

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
Curso de Especialização em Gerenciamento Ambiental

**Aspectos econômicos e ambientais da implantação de redes
subterrâneas de energia elétrica**

TALITA DE SOUZA CORREIA

Monografia elaborada como
requisito para conclusão do
Curso de Especialização em
Gerenciamento Ambiental da
Escola Superior de Agricultura
Luiz de Queiroz – ESALQ/USP

Orientadora: Fernanda Amaral Dantas Sobral

São Paulo - SP
2016

AGRADECIMENTO

Agradeço, primeiramente, a minha orientadora Fernanda, pela valiosa orientação e ajuda na elaboração da monografia e por me fazer crescer profissionalmente.

Agradeço também ao meu marido Thiago de Souza, pelas palavras de incentivo, quando continuar ficava pesado demais e por ter me emprestado a razão, nos momentos mais angustiantes.

À minha mãe, ao meu pai e ao meu irmão, por me mostrarem as coisas mais importantes da vida e por fazerem parte na construção dos meus valores.

À Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB e à equipe da Divisão de Gestão do Conhecimento – ETG, pela oportunidade, especialmente ao Elizeu e ao Bruno, por tornarem nossas aulas e *coffee breaks* mais tranquilos, mesmo nos momentos de escassez.

À equipe do Setor de Avaliação de Empreendimentos Lineares – IEOL, da CETESB, por compartilhar sugestões, dúvidas, sufocos e risadas.

À 17ª Turma do Curso de Especialização em Gerenciamento Ambiental e aos professores, pelas discussões tão ricas e por me mostrarem essa imensidão de pensamentos diferentes, especialmente às meninas do “Grupo D”, Ana Paula, Camila, Luciana, Renata Maria, Rina e Simone, pela parceria.

E, finalmente, ao José Ricardo Mafra, da Secretaria de Energia do Estado de São Paulo, e às concessionárias de distribuição de energia elétrica, pelas fontes de pesquisas e por terem compartilhado conhecimento.

RESUMO

O sistema de energia elétrica do Brasil conta com uma rede de transmissão de energia com mais de 90 mil quilômetros de linhas, nas tensões que variam de 230 a 750 kV, a cargo de 64 concessionárias; já as redes de subtransmissão e distribuição de energia elétrica, com tensão de operação igual ou menor que 138 kV atendem a mais de 61 milhões de unidades consumidoras e são operadas por 63 concessionárias. Menos de 2% das linhas que compõem as redes de média e baixa tensão (2,3 kV a 440 V) são redes subterrâneas. A demanda por energia elétrica é crescente e torna-se cada vez mais difícil a construção de redes aéreas em locais densamente ocupados, áreas ambientalmente sensíveis, ou que guardam características históricas. Através de pesquisa do panorama atual das redes subterrâneas no mundo e no Brasil, e do levantamento de aspectos construtivos, econômicos e ambientais na implantação de tais redes foi possível elencar os ganhos provenientes dessa tipologia de rede, quais sejam: melhoria no serviço de distribuição de energia elétrica tornando-o mais confiável e com melhor qualidade; diminuição das perdas não técnicas de energia elétrica provenientes de fraudes e furtos; resolução de conflitos na instituição de faixa de servidão, ou de conflitos fundiários; melhoria estética e de segurança, valorizando determinada região; diminuição de impactos no meio biótico, com a redução da intervenção em vegetação nativa e áreas protegidas; e diminuição de incômodos à população vizinha às redes de energia elétrica. Com isso foi possível analisar os possíveis ganhos na implantação das redes subterrâneas e a possibilidade de sua implantação na resolução de conflitos. Além disso, através da análise de alguns empreendimentos em processo de licenciamento ambiental no Estado de São Paulo, concluiu-se que a possibilidade de implantação de redes subterrâneas, ou até mesmo do enterramento de redes aéreas existentes necessitam de estudos mais aprofundados, do ponto de vista construtivo, ambiental e econômico, com participação dos órgãos reguladores, concessionárias e demais atores envolvidos.

Palavras chaves: enterramento de cabos, impactos da instalação de linhas, valorização paisagística, distribuição de energia elétrica, transmissão de energia elétrica

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa do Sistema Interligado Nacional – SIN	8
Figura 2	Evolução dos indicadores DEC e FEC no Brasil	16
Figura 3	Evolução dos indicadores DEC e FEC no Estado de São Paulo, anualizados	17
Figura 4	Percentual de perdas de energia elétrica do SIN, entre os anos de 2000 e 2013	18
Figura 5	Tarifa residencial de energia elétrica (US\$/MWh)	20
Figura 6	Participação das concessionárias nas redes subterrâneas do País	25
Figura 7	Rede de Distribuição Aérea – RDA, na via de acesso ao Parque Nacional do Iguaçu	29
Figura 8	Enterramento da rede de distribuição – cabos	29
Figura 9	Enterramento da rede de distribuição – vala	30
Figura 10	Enterramento da rede de distribuição – infraestruturas	30
Figura 11	Poste instalado na calçada da Estrada da Lagoa, município de Vargem Grande Paulista, impedindo circulação de pessoas	49
Figura 12	Poste instalado na calçada da Avenida Dr. Rene Corrêa, onde é possível notar a proximidade com a marquise da construção e os pedestres andando na rua	49
Figura 13	Manifestação da população afetada, contrária a implantação do empreendimento	49
Figura 14	Armazenamento do material, durante a implantação do empreendimento, impedindo a circulação de pessoas	49
Figura 15	Poste instalado na calçada da Avenida Dr. Rene Corrêa, onde foi possível constatar os transtornos aos pedestres	50
Figura 16	Poste instalado na calçada onde é possível comparar o porte entre as estruturas de transmissão (à esquerda) e distribuição (à direita) de energia elétrica	50
Figura 17	Faixa de servidão instituída para a LT de 88/138 kV Jandira – Cotia, adjacente a escola no município de Cotia	53
Figura 18	LT de 138 kV SE Tanquinho – SE Nova Aparecida	55
Figura 19	Local da futura implantação do Ramal de 88 kV SE Araçariguama, em calçada estreita da Estrada Imperial	56
Figura 20	Estrada Imperial no local da futura instalação do Ramal, com terrenos sem construção e calçadas estreitas e intensamente ocupadas	56
Figura 21	Comparativo entre os custos de implantação de redes subterrâneas e redes aéreas	62

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1	Concessionárias de energia elétrica atuantes no Estado de São Paulo	10
Tabela 1	Perfil dos distribuidores e energia distribuída por tipo de usuário no Estado de São Paulo	11
Quadro 2	Indicadores de Continuidade do Serviço de Distribuição de Energia Elétrica	15
Quadro 3	Encargos setoriais e seus objetivo	19
Tabela 2	Situação das redes de Baixa Tensão na Europa	22
Tabela 3	Situação das redes de Média Tensão na Europa	22
Tabela 4	Situação das redes de Alta e Extra Alta Tensão na Europa	23
Tabela 5	Utilização das redes de distribuição	25
Tabela 6	Custos estimados das redes implantadas no Campus da USP	37
Tabela 7	Comparativo entre redes totalmente enterradas	38
Tabela 8	Comparativo entre redes parcialmente enterradas	39
Tabela 9	Comparativo entre diferentes tipos de redes	39

LISTA DE ABREVIATURAS

ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica
ACIC	Associação Comercial e Industrial de Campinas
AI	Auto de Infração
AMEX	American Express
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APP	Área de Preservação Permanente
ARSESP	Agência Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo
CE	Comunidade Europeia
CEB	Companhia Energética de Brasília
CELESC	Centrais Elétricas de Santa Catarina S. A.
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais S.A.
CESP	Companhia Energética de São Paulo
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CI	Caixa de Inspeção
CNAEE	Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica
CP	Caixa de Passagem
COELBA	Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia
COMGÁS	Companhia de Gás de São Paulo
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
CT	Câmara Transformadora
CTEEP	Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista
DEC	Duração Equivalente de Interrupção
DIC	Duração de Interrupção Individual
DMIC	Duração Máxima de Interrupção Contínua
DNAE	Departamento Nacional de Águas e Energia
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
DNPM	Departamento Nacional da Produção Mineral
EAS	Estudo Ambiental Simplificado
EMDEC	Empresa Municipal de Desenvolvimento de Campinas
EPE	Empresa de Pesquisas Energéticas
EPR	Etilenopropileno
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FEC	Frequência Equivalente de Interrupção
FIC	Frequência de Interrupção Individual
FIFA	Fédération Internationale de Football Association

ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
IP	Iluminação Pública
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
LI	Licença Ambiental de Instalação
LO	Licença Ambiental de Operação
LP	Licença Ambiental Prévia
LT	Linha de Transmissão
LTS	Linha de Transmissão Subterrânea
MND	Métodos Não Destrutivos
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PERA	Programa de Enterramento da Rede Aérea
PL	Projeto de Lei
PLS	Projeto de Lei do Senado
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
PVC	Policloreto de Vinila
RAC	Ramal Aéreo Consumidor
RAP	Relatório Ambiental Preliminar
RND	Rede Nacional de Distribuição
SAG	Société Anonyme Du Gaz
SANASA	Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S.A.
SE	Subestação
SIN	Sistema Interligado Nacional
TELCOMP	Associação Brasileira das Prestadoras de Serviços de Telecomunicações Competitivas
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
XLPE	Composto Extrudado de Polietileno Termofixo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1. Sistemas de energia elétrica	7
2.1.1. Concessionárias de transmissão e distribuição de energia	10
2.1.2. Regramento da distribuição de energia elétrica	11
2.1.3. Indicadores de qualidade de serviço de distribuição de energia elétrica	14
2.1.4. Perdas de energia elétrica	18
2.1.5. Tarifa de energia elétrica	19
2.2. Panorama das redes subterrâneas no mundo e no Brasil	21
2.2.1. No mundo	21
2.2.2. No Brasil	24
2.2.2.1. AES Eletropaulo	25
2.2.2.2. Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista – CTEEP	27
2.2.2.3. CPFL Energia	27
2.2.2.4. Light Serviços de Eletricidade S.A.	28
2.2.2.5. Centrais Elétricas de Santa Catarina S. A. – CELESC	28
2.2.2.6. Companhia Paranaense de Energia – COPEL	29
2.2.2.7. Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia – COELBA	30
2.2.2.8. Companhia Energética de Minas Gerais S.A. – CEMIG	30
2.2.2.9. Companhia Energética de Brasília – CEB	31
2.3. Aspectos construtivos, econômicos e ambientais das redes subterrâneas	31
2.3.1. Aspectos construtivos das redes subterrâneas	32
2.3.1.1. Redes subterrâneas totalmente enterradas	33
2.3.1.2. Redes subterrâneas parcialmente enterradas	33
2.3.1.3. Redes Subterrâneas e o uso do solo	34
2.3.1.4. Manutenção das redes subterrâneas	36
2.3.2. Aspectos econômicos das redes subterrâneas	36
2.3.3. Aspectos ambientais das redes subterrâneas	43
2.3.3.1. Proteção das redes de energia elétrica contra agentes externos	43
2.3.3.2. Arborização urbana e as redes de energia elétrica	44
2.3.3.3. Acidentes envolvendo as redes aéreas de energia elétrica	45
2.3.3.4. Melhoria estética dos centros urbanos	46
2.3.3.5. Geração de campos eletromagnéticos	47
3. ESTUDOS DE CASO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO E SUBTRANSMISSÃO	48
3.1. Ramal Aéreo Consumidor – RAC J. Serrano	48
3.2. Linhas de Transmissão – LTs de 88/138 kV Jandira – Monte Belo e Jandira – Cotia	51

3.3. Linha de Transmissão – LT de 138 kV SE Campinas 19 – LT de 138 kV SE Tanquinho – SE Nova Aparecida	54
3.4. Ramal de 88 kV SE Araçariguama – LT de 88 kV Oeste – SE São Roque	56
3.5. Linha de Transmissão – LT 230 kV CD Henry Borden – Manoel da Nóbrega e Subestação Manoel da Nóbrega	57
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS	67

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Atlas de Energia Elétrica do Brasil elaborado pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2008):

“De todos os segmentos da infraestrutura, energia elétrica é o serviço mais universalizado. A incidência e as dimensões dos nichos não atendidos estão diretamente relacionadas à sua localização – e às dificuldades físicas ou econômicas para extensão da rede elétrica. Afinal, cada uma das cinco regiões geográficas em que se divide o Brasil – Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e Norte – tem características bastante peculiares e diferenciadas das demais. Estas particularidades determinaram os contornos que os sistemas de geração, transmissão e distribuição adquiriram ao longo do tempo e ainda determinam a maior ou menor facilidade de acesso da população local à rede elétrica.”

O Brasil possui um sistema principal de energia elétrica composto por usinas, linhas de transmissão e ativos de distribuição, denominado Sistema Interligado Nacional – SIN, que abrange a maior parte do território brasileiro e contemplava, em 2008, um ativo de 900 linhas de transmissão que somam 89,2 mil quilômetros nas tensões que variam de 230 a 750 kV (ANEEL, 2008). Além disso, o SIN tem sua operação controlada pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS.

Segundo a ANEEL (2008), para o atendimento ao consumidor e planejamento das redes de distribuição, o nível de atividade econômica, capacidade de geração e circulação de renda e densidade demográfica (número de habitantes por quilômetro quadrado) são variáveis importantes. O sudeste e Sul, por exemplo, são as regiões mais desenvolvidas do país em termos econômicos e sociais e que apresentam maior densidade demográfica. Em consequência, o atendimento a novos consumidores pode ser realizado a partir de intervenções de pequeno porte para expansão da rede.

Embora os sistemas aéreos sejam amplamente utilizados para a transmissão e distribuição de energia elétrica, muitas vezes podem estar associados a problemas de confiabilidade e continuidade de serviço, conflitos no uso e ocupação do solo, além de interferências no ambiente urbanizado, tais como perda de acessibilidade/mobilidade, incompatibilidade com a arborização urbana, riscos elétricos à população, poluição visual etc. Soma-se a isso o fato de que com aumento da população e, conseqüentemente, aumento do consumo de energia elétrica, são necessárias novas redes de distribuição e instalações, que muitas vezes são realizadas de modo desordenado.

De acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia 2024, elaborado pela Empresa de Pesquisas Energéticas – EPE (2015), espera-se uma expansão do SIN, no

horizonte decenal, de 267 novas Linhas de Transmissão – LTs, e a área total abrangida pelas faixas de servidão das futuras LTs corresponde a 5.582 km², sendo que desses, 46% são áreas com vegetação nativa, 41% ocupados por pastagem e agropecuária, e os 13% restantes atravessam áreas de agricultura e de outros usos, inclusive ocupação urbana. Além disso, aproximadamente 11% da área ocupada pelas faixas de servidão incidem em áreas com algum tipo de restrição socioambiental, destacando-se entre elas assentamentos do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA e Unidades de Conservação de Uso Sustentável (39%).

Por outro lado, há forte resistência por parte das concessionárias para a implantação de redes subterrâneas de energia elétrica, principalmente em função do alto custo de implantação, falta de profissionais habilitados para a sua operação e manutenção, dentre outros motivos.

De acordo com Duclos e Teixeira (2013), o enterramento das redes de energia produz externalidades positivas (benefícios para a sociedade), que sob a ótica das operadoras de redes não são internalizados a ponto de produzir o nível ótimo de investimento para enterrá-las.

Diante dessas dificuldades, torna-se necessário propor soluções para a distribuição de energia elétrica em regiões com aumento no consumo ou regiões que já possuem conflitos instalados. Além disso, é necessário produzir uma discussão a respeito da implantação de redes subterrâneas, com levantamento dos aspectos construtivos, econômicos e ambientais, avaliando-se os possíveis benefícios da instalação dessa tipologia de rede de energia elétrica.

O presente estudo objetivou, através do levantamento dos aspectos associados à implantação de redes subterrâneas, verificar os possíveis ganhos na implantação das redes subterrâneas e a possibilidade de sua implantação na resolução de conflitos observados no processo de licenciamento ambiental de linhas de transmissão e subtransmissão no Estado de São Paulo.

Com isso espera-se obter um panorama da implantação de redes subterrâneas no mundo e no Brasil; identificar os problemas decorrentes da implantação e operação de rede aérea de energia, bem como das redes subterrâneas; levantar os possíveis ganhos relacionados à implantação e operação de redes subterrâneas de energia, e sua proposição na resolução de conflitos.

Para atingir os objetivos propostos foi realizada revisão de literatura acerca dos assuntos: contexto nacional e internacional de implantação e operação de redes subterrâneas de transmissão/distribuição de energia elétrica; aspectos regulatórios das redes subterrâneas no Brasil; problemas ambientais e econômicos associados à implantação e operação de redes aéreas de energia.

Foram utilizados dados secundários, incluindo: informações de processos de licenciamento da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, que em alguma etapa do processo apresentou conflitos gerados pela implantação de redes aéreas de energia elétrica; informações sobre custos e problemas relativos à operação e manutenção das redes, obtidas junto às concessionárias de energia elétrica e órgãos reguladores.

E finalmente foi realizada análise e compilação dos dados obtidos, para verificação dos prós e contras da implantação de redes subterrâneas de energia elétrica em estudos de caso de projetos em licenciamento no órgão ambiental do Estado de São Paulo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA

O sistema elétrico, de acordo com a Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica – ABRADDEE (2015) é diferente de outros sistemas de redes, como saneamento e gás, pois a energia elétrica não pode ser armazenada de forma economicamente viável, e isso implica na necessidade de equilíbrio, sendo que toda energia consumida deve ser produzida instantaneamente, do contrário, o sistema corre risco de desligamentos em cascata, mais conhecidos como “apagões”.

Para que a energia elétrica produzida chegue até o consumidor final, é necessária a implantação de sistemas de energia elétrica, definidos pela Lei Federal n.º 11.934, de 05 de maio de 2009, como *“conjunto de estruturas, fios e cabos condutores de energia, isoladores, transformadores, subestações e seus equipamentos, aparelhos, dispositivos e demais meios e equipamentos destinados aos serviços de geração, transmissão, distribuição e ao uso de energia elétrica”* (BRASIL, 2009).

