentados neste artigo (ANEEL, 2015). Sua rota de implantação (Figura 1) em grande parte substitui a linha de transmissão aérea em 69kV

Capanema-Uberaba (LT 69kV CPM-UBR) em circuito duplo.



FIGURA 1 – Rota de implantação da LTS 230kV CTC-UBR.

A respeito da LT 69kV CPM-UBR trata-se de uma antiga instalação a qual certamente contribuiu positivamente para a formação do desenvolvimento da região. Porém a mesma há algum tempo é alvo de críticas da população local em função da poluição visual causada (Figura 2). A implantação da LTS 230kV CTC-UBR apesar de contribuir para solucionar e/ou reduzir esta situação causa, curiosamente, a opinião de que a LT 69kV CPM-UBR a ser retirada é patrimônio do povo curitibano. O pseudônimo “Avenida da Torres” dado à Avenida Comendador Franco onde estas estruturas se encontram também será suprimido com a implantação da LTS, sendo alvo de brincadeiras a respeito como “Avenida sem as torres”, etc.



FIGURA 2 – Poluição visual causada pela LT 69kV CPM-UBR.

2 | CARACTERÍSTICAS DA LTS

A presente LTS 230kV CTC-UBR é composta por dois circuitos onde um deles é considerado ativo e o outro backup em casos de manutenção e/ou situações emergenciais. A linha será implantada através de banco de dutos (vala) preenchidos com bentonita e recobertos com backfill (Figura 3a) e através de método-não-destrutivo

(MND) (perfuração direcionada) para os locais que não comportem a instalação do referido banco de dutos (Figura 3b). A seção típica para o trecho em que a LTS será implantada em vala propiciará a disposição vertical de ambos circuitos. Um agravante à execução das valas é que no caso na Avenida Comendador Franco não se pode ter intervenções no asfalto (danos/cortes) pelos próximos 10 anos.

O uso de dutos corrugados está prevista para que as valas possam ser executadas e fechadas rapidamente, sem que para isto tenha-se o cabo já instalado. Antes da recomposição da pavimentação ou do terreno original, será realizada a inspeção dos dutos através da passagem de mandril (COPEL, 2016).

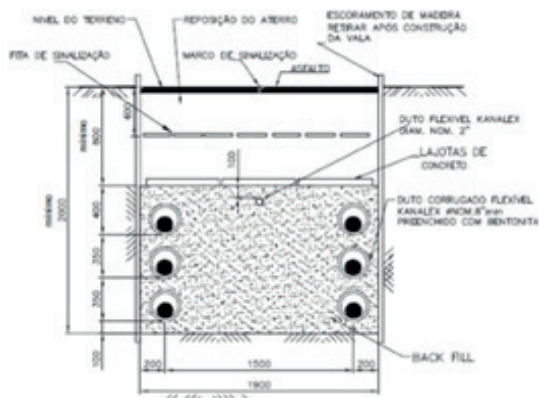


FIGURA 3a – Seção típica LTS CTC-UBR.

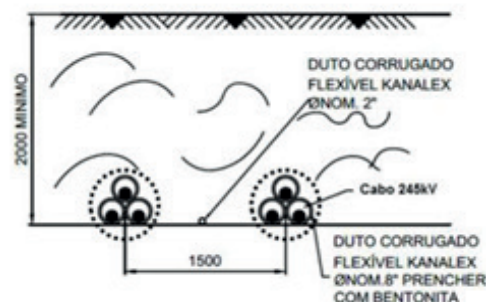


FIGURA 3b – MND para LTS CTC-UBR.

A concepção de dois circuitos em paralelo compartilhando a mesma vala foi de difícil definição, necessitando buscar juntamente com a equipe de manutenção, soluções já adotadas em outras empresas a fim de minimizar os problemas de segurança e os impactos no método de manutenção corretiva, em função da distância a ser considerada entre os circuitos e os limites da vala.

Ao longo de toda a LTS serão instalados dutos destinados ao lançamento do cabo óptico com o objetivo de prover comunicação e controle entre as duas subestações. Serão instaladas caixas de armazenamento de cabo óptico ao longo da LTS. A capacidade de corrente de longa duração e curta duração, especificadas no Edital de leilão N° 0052015 – LOTE E, são respectivamente 910A e 1205A (COPEL, 2016). Para atender estes requisitos técnicos foi dimensionado a aplicação do cabo XLPE com ampacidade equivalente, classe de tensão 245 kV e seção transversal 1200mm² alumínio. O monitoramento de temperatura dos cabos será feito por meio de fibras ópticas instaladas no próprio cabo, formando o chamado sistema DTS (Distributed Temperature Sensing).

O sistema de aterramento a ser utilizado é o tradicional cross-bonding (Figura 4) composto por quatorze caixas de desconexão endo que em seis destas há a previsão da instalação de descarregadores de 10kV. A interligação entre as caixas de desconexão e os cabos condutores ou terminais das subestações será feita através de cabo isolado 240mm² (COPEL, 2016).

Ao longo do traçado previsto de aproximadamente 8km, serão construídas 8 caixas de emenda, consideradas aqui como buracos de emenda devido ao seu formato construtivo não prever paredes de alvenaria e/ou suportes para fixação do cabo, exceto os momentâneos para a execução dos trabalhos envolvidos. Após a realização da passagem dos cabos e da execução das emendas e aterramento, os buracos de emenda serão preenchidos com backfill e areia, sendo finalizado com solo da região (COPEL, 2016).

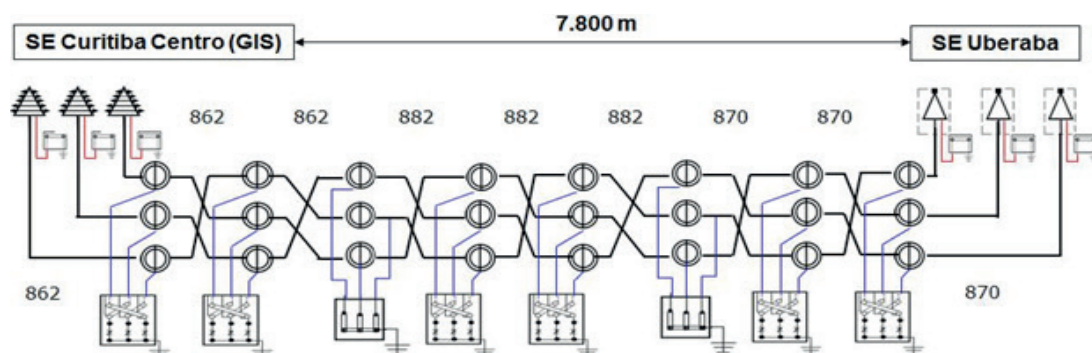


FIGURA 4 – Sistema de aterramento cross-bonding da LTS 230kV CTC-UBR.

3 | OBRAS DE IMPLANTAÇÃO DA LTS

Na escolha da rota de uma LTS, foi realizado paralelamente o levantamento das interferências (Figuras 5 e 6). Quanto mais precisa for a campanha para localizar estas interferências, caracterizando-as segundo seu tipo, o material aplicado, sua profundidade, bem como possíveis fontes de problemas futuros, maior será a otimização das obras civis e de instalação (LOPES, 2010).

Os principais obstáculos estruturais encontrados são compostos por viadutos, trincheiras e cruzamentos com rodovia. Este último exclusivamente será tratado a partir da execução da passagem dos dutos sob estas pelo uso do método MND.



FIGURA 5a – Trincheira e rio canalizado.

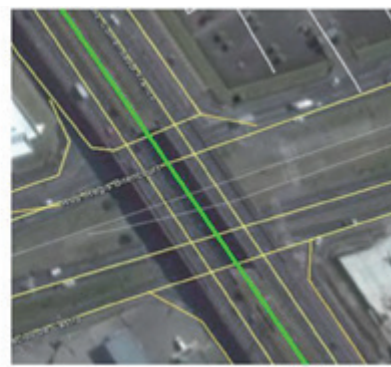


FIGURA 5b – Viaduto e tubulações.