Segundo a ABRADDEE (2015), as linhas de transmissão são basicamente constituídas por fios condutores metálicos suspensos em torres, por meio de isoladores cerâmicos ou de outros materiais altamente isolantes.

No Brasil, as linhas de transmissão são classificadas de acordo com o nível de tensão de sua operação, mensurado em Quilo Volt (kV). Para cada faixa de tensão, existe um código que representa todo um conjunto de linhas de transmissão de mesma classe, além de estrutura tarifária distinta de acordo com as suas peculiaridades de consumo e de demanda de potência, conforme relacionado abaixo (ANEEL, 2008):

- A1 – tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV
- A2 – tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV
- A3 – tensão de fornecimento de 69 kV
- A3a – tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV
- A4 – tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV
- AS – tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV atendida a partir de sistema subterrâneo de distribuição e faturada no Grupo A excepcionalmente.

De acordo com a ABRADDEE (2015), a classe A1 é representativa do sistema de transmissão interligado, ou SIN, também denominado rede básica; e as classes A2 e A3, quando não são de propriedade das transmissoras, representam as redes denominadas de subtransmissão, administradas pelas empresas de distribuição.

A Figura 1 a seguir indica as linhas de transmissão pertencentes ao SIN e que são operadas pelo ONS, sendo diferenciadas pela classe de tensão, entre linhas existentes e a serem implantadas, além do complexo (conjunto de usinas) de onde a energia é proveniente.

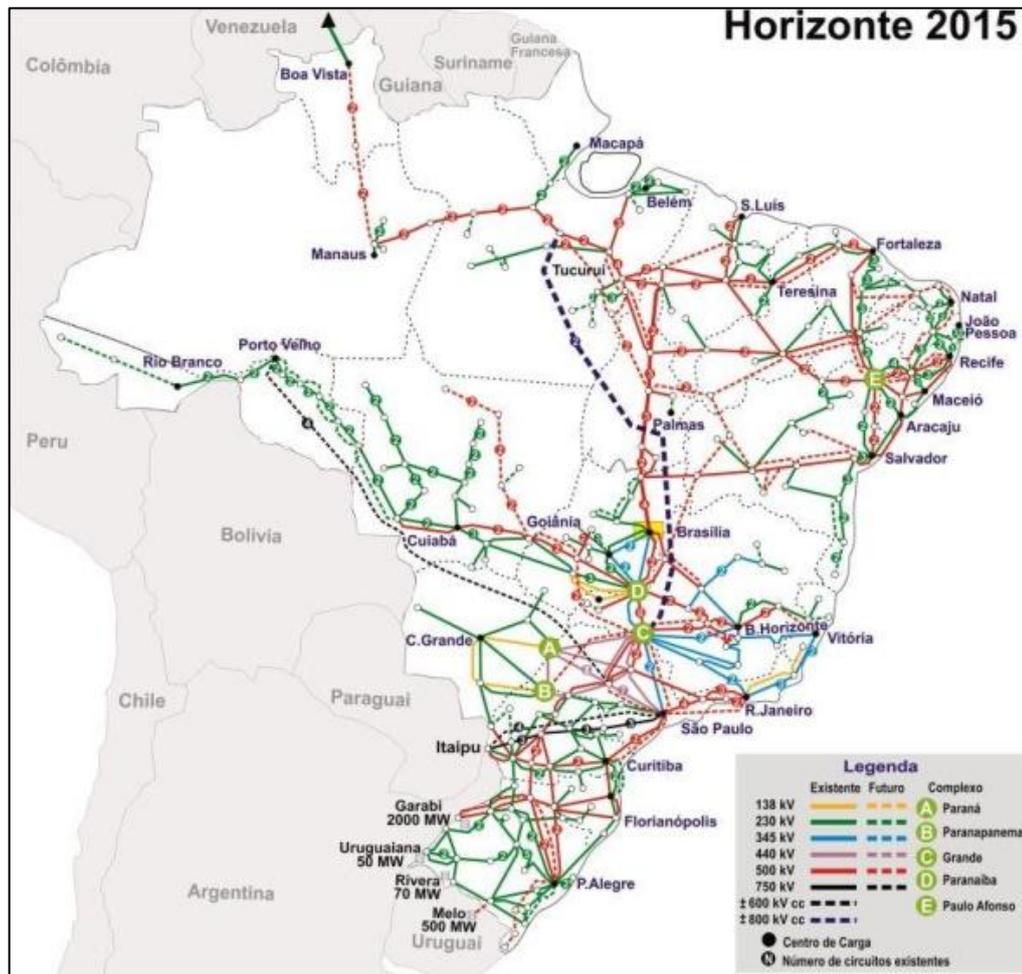


Figura 1 – Mapa do Sistema Interligado Nacional – SIN.

Fonte: ONS, 2015

Além das redes de subtransmissão, as empresas distribuidoras operam linhas de média e baixa tensão, também chamadas de redes primária e secundária, respectivamente, sendo que as linhas de média tensão são aquelas com tensão elétrica entre 2,3 kV e 44 kV (A4 e A3a) e as redes de baixa tensão, variam entre 110 e 440 V (ABRADEE, 2015).

Além da classificação pela tensão de operação, as redes de distribuição também podem ser classificadas em função do tipo de isolamento do condutor, podendo este ser nu, protegido ou isolado, ou quanto à forma de instalação das redes, que podem ser consideradas aérea, semienterrada e subterrânea (AZEVEDO, 2010).

A seguir são descritas as características de cada tipo de rede, de acordo com ABRADEE (2015) e Nakaguishi e Hermes (2011):

- Rede de Distribuição Aérea Convencional: tipo de rede elétrica mais encontrado no Brasil, na qual os condutores nus (sem isolamento) são apoiados sobre isoladores de vidro ou porcelana, fixados horizontalmente sobre cruzetas de madeiras nos circuitos primários de média tensão, e verticalmente nos circuitos secundários de baixa tensão. Devido a essa disposição dos condutores, essas redes são mais susceptíveis à ocorrência de defeitos (curtos-circuitos), principalmente quando há contato de galhos de árvores com os condutores elétricos.
- Rede de Distribuição Aérea Compacta: surgiu no Brasil na década de 1990, sendo constituída de três condutores cobertos por uma camada de polietileno não reticulado, sustentados por um cabo mensageiro de aço, que por sua vez, sustenta espaçadores poliméricos instalados a cada 10 m, apoiando os condutores que ficam dispostos em um arranjo triangular compacto. As redes compactas são muito mais protegidas que as redes convencionais, não somente porque os condutores tem uma camada de isolação, mas porque a rede em si ocupa bem menos espaço, resultando em menor número de perturbações.
- Rede de Distribuição Aérea Isolada: tipo de rede bastante protegida, com condutores encapados com isolação suficiente para serem trançados. Geralmente mais cara, essa rede é utilizada em condições especiais, como locais densamente arborizados ou regiões que exijam índices altos de confiabilidade do sistema.
- Rede de Distribuição Subterrânea: pode ser semienterrada, quando possuem os cabos enterrados e os equipamentos instalados sobre o solo, ou totalmente enterrada, que se caracteriza pelo uso de cabos e demais equipamentos elétricos totalmente enterrados. O arranjo semienterrado pode ser utilizado quando há área suficiente para instalação de painéis e cabines destinados a abrigar o transformador de distribuição e demais acessórios; já o arranjo totalmente enterrado é mais comum em regiões muito densas ou onde há restrições para a instalação das redes aéreas.

As redes que derivam das redes de distribuição das concessionárias para atendimento de viários, são conhecidas como rede de Iluminação Pública – IP, e também podem ser do tipo aéreo ou subterrâneo, entretanto, sua operação e a manutenção são de responsabilidade das prefeituras municipais (ABRADEE, 2015).

De acordo com Nakaguishi e Hermes (2011), as linhas de transmissão ou distribuição são caracterizadas pela ligação direta entre a fonte e um determinado centro de carga e sem ramificações. A simplicidade destas linhas, sem ramificações ou conexões a carga ao longo de sua extensão, permite a utilização de diferentes arranjos que, por sua vez, possuem determinada finalidade, condição de utilização e podem requerer equipamentos e dispositivos de proteção diferentes. Os principais arranjos são: Sistema Radial Simples, Sistema Radial com Primário em Anel, Sistema Radial com Primário Seletivo, Sistema

Radial com Secundário Seletivo, Sistema Reticulado Simples, Sistema Reticulado com Primário Seletivo, Sistemas híbridos e Sistema de Distribuição Residencial Subterrânea.

2.1.1. Concessionárias de transmissão e distribuição de energia

De acordo com o Atlas de Energia Elétrica do Brasil (ANEEL, 2008), o segmento de transmissão no Brasil é composto por mais de 90 mil quilômetros de linhas e operado por 64 concessionárias, as quais são responsáveis pela implantação e operação da rede que liga as usinas (fontes de geração) às instalações das companhias distribuidoras, localizadas junto aos centros consumidores (tecnicamente chamados de centros de carga).

Já o setor de distribuição de energia é formado por 63 concessionárias, responsáveis pelo atendimento de mais de 61 milhões de unidades consumidoras, além de 53 cooperativas de eletrificação rural, entidades de pequeno porte, que atendem a pequenas comunidades (ANEEL, 2008).

Segundo a Agência Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo – ARSESP (2013), o Estado de São Paulo está territorialmente dividido em 24 áreas de distribuição de energia elétrica atendidas por 14 empresas concessionárias e por 10 permissionárias (cooperativas de eletrificação rural que passaram pelo processo de enquadramento como permissionária de serviço público de distribuição de energia elétrica). O Quadro 1, a seguir, traz a relação das concessionárias atuantes no Estado:

Quadro 1 – Concessionárias de energia elétrica atuantes no Estado de São Paulo

Caiuá Distribuição de Energia S.A.
Companhia Jaguari de Energia – CJE
Companhia Leste Paulista de Energia – CPFL Leste Paulista
Companhia Luz e Força de Mococa – CLFM
Companhia Luz e Força Santa Cruz – CLFSC
Companhia Nacional de Energia Elétrica – CNEE
Companhia Paulista de Força e Luz – CPFL Paulista
Companhia Piratininga de Força e Luz – CPFL Piratininga
Companhia Sul Paulista de Energia – CSPE
Eletricidade de Portugal – EDP Bandeirante
Empresa de Distribuição de Energia Vale Paranapanema S.A. – EDEVP
Empresa Elétrica Bragantina S.A – EEB
ELEKTRO Eletricidade e Serviços S.A.
Eletropaulo Metropolitana de São Paulo S.A.

Fonte: Adaptado de ARSESP, 2013.

As áreas de concessão dessas distribuidoras correspondem a um total de 248.600 km², e são responsáveis pelo atendimento de 41.900.000 habitantes. No ano de 2013, foram distribuídos 136.029 GWh de energia elétrica, sendo que desses, 38.752 GWh correspondem ao uso residencial, ou seja, 28,5% da energia distribuída em todo Estado (ARSESP, 2013). O perfil dos distribuidores e a energia distribuída por tipo de usuário são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Perfil dos distribuidores e energia distribuída por tipo de usuário no Estado de São Paulo

Discriminação	Empresas							TOTAL
	EDP Bandeirante	CPFL Piratininga	CPFL Paulista	Elektro	Eletropaulo	Demais empresas	Consumidores livres	
Área de Concessão								
Área abrangida (km ²)	9.857	6.842	90.440	92.156	4.526	44.779	-	248.600
Municípios atendidos (n.º)	28	26	234	222	24	111	-	645
População atendida (milhões hab.)	4,7	3,4	9,4	5,3	16,7	2,4	-	41,9
Densidade populacional (hab/km ²)	476,8	496,9	103,9	57,5	3.689,8	53,6	-	168,5
Energia Distribuída no ano de 2013 (GWh)								
Total	9.448	9.169	21.841	12.089	37.515	5.014	40.953	136.029
Residencial	3.504	3.807	8.620	4.018	17.041	1.762	0	38.752
Industrial	2.751	2.318	4.244	3.551	5.588	1.088	35.905	55.445
Comercial	2.103	1.990	5.016	2.301	11.960	932	2.966	27.268
Demais	1.090	1.054	3.961	2.219	2.926	1.232	2.082	14.564

Fonte: Adaptado de ARSESP, 2013.

De acordo com a tabela acima, a quantidade de energia distribuída no ano de 2013 foi maior nas áreas mais urbanizadas e populosas, estabelecendo uma relação direta, ou seja, quanto mais adensada a região, maior a quantidade de energia distribuída; como é o caso da Eletropaulo que atende a uma área de 4,526 km², com densidade populacional igual a 3.689,8 habitantes por km² e possui a maior demanda por energia de 37.515 GWh, distribuídos entre uso residencial, comercial, industrial e demais, nessa ordem.

2.1.2. Regramento da distribuição de energia elétrica

O Código das Águas, instituído pelo Decreto Federal n.º 24.643, de 10 de julho de 1934 (BRASIL, 1934), foi umas das primeiras iniciativas do governo brasileiro a

regulamentar a qualidade no fornecimento de energia elétrica, através do incentivo do melhor aproveitamento industrial das águas. Em seu artigo 178 é dito que:

“No desempenho das atribuições que lhe são conferidas, a Divisão de Águas do Departamento Nacional da Produção Mineral fiscalizará a produção, a transmissão, a transformação e a distribuição de energia hidroelétrica, com o triplice objetivo de: a) Assegurar serviço adequado; b) Fixar tarifas razoáveis; c) Garantir a estabilidade financeira das empresas.”

E o entendimento sobre serviço adequado é descrito no artigo 179:

“Quanto ao serviço adequado a que se refere à alínea “a” do artigo precedente, resolverá a administração, sobre: d) Qualidade e quantidade de serviço; e) Extensões; f) Melhoramentos e renovação das instalações; g) Processos mais econômicos de operações”.

Tais definições foram a base para que fosse desenvolvida a legislação brasileira disciplinadora dos serviços de energia elétrica e também que fossem desenvolvidos os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, que, de acordo com Nakaguishi e Hermes (2011), são normas que disciplinam o relacionamento entre as concessionárias de distribuição com unidades consumidoras e centrais geradoras, além de regulamentarem a relação entre as distribuidoras e a ANEEL, no que diz respeito ao intercâmbio de informações.

No ano de 1961, o Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM foi desligado do Ministério da Agricultura e passou a integrar, juntamente com o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica – CNAEE, o Ministério das Minas e Energia, criado pela Lei Federal n.º 3.782, de 22 de julho de 1960 (BRASIL, 1960), e em 1965 foi criado o Departamento Nacional de Águas e Energia – DNAE.

Através do Decreto Federal n.º 63.951, de 31 de dezembro de 1968, o DNAE passou a denominar-se Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE (BRASIL, 1968), e em 1969 o CNAEE foi extinto e suas atribuições foram absorvidas pelo DNAEE.

A ANEEL foi instituída pela Lei Federal n.º 9.427, de 26 de dezembro de 1996, como uma autarquia sob regime especial, vinculada ao Ministério das Minas e Energia, com a finalidade de regular e fiscalizar a produção, transmissão e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as Políticas e Diretrizes do governo federal (BRASIL, 1996), ao mesmo tempo que extinguiu o DNAEE.

No seu âmbito de atuação, a ANEEL instituiu normas e diretrizes relacionadas à distribuição de energia elétrica, podendo ser destacada a Resolução Normativa n.º 414, de 09 de setembro de 2010 (ANEEL, 2010), que revogou a Resolução Normativa n.º 250/2007, dentre outras, e que estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica de forma atualizada e consolidada. Conforme o artigo 44 da referida Resolução, “é de

responsabilidade exclusiva do interessado o custeio das obras realizadas a seu pedido nos seguintes casos: [...] III – melhoria de aspectos estéticos”.

Já em seu artigo 140, é determinado que:

“A distribuidora é responsável, além das obrigações que precedem o início do fornecimento, pela prestação de serviço adequado a todos os seus consumidores, assim como pelas informações necessárias à defesa de interesses individuais, coletivos ou difusos”.

Ainda de acordo com o art. 140, o serviço adequado é entendido como “[...] o que satisfaz as condições de regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia na sua prestação e modicidade das tarifas”. Além disso, no parágrafo 2º desse artigo, a atualidade é definida como “modernidade das técnicas, do equipamento e das instalações e a sua conservação, assim como a melhoria e expansão do serviço”.

Com base nesse contexto, percebe-se que, desde 1934, o regramento do setor aponta a qualidade na prestação do serviço de distribuição de energia elétrica como um aspecto importante a ser considerado, tendo a ANEEL um importante papel no estabelecimento de diretrizes para avaliação da qualidade do serviço, bem como na definição de responsabilidades para melhoria do sistema de distribuição de energia elétrica.

Além da atuação quanto à qualidade dos serviços de distribuição, de acordo com Duclos e Teixeira (2013), é desejável a participação da ANEEL na definição dos trechos selecionados para enterramento das redes de energia, por exemplo, sinalizando aderência (ou não) dos projetos à ótica de investimentos prudentes.

Cabe destacar que as regulamentações técnicas das concessionárias distribuidoras de energia elétrica têm uma grande importância na determinação de requisitos técnicos para a elaboração do projeto de redes subterrâneas de energia elétrica, tais como: profundidade da vala, distâncias entre os cabos e outras instalações, constituição do revestimento dos cabos, condições de aterro etc. (DOULET, 2009).

No âmbito das regulamentações municipais, cabe destacar a publicação da Lei Municipal n.º 14.023, de 08 de julho de 2005 (SÃO PAULO, 2005), da cidade de São Paulo, que dispõe sobre a obrigatoriedade de tornar subterrâneo todo o cabeamento instalado, que foi regulamentada pelo Decreto Estadual n.º 47.817, de 26 de outubro de 2006 (SÃO PAULO, 2006).

O artigo 2º do Decreto citado instituiu que:

“Para cumprimento da obrigação estabelecida no artigo 1º da lei ora regulamentada, as concessionárias de serviços públicos, as empresas estatais e as prestadoras de serviços que operam ou utilizam cabos aéreos na cidade de São Paulo deverão tornar subterrâneo o cabeamento aéreo existente na extensão de até 250 km (duzentos e cinquenta quilômetros) lineares de via por ano, de acordo com o Programa de Enterramento da Rede Aérea – PERA a ser definido pelo Executivo.”