FIGURA 6a – Traçado e tubulações.



FIGURA 6b – Traçado e tubulações.

A previsão inicial é trabalhar com quatro frentes de execução dos bancos de dutos (Figura 7), sendo uma frente executando os MND's e outras três frentes de instalação/construção de caixas de emenda/passagem para os cabos condutores e ópticos. Assim, uma única frente de MND fará todas as travessias onde não houver possibilidade de se fazer o método do banco de dutos convencional. As 3 frentes de caixas de emendas/passagens acompanharão as frentes dos bancos de dutos (COPEL, 2016).



FIGURA 7 – Frentes de trabalho para implantação da LTS 230kV CTC-UBR.

Para a implantação da LTS 230kV CTC-UBR há necessidade de interdição de uma das vias da Avenida Comendador Franco em no mínimo 50m lineares pela largura da faixa, para carga e/ou descarga de material bota-fora e bota-espera (Figura 8). Todas as interdições devem ser programadas com os órgãos competentes buscando os horários de menor fluxo de veículos, segundo o estudo de trânsito elaborado, e menor impacto à população local. Todas as sinalizações devem seguir o padrão dos órgãos competentes locais.

A intenção é com isto deixar os materiais e banco de dutos o menor tempo possível em exposição na região de instalação. Assim, além da agilidade no processo de implantação podem-se minimizar problemas de vandalismo e até mesmo furto

de materiais e ferramentas envolvidos, além de evitar acidentes com transeuntes da região (COPEL, 2016).

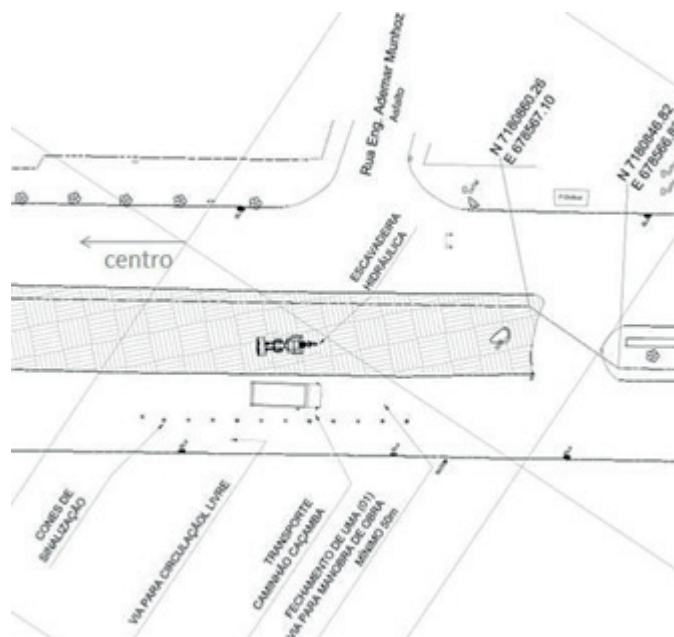


FIGURA 8 – Frentes de trabalho para implantação da LTS 230kV CTC-UBR.

Especificamente para a implantação da LTS 230kV CTC-UBR, as atividades referenciadas não se limitam apenas à concessionária local. Todos os órgãos competentes, responsáveis pela gestão do meio urbano da cidade de Curitiba/PR solicitaram diversas explicações e apresentações a respeito, pois trata-se de um sistema de características totalmente diferentes daquelas aplicadas à LT aérea convencional.

Desta forma, o processo de licenciamento ambiental solicitou de antemão a apresentação ao órgão competente do município além do estudo de trânsito, o documento chamado plano de ataque (Figura 9) cuja confecção foi de extremo trabalho, uma vez que o projeto executivo na época não havia sido ainda concebido.

Através do plano de ataque foi possível a análise antecipada de algumas interferências, principalmente aquelas que envolvem a movimentação de materiais e equipamentos, uma vez que o detalhamento demonstrou, por exemplo, a relação de equipamentos, quantidade de materiais e pessoas envolvidas para determinada atividade componente à implantação da LTS (COPEL, 2016).