Em 23 de fevereiro de 2015, a Prefeitura de São Paulo promulgou a Portaria n.º 261 (SÃO PAULO, 2015) que trata do PERA, com objetivo de estabelecer áreas prioritárias para conversão de redes aéreas para subterrâneas, considerando locais onde estejam previstas outras intervenções que possibilitem a conversão das redes aéreas de maneira econômica e gradativa, considerando a disponibilidade de recursos necessários para este fim.

Para a implementação do plano básico, o PERA considerou dois tipos de áreas passíveis de intervenção, uma baseada no foco de conversão, com intervenções que podem ser objeto de iniciativa privada, e outra baseada na área de conversão, escolhida segundo critérios técnicos e urbanísticos, e de acordo com cronograma oficial do Programa. Além disso, as concessionárias de serviços públicos detentoras das redes e equipamentos aéreos em vias públicas deverão ser oficiadas a executar a conversão de suas redes aéreas em subterrâneas nos locais previstos no PERA.

Além do regulamento da cidade de São Paulo, foram identificados alguns Projetos de Leis que tratam do assunto em questão:

- Projeto de Lei do Senado – PLS n.º 37/2011 (em tramitação na Comissão de Serviços de Infraestrutura): propõe a alteração da Lei Federal n.º 9.427, de 26 de dezembro de 1996, incluindo-se a obrigatoriedade das concessionárias e permissionárias de serviço público de distribuição de energia elétrica na conversão das redes aéreas de distribuição de energia em redes subterrâneas, em cidades com mais de 100 mil habitantes;
- Projetos de Lei – PLs n.º 798/2011 e n.º 1.462/2011 (em tramitação na Câmara do Deputados): dispõem sobre a obrigatoriedade de serem implantadas redes subterrâneas de distribuição de energia elétrica em ruas de cidades que possuam valor histórico, reconhecido por órgãos estatais, especialmente os tombados pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN;
- Projeto de Lei – PL n.º 6.743/2013 (em tramitação na Comissão de Desenvolvimento Urbano da Câmara dos Deputados): propõe a alteração da Lei Federal n.º 9.427, de 26 de dezembro de 1996, para instituição de competência da ANEEL em estabelecer metas de implantação e distribuição de energia elétrica por via subterrânea.
- Projeto de Lei – PL n.º 44/2015 (arquivado): propõe a obrigação novos condomínios residenciais a passar a fiação de forma subterrânea, no Estado de São Paulo.

2.1.3. Indicadores de qualidade de serviço de distribuição de energia elétrica

De acordo com a ARSESP (2013), os Indicadores de Continuidade do Serviço de Distribuição de Energia Elétrica medem a continuidade do fornecimento de energia elétrica

às unidades consumidoras nos seus aspectos de duração e frequência. O Quadro 2 a seguir descreve os tipos de indicadores e traz sua definição:

Quadro 2 – Indicadores de Continuidade do Serviço de Distribuição de Energia Elétrica

Indicadores Coletivos	
Apurados por agrupamento de unidades consumidoras atendidas por uma subestação de distribuição, denominado de conjuntos, que são acompanhados e não estão sujeitos a penalidades	Duração Equivalente de Interrupção – DEC, expressa em horas e centésimos de horas
	Frequência Equivalente de Interrupção – FEC, expressa em número de interrupções e centésimo do número de interrupções
Indicadores Individuais	
Apurados para cada unidade	Duração de Interrupção Individual – DIC, expressa em horas e centésimos de hora
	Frequência de Interrupção Individual – FIC, expressa em número de interrupções
	Duração Máxima de Interrupção Contínua – DMIC, expressa em horas e centésimos de hora
	Duração da interrupção individual ocorrida em dia crítico – DICRI, expressa em horas e centésimo de hora consumidora, sendo que a apuração da penalidade é automática e a compensação resultante da transgressão é ressarcida diretamente na fatura da energia elétrica

Fonte: ARSESP, 2013.

Os Indicadores de Continuidade do Serviço de Distribuição de Energia Elétrica foram criados pelo extinto DNAEE, através da Portaria n.º 46, de 17 de abril de 1978 (DNAEE, 1978), onde foram estabelecidos os primeiros limites. Entretanto, no início não havia punições financeiras para a concessionária em caso de extrapolação desses índices.

Posteriormente, em 27 de janeiro de 2000, a Resolução Normativa n.º 24 (ANEEL, 2000) instituiu, através do artigo 22, o pagamento de compensação financeira aos consumidores na forma de abatimento na fatura de energia, em caso de violação dos limites dos indicadores individuais, DIC, FIC e DMIC; e, através do artigo 21, instituiu o pagamento de multa quando não fossem atendidos os limites relacionados aos indicadores coletivos, DEC e FEC. Porém, em 2009, tal resolução foi revogada pela Resolução Normativa n.º 395, de 15 de dezembro de 2009 (ANEEL, 2009) e a penalidade de multa referente ao descumprimento dos indicadores coletivos foi extinta, além dos limites dos indicadores individuais terem sido alterados, com o intuito de incentivar as distribuidoras a promoverem melhorias no serviço prestado.

Segundo Nakaguishi e Hermes (2011), uma das vantagens da compensação financeira individual é o fato de que o valor devido pela concessionária, pelo não atendimento dos limites de continuidade, é pago diretamente ao consumidor que sofreu com a interrupção do serviço prestado.

A Figura 2 a seguir demonstra a evolução dos indicadores medida entre os anos de 1997 e 2013, sendo a linha laranja, os valores relativos ao DEC e a linha marrom, os valores de FEC.

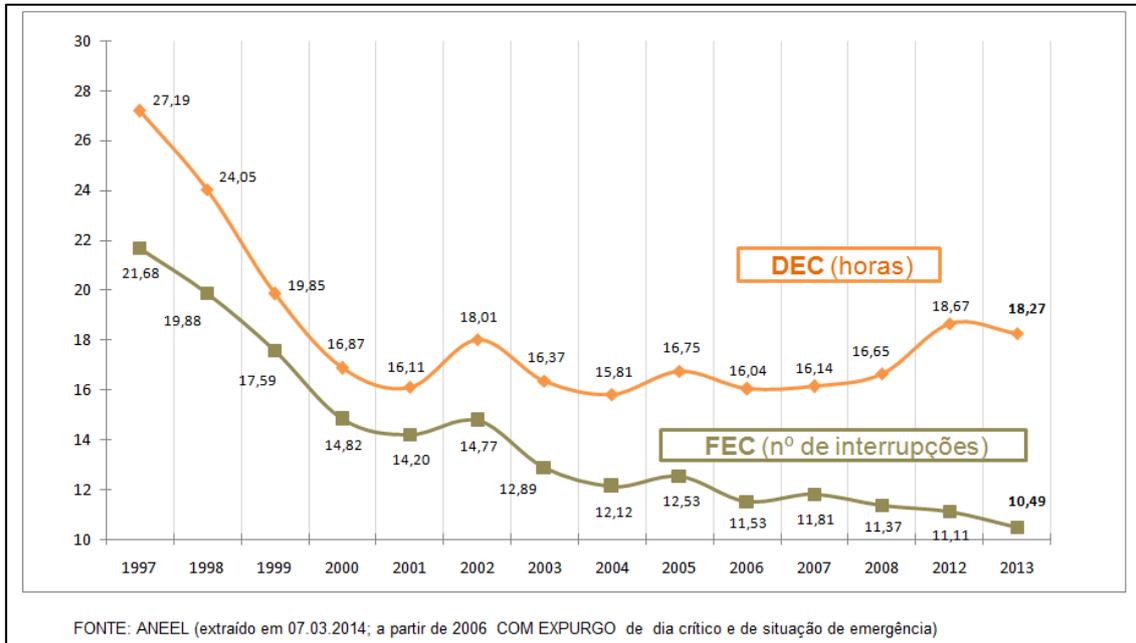


Figura 2 – Evolução dos indicadores DEC e FEC no Brasil.

Fonte: ABRADÉE, 2015

Pode-se observar que, com exceção dos anos 2002, 2005 e 2012, o indicador DEC vem caindo ao longo do tempo, e o indicador FEC somente aumentou nos anos de 2002, 2005 e 2007. A média nacional do indicador FEC, considerando que não houve medição nos anos de 2009, 2010 e 2011, é de 14,06 interrupções; e com relação ao DEC, a média de duração das interrupções no período é de 18,34 horas.

A Figura 3, a seguir, indica a evolução dos indicadores de DEC e FEC no Estado de São Paulo, do ano de 1999 ao ano de 2013, sendo representado pela cor laranja o total interno referente ao indicador FEC, pela cor cinza as parcelas referentes a desligamentos do suprimento externo, que refletiram no indicador DEC, e pela cor marrom, os valores expurgados, permitidos a partir de 2008 e referentes àquelas interrupções reconhecidas pela ANEEL como não gerenciáveis por parte das distribuidoras e que, portanto, não ficam sujeitas a penalizações (ARSESP, 2013).

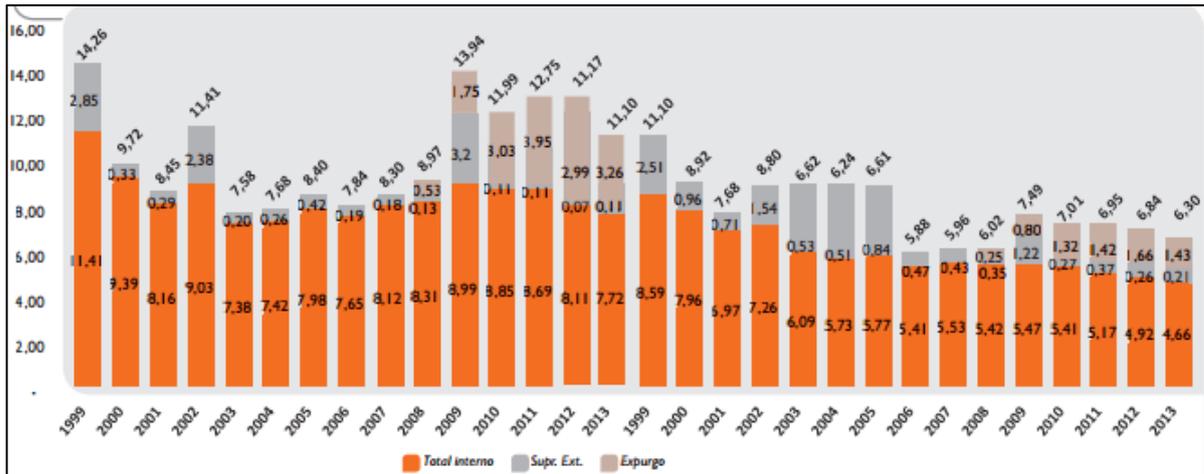


Figura 3 – Evolução dos indicadores DEC e FEC no Estado de São Paulo, anualizados.

Fonte: ARSESP, 2013

Diferentemente da medição dos indicadores nacionais, que apresentou queda na maior parte do período, a medição de DEC e FEC no Estado de São Paulo aponta um valor praticamente constante de FEC, sem grandes picos de variações, e a média do indicador para o Estado, entre os anos de 1997 e 2013, é de 8,48 interrupções para o primeiro período e 5,90 interrupções para o segundo período, ambos abaixo da média nacional.

A média estadual de duração das interrupções para o período é de 0,72 e 0,75 horas, para o primeiro e segundo períodos, respectivamente, média bem abaixo da nacional.

De acordo com ANEEL (2015), além dos indicadores supracitados, existem os indicadores de tensão em regime permanente, que são apurados trimestralmente, a partir de medições amostrais realizadas pelas distribuidoras em unidades consumidoras sorteadas dentro de sua área de concessão; e os indicadores de tempo de atendimento às ocorrências emergenciais, apurados mensalmente.

No tocante aos indicadores de qualidade de serviço de distribuição de energia elétrica, a ARSESP emitiu, no ano de 2013, 39 Autos de Infração – AIs, sendo 11 de advertência e 28 de imposição de penalidade, por desrespeito aos valores dos indicadores. Os 39 AIs totalizaram R\$ 61.860.888,00, tendo sido recebido o valor de R\$ 8.542.491,10, correspondente a 5 AIs. Os valores ainda não pagos são relativos a processos administrativos ainda em julgamento no âmbito administrativo, ou que estão sendo questionados no âmbito judicial. Cabe destacar, que mesmo os valores já emitidos pela ARSESP poderão ser ainda objeto de alteração para mais ou para menos em instâncias recursivas superiores (ARSESP, 2013).

No Estado de São Paulo, as inspeções técnicas da ARSESP, relativas ao Plano de Melhorias das 14 concessionárias distribuidoras de energia elétrica, possuem a função de

acompanhar as ações preventivas adotadas durante todo o ano, com vistas a minimizar as interrupções do fornecimento de energia no verão e agilizar o atendimento (ARSESP, 2013).

2.1.4. Perdas de energia elétrica

De acordo com a ABRADDEE (2015), as perdas de energia elétrica referem-se a energia que, apesar de estar inserida no SIN e na própria rede das concessionárias distribuidoras, não chega a ser comercializada, seja por motivos técnicos ou por motivos de ordem comercial.

De acordo com Araujo (2007), as perdas de energia elétrica podem ser divididas em perdas técnicas de energia, montante de energia elétrica dissipada entre o suprimento e o ponto de entrega, decorrente das leis físicas (Efeito Joule) relativas aos processos de transporte da energia; e as perdas não técnicas ou comerciais, decorrentes de desvios de energia (furto), fraude e erro nos processos de faturamento associados à gestão comercial da concessionária de distribuição.

A ANEEL (2015) considera fraude, a prática comumente associada a ligações irregulares ou clandestinas e alterações das características dos medidores instalados nas unidades consumidoras, e o furto é entendido como ações de impacto na qualidade do serviço prestado, pois em alguns casos o fornecimento de energia elétrica é interrompido, além de caracterizar custo de reposição de materiais e equipamentos furtados.

A Figura 4, a seguir, também se refere às perdas de energia elétrica ocorridas entre os anos de 2000 e 2013, e separadas em perdas técnicas e perdas comerciais, para as 63 concessionárias que injetam energia elétrica no Sistema.

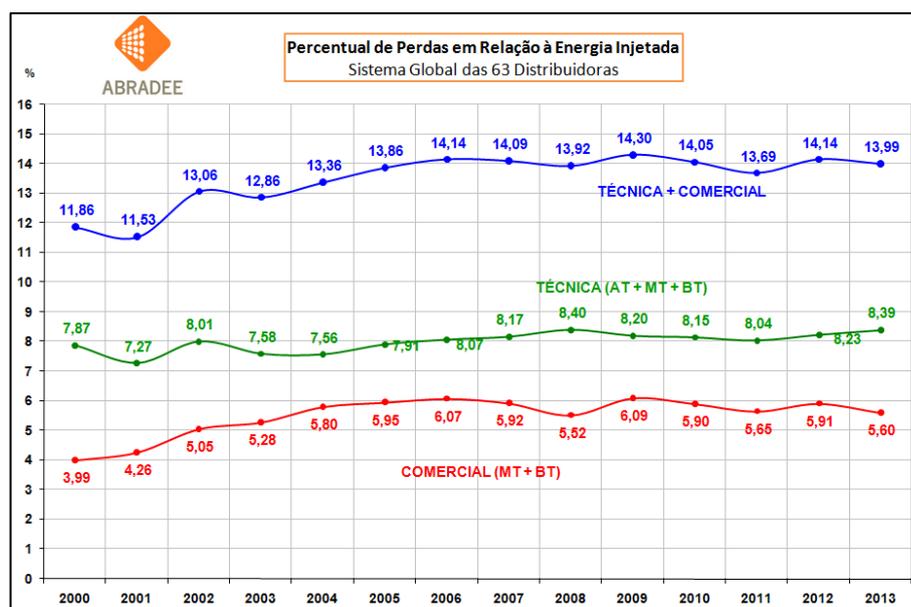


Figura 4 – Percentual de perdas de energia elétrica do SIN, entre os anos de 2000 e 2013.

Fonte: ABRADDEE, 2015

A partir da análise do gráfico, percebe-se que a porcentagem das perdas técnicas é quase o dobro da porcentagem das perdas comerciais, ao longo de todo período analisado. Nota-se ainda que, de forma geral, os índices aumentaram no início dos anos 2000, mantendo-se relativamente estáveis no período compreendido, não se observando redução as perdas técnicas ou comerciais.

2.1.5. Tarifa de energia elétrica

Segundo a definição da ABRADDEE (2015), a tarifa de energia elétrica cobrada dos consumidores cativos, ou seja, aqueles que só podem comprar energia elétrica de sua distribuidora local, é constituída pelos custos relativos à aquisição de energia elétrica; ao uso do sistema de distribuição e de transmissão; às perdas técnicas e não técnicas; e aos encargos diversos e aos impostos: que em 2011, aproximadamente 23,2% da receita requerida eram dos encargos setoriais e de transmissão (Quadro 3).

Quadro 3 – Encargos setoriais e seus objetivos

Encargos	Objetivo
Conta de Consumo de Combustíveis – CCC (extinto em setembro/2012)	Subsidiar a geração térmica dos sistemas isolados (principalmente na região norte)
Reserva Global de Reversão – RGR (extinto em setembro/2012)	Indenizar ativos vinculados à concessão e fomentar a expansão do Setor Elétrico
Taxa de fiscalização de Serviços de Energia Elétrica – TFSEE	Prover recursos para o funcionamento da ANEEL
Conta de Desenvolvimento Energético – CDE (reduzido em setembro/2012)	Propiciar o desenvolvimento energético a partir das fontes alternativas; prover a universalização do serviço de energia; e subsidiar a tarifa dos consumidores residenciais de baixa renda
Encargos de Serviço do Sistema – ESS	Subsidiar a manutenção da confiabilidade e estabilidade do SIN
Programa de Incentivo às Fontes Alternativas – PROINFA	Subsidiar as fontes alternativas de energia, em geral mais caras que as fontes convencionais
Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética – P & D	Promover pesquisas científicas e tecnológicas relacionadas à eletricidade e ao uso sustentável dos recursos naturais
Operador Nacional do Sistema – ONS	Prover recursos para o funcionamento do ONS
Compensação Financeira pelo Uso de Recursos Hídricos – CFURH	Compensar financeiramente o uso da água e terras produtivas para fins de geração de energia elétrica
Royalties de Itaipu	Pagar a energia gerada de acordo com o Tratado Brasil – Paraguai

Fonte: ABRADDEE, 2013.