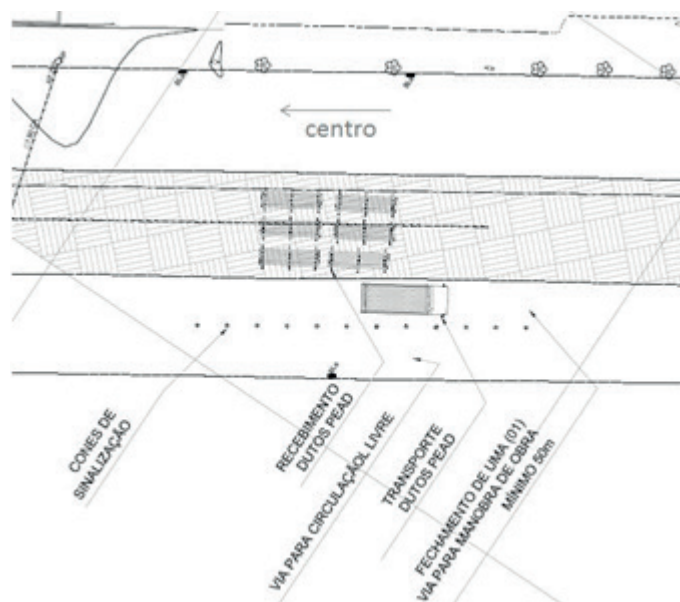


FIGURA 9 – Frentes de trabalho para implantação da LTS 230kV CTC-UBR.

Também concluiu-se que os impactos ambientais para a implantação da referida LTS 230kV CTC-UBR, pelo fato de ser caracterizada como subterrânea, neste caso são reduzidos. Pelo conhecimento de outros empreendimentos na região, isto não aconteceria caso a concepção desta LT seguisse os padrões de uma linha de transmissão aérea convencional.

O estudo de trânsito foi responsável pelas respostas ao impacto que será causado ao fluxo de veículos na região de implantação da LTS 230kV CTC-UBR. O maior impacto identificado está localizado na Avenida Comendador Franco, uma vez que esta é utilizada como corredor direto de deslocamento com grande fluxo de veículos interligando o Aeroporto Internacional de Curitiba (Afonso Pena) ao centro da capital paranaense (Figura 10). As atividades nesta região deverão ser muito bem organizadas e planejadas para que não ocorram grandes impactos e atrasos ao empreendimento (COPEL, 2016).



FIGURA 10 – Frentes de trabalho para implantação da LTS 230kV CTC-UBR.

4 | COMPARATIVO DA LTS À LT AÉREA CONVENCIONAL

A tomada de decisão entre estes modelos, do ponto de vista técnico, baseia-se nos aspectos de planejamento do sistema e na sua operação, considerando as diferenças substanciais das características técnicas de cada sistema. Não menos importante, os aspectos ambientais e estéticos também são fatores primordiais para esta análise.

Quanto maior o nível de tensão do circuito maior é o custo por km ou por MVA do cabo subterrâneo comparado com uma LT aérea equivalente, sendo que a relação de custo de investimento entre cabos subterrâneos e linhas aéreas são da ordem de 8 a 16 vezes para a faixa de tensão entre 220kV à 362kV (LOPES, 2010).

Para o presente caso, comparando-se a LTS 230kV CTC-UBR à uma LT aérea convencional de circuito duplo (Figura 11), com características técnicas semelhantes, o custo do empreendimento está em torno de 9 para 1, ou seja, o custo inicial envolvido para a implantação da LTS está em torno de 9 vezes ao custo de implantação de uma LT aérea convencional equivalente.



FIGURA 11 – Frentes de trabalho para implantação da LTS 230kV CTC-UBR.

Apesar de as linhas aéreas e os cabos subterrâneos serem completamente diferentes, devem possuírem vida útil similares em função do tempo de concessão prescrito pela Aneel que em média igual a 30 anos. Os custos de manutenção preventiva para cabos subterrâneos geralmente são menores do que os de linhas aéreas em função da redução acentuada na taxa de falhas atrelada às linhas subterrâneas.