Segundo a ABRADDEE (2015), as alterações nas tarifas se dividem em Revisões Tarifárias, com análise é feita, a cada 4 ou 5 anos, sendo que a ANEEL leva em conta os investimentos em infraestrutura, eficiência na gestão dos custos, níveis mínimos de qualidade, ganhos de escala (ou seja, aumento de consumo e de consumidores) etc., bem como a variação inflacionária do ano anterior; e Reajustes Tarifários, feitos anualmente e considerando, a variação da inflação, as variações de preço da energia por conta dos despachos térmicos do setor de geração, ganhos de produtividade e a variação da qualidade de fornecimento de cada distribuidora.

Os itens que compõem as revisões tarifárias, em especial os níveis mínimos de qualidade e ganhos de escala, contribuem para a modicidade tarifária, e induz as distribuidoras a serem eficientes na prestação do serviço e, também, a se modernizarem cada vez mais, prestando melhor serviço público em termos de qualidade de fornecimento, o que se reflete na avaliação dos próprios consumidores (ABRADEE, 2015).

Na Figura 5, a seguir, compara-se o Brasil com outros países, quanto ao valor da tarifa residencial de energia elétrica praticado e a porcentagem dos encargos sobre essa tarifa.

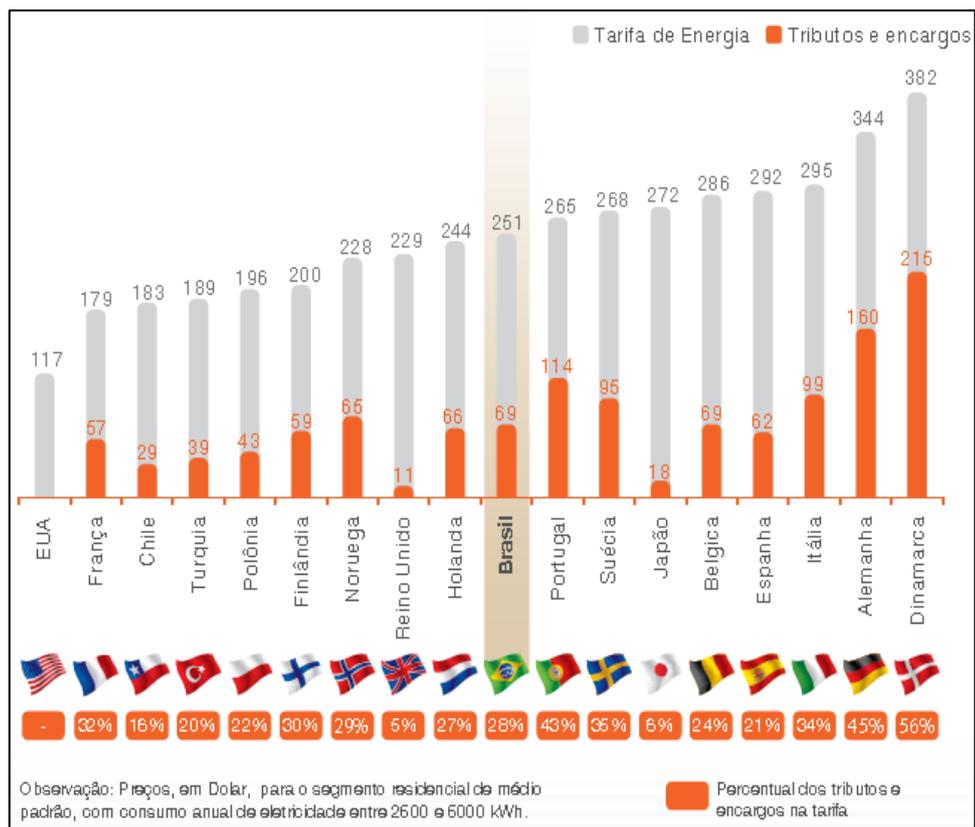


Figura 5 – Tarifa residencial de energia elétrica (US\$/MWh).

Fonte: ABRADDEE, 2013.

Com base nos dados, percebe-se que o Brasil não está entre os países com maior carga de tributos e encargos na tarifa de energia elétrica, tal como Dinamarca, Alemanha e

Portugal, porém, sua tarifa é maior que a aplicada em países desenvolvidos como Estados Unidos, França, Finlândia, Noruega e Reino Unido.

2.2. PANORAMA DAS REDES SUBTERRÂNEAS NO MUNDO E NO BRASIL

A seguir serão apresentados alguns exemplos de países que implantaram redes subterrâneas de energia elétrica, qual a política energética adotada e o avanço de suas redes subterrâneas até o presente momento.

Também serão trazidos exemplos da experiência nacional em implantação de redes subterrâneas.

2.2.1. No mundo

De acordo com Nakaguishi e Hermes (2011), o desenvolvimento das redes subterrâneas foi auxiliado historicamente pela Segunda Guerra Mundial, onde a implementação de novos materiais plásticos possibilitou a construção de redes em áreas essenciais para atendimento às finalidades e sobrevivência, e também em loteamentos nos subúrbios das cidades, devido ao menor risco e exposição aos ataques aéreos.

A experiência dos Estados Unidos da América na implantação de sistemas subterrâneos iniciou-se na década de 1920 e 1930, sendo o fator estético fundamental para o enterramento dos cabos na cidade de Nova Iorque. Nas décadas de 1960 e 1970, foi planejado o enterramento de todo o sistema da cidade, porém, devido ao alto custo, optou-se pela priorização de áreas mais densas, como Manhattan, e as regiões menos densas e mais distantes do centro da cidade, como o Brooklin, Bronx e Queens não tiveram suas redes enterradas naquele momento (NAKAGUISHI e HERMES, 2011).

Segundo Brunherotto e Oliveira (2013), as comunidades exigiam, naquela época, o sistema considerado visualmente melhor, o que deu origem à época dos chamados anos de “*beautification*”. Já em 2011, Nova Iorque possuía 72% do sistema de energia subterrâneo (JUNIOR, 2013).

A Europa, a partir do final da década de 1990, optou pela expansão da distribuição de energia elétrica exclusivamente com redes subterrâneas em praticamente todos os países e a taxa de crescimento das redes subterrâneas ocorre a um valor anual da ordem de 2% a 3% (BRUNHEROTTO e OLIVEIRA, 2013).

As Tabelas 2, 3 e 4, elaboradas pela *Comission of the European Communities* (2003) através da compilação de dados de países membros da Comunidade Europeia – CE e da

Noruega, trazem informações a respeito da extensão dos sistemas de Baixa Tensão (para a CE trata-se da faixa de tensão entre 200 V e 400 V), de Média Tensão (entre 10 kV e 50 kV), de Alta Tensão (entre 60 kV e 150 kV) e os chamados “*extra high*”, algo como Extra Alta Tensão (entre 220 kV e 400 kV); da porcentagem de redes subterrâneas; e da taxa de enterramento das redes aéreas no período de 1999 e 2000.

Tabela 2 – Situação das redes de Baixa Tensão na Europa

	Rede (km)	Comprimento de rede (m/habitante)	Porcentagem de rede subterrânea	Taxa de enterramento/ano no período de 1999/2000	
				Km/ano	%
Países Baixos	145.000	8,9	100%		
Reino Unido	377.000	6,4	81%	9.000	1,4
Alemanha	926.000	11,3	75%	40.000	4,3
Dinamarca	92.000	17,6	65%		
Bélgica	108.000	10,6	44%		
Noruega	185.000	41,3	38%		
Itália	709.000	12,1	30%	11.000	1,6
França	632.000	10,5	27%	20.000	3,1
Portugal	112.000	11,9	19%		
Espanha	241.000	6,0	17%		
Áustria	65.000	8,0	15%		

Fonte: *Comission of the European Communities, 2003.*

Os Países Baixos e o Reino Unido possuem as melhores porcentagens de rede subterrâneas de Baixa Tensão, sendo que a Alemanha é o país que mais implantou redes subterrâneas. A Áustria é o país que menos tem sistema subterrâneo, com 15% de sua rede de energia.