As relações de custos podem ser refinadas considerando todos os custos envolvidos incluindo os operacionais. Estas relações podem variar significativamente

devido aos diferentes requisitos de rota, planejamento, requisitos legais e compensações ambientais para cada projeto. Quando se inclui os custos das perdas nestas relações elas sofrem uma ligeira redução, uma vez que sempre se deve atender aos requisitos dos editais da Aneel quanto às perdas máximas das linhas de transmissão (LOPES, 2010).

Particularmente, os custos de manutenção corretiva para uma LTS tende a ser maior quando comparado ao custo de uma LT aérea convencional, uma vez que a atuação nos circuitos é mais demorada em função do acesso aos cabos. O ferramental e pessoal também devem ser especializados e preparados para a ação. Por se tratar de ambiente urbano, isto acaba também impactando no custo de manutenção. Mesmo que em uma LT aérea exista regiões onde o acesso é dificultoso, comparativamente em uma LTS sua extensão normalmente dá-se em ambiente urbano o que acaba dificultando as ações e necessitando de licenças, sinalização, coordenação de trânsito e outros para a intervenção.

Para a presente LTS 230kV CTC-UBR, após sua instalação, prevê-se trabalhar como complemento à manutenção preventiva a aplicação da manutenção visual copartilhada a fim de evitar problemas principalmente com interferências futuras.

5 | CONCLUSÃO

Através da implantação da linha de transmissão subterrânea foram demonstradas algumas das vantagens técnicas deste modelo de LT comparado à mesma Linha de transmissão aérea equivalente.

Foram detalhados os critérios de tomada de decisão e dificuldades para a implantação da linha de transmissão subterrânea, baseados no plano de ataque elaborado antes do projeto executivo.

Conforme a breve comparação financeira elaborada entre a implantação da linha de transmissão subterrânea e a mesma Linha de transmissão aérea equivalente no padrão urbano e rural, percebe-se que o empreendimento em questão está dentro do esperado.

Com a LTS até o momento, houve redução do impacto da Linha de transmissão ao meio ambiente, propiciando mais uma opção nesta busca por resolver este impasse entre o desenvolvimento e a conservação ambiental, amenizando inconvenientes sociais.

A Copel espera que, através deste compartilhamento da breve experiência da Copel vivida na implantação inicial deste empreendimento, contribua de alguma forma com o setor para o desenvolvimento de novas implantações deste tipo de tecnologia de linha de transmissão.

REFERÊNCIAS

ANEEL. Edital do leilão nº 05/2015-ANEEL. **Licitação para a Concessão de Serviço Público de Transmissão de Energia Elétrica, incluindo a Construção, Operação e Manutenção das Instalações de Transmissão do Sistema Interligado Nacional.** Brasília, outubro de 2015;

COPEL GET; PRYSMIAN GROUP. **Projeto Básico LTs: Memorial Descritivo.** Julho de 2016;

LOPES, Julio César Ramos. **Noções Básicas de Planejamento de Sistema e Estudos de Viabilidade de Linhas de Transmissão Subterrâneas.** São Paulo. Abril de 2010.

SOBRE A ORGANIZADORA

Jaqueline Oliveira Rezende Possui graduação em Engenharia Elétrica, com certificado de estudos em Engenharia de Sistemas de Energia Elétrica e mestrado em Engenharia Elétrica, ambos pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Atualmente é aluna de doutorado em Engenharia Elétrica, no Núcleo de Dinâmica de Sistemas Elétricos, pela Universidade Federal de Uberlândia. Atuou como professora nos cursos de Engenharia Elétrica e Engenharia de Controle e Automação. Tem realizado pesquisas em Sistemas de Energia Elétrica, dedicando-se principalmente às seguintes áreas: Energia Solar Fotovoltaica; Curvas Características de Painéis Fotovoltaicos; Dinâmica de Sistemas Elétricos; Geração Distribuída; Simulação Computacional; Algoritmo Genético.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-85107-46-8