Tabela 3 – Situação das redes de Média Tensão na Europa

	Rede (km)	Comprimento de rede (m/habitante)	Porcentagem de rede subterrânea	Taxa de enterramento/ano no período de 1999/2000	
				Km/ano	%
Países Baixos	101.900	8,9	100%	2.000	2,0
Bélgica	65.000	6,4	85%	2.000	3,0
Reino Unido	372.000	6,3	81%	5.200	1,4
Alemanha	475.000	5,8	60%	12.000	2,5
Dinamarca	55.000	10,5	59%		
Suécia	98.700	12,3	53%		
Itália	331.000	5,7	35%	5.100	1,5
França	574.000	9,5	32%	8.000	1,4
Noruega	92.000	20,5	31%		
Espanha	96.448	2,4	30%		
Portugal	58.000	6,1	16%	950	1,6
Áustria	57.000	7,0	15%		

Fonte: *Comission of the European Communities, 2003.*

Para as redes de Média Tensão, os Países Baixos, a Bélgica e o Reino Unido possuem as melhores porcentagens de rede subterrâneas, e a Alemanha continua sendo o país que mais implantou redes subterrâneas. A Áustria também possui as menores porcentagens entre os países membros da Comunidade Europeia.

Tabela 4 – Situação das redes de Alta e Extra Alta Tensão na Europa

	Alta Tensão			Extra Alta Tensão					
	60-90-110-150 kV			220-275 kV			380-400 kV		
	Rede (km)	Rede subterrânea (km)	%	Rede (km)	Rede subterrânea (km)	%	Rede (km)	Rede subterrânea (km)	%
Países Baixos	6.457	905	14,0	648	7	0,9	1.979	0,4	0,02
Reino Unido	25.825	3.789	14,8	3.029	71	2,3	788	11	1,4
Alemanha	76.349	4.740	8,2	21.545	35	0,2	18.314	62	0,3
Dinamarca	8.005	1.673	20,9	5.578	375	6,5			
Bélgica	5.172	396	7,6	267	-	0	883	-	0
Noruega	19.825	624	3,2	6.049	64	1,1	2.316	36	1,8
Itália	36.677	449	1,2	13.641	387	2,8	9.751	9	0,1
França	50.513	1.984	3,9	27.890	813	2,9	20.794	2,5	0,01
Portugal	9.311	258	3,8	4.409	-	0	1.234	-	-
Suíça	6.080	680	11,2	5.822	22	0,4	1.800	-	0

Fonte: *Comission of the European Communities, 2003.*

Já para as redes de Alta e Extra Alta Tensão, todos os países membros possuem baixas porcentagens de sistemas subterrâneos, sendo que a Dinamarca possui os melhores índices. A Bélgica, Portugal e a Suíça não possuem redes subterrâneas de tensão em 220 kV e 400 kV. Segundo a *Comission of the European Communities (2003)*, as poucas redes subterrâneas de Alta Tensão referem-se aquelas localizadas em área urbanas, semi-urbanas ou ambientalmente sensíveis, e os baixos índices podem estar relacionados ao alto custo de redes subterrâneas nessa classe de tensão.

A Bélgica possuía 85% de redes subterrâneas em seu sistema de Média Tensão, contudo, possui somente 7,6% de redes subterrâneas em Alta Tensão e nada em Extra Alta Tensão. Em 1992 o país instituiu uma política energética que proibia a implantação de redes aéreas em áreas urbanizadas e linhas aéreas fora de áreas urbanizadas só poderiam ser implantadas ao longo de infraestruturas existentes (por exemplo: ferrovias, rodovias, hidrovias e aeroportos), entretanto, o operador do sistema solicitou ao regulador uma revisão da política devido ao impacto que tais medidas tiveram sobre as atividades de transmissão de energia (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 2003).

De acordo com Brunherotto e Oliveira (2013), os Países Baixos, já na década de 1970, optaram por sistemas com cabos subterrâneos em função da segurança, da confiabilidade, da ocupação de espaços e da possibilidade de reutilização dos direitos de passagem.

Em Portugal, a distribuição de energia é realizada a partir da Rede Nacional de Distribuição – RND para Alta, Média e Baixa tensão, sendo que a distribuição está concessionada pelo Estado à EDP Distribuição, para rede de distribuição de Média Tensão e pelas Câmaras Municipais relativamente à rede de Baixa Tensão (COELHO, 2012).

De acordo com Coelho (2012), no ano de 2011, Portugal possuía em torno de 16.531 km de linhas subterrâneas das redes de Alta e Média Tensão, e em torno de 32.627 km de linhas subterrâneas da rede de Baixa Tensão, apresentando um aumento de 3,2% para Alta e Média Tensão, e de 1,6% para Baixa Tensão, com relação ao ano anterior.

A Dinamarca, vem sendo um país de vanguarda na implantação de redes subterrâneas na Europa, reflexo da decisão de reestruturação do sistema energético em 1990; em compensação na Finlândia, a utilização de redes subterrâneas é bem pequena pois o governo considera os custos muito altos para transmissão de energia a longas distâncias, como é o caso do país, além de considerar que a utilização das áreas onde os cabos estão enterrados fica restrita (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 2003).

Na França é dada prioridade a investimentos em redes subterrâneas em áreas urbanas onde as tensões são menores, embora seja um dos países mais avançados quando se trata de linhas com tensões entre 150 kV e 230 kV. Os grandes projetos no país exigem aprovação em debate público e das autoridades locais, e geralmente levam pelo menos 5 anos para serem autorizados.

Ao contrário da Alemanha, onde novos projetos necessitam de estudos preliminares e uma Avaliação de Impacto Ambiental, no Reino Unido, como o enterramento de redes aéreas é considerado “atividade permitida”, não é necessária autorização para instalação de cabos subterrâneos (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 2003).

Duclos e Teixeira (2013) indicam que, atualmente na Austrália, os projetos de enterramento de redes compreendem em sua maioria área urbanas ou regiões vulneráveis a desastres naturais, especialmente incêndios.

2.2.2. No Brasil

No Brasil, as redes subterrâneas tiveram início nas décadas de 1950 a 1970 através de algumas concessionárias, tais como a AES Eletropaulo, a Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista – CTEEP e as empresas do grupo CPFL Energia, em São Paulo, a Light Serviços de Eletricidade S.A., no Rio de Janeiro, a Centrais Elétricas de Santa

Catarina S. A. – CELESC, a Companhia Paranaense de Energia – COPEL, a Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia – COELBA, a Companhia Energética de Minas Gerais S.A. – CEMIG, a Companhia Energética de Brasília – CEB, entre outras.

Segundo Nakaguishi e Hermes (2011), os dados obtidos nos relatórios de revisão tarifária das concessionárias, fornecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, a utilização das redes subterrâneas de distribuição não chegava a 2% do total das redes urbanas de baixa e média tensão (Tabela 5).

Tabela 5 – Utilização das redes de distribuição

Tipo	Média Tensão (km)	%	Baixa Tensão (km)	%	Média + Baixa Tensão	%
Aérea	293.625.860	98,15	488.724.430	98,63	782.350.290	98,45
Subterrânea	5.541.350	1,85	6.806.980	1,38	12.348.330	1,55
Total	299.167.210	100	495.531.410	100	794.695.620	100

Fonte: Nakaguishi e Hermes, 2011.

De acordo com Mattar (2014), existe um baixo investimento em redes subterrâneas, seja ele nas expansões ou conversões, sendo que em 2012, existiam 13.319,11 km de redes subterrâneas, representando 0,39% da rede total. A Figura 6 a seguir mostra a participação das concessionárias do País na extensão das redes subterrâneas:

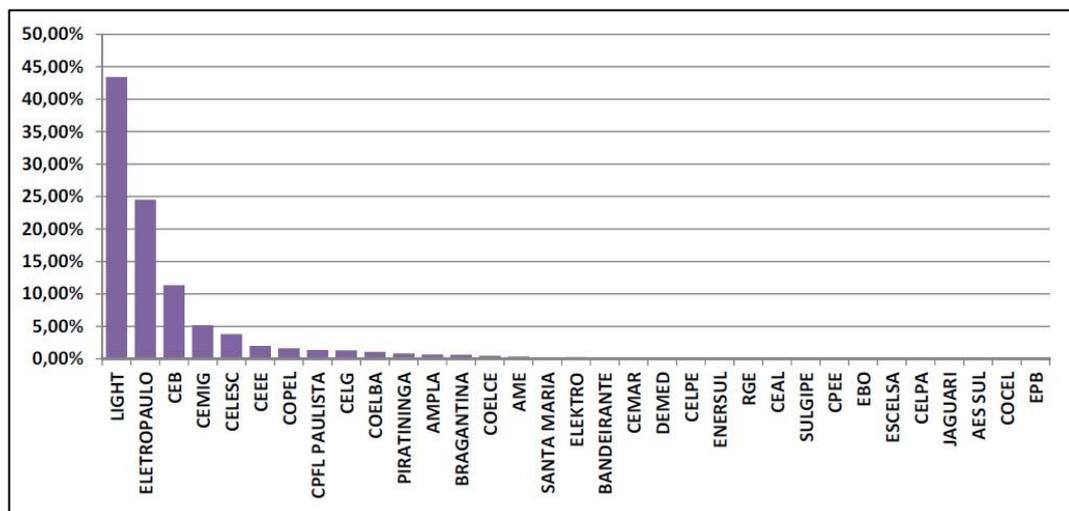


Figura 6 – Participação das concessionárias nas redes subterrâneas do País

Fonte: Mattar, 2014.

2.2.2.1. AES Eletropaulo

A área de concessão da Eletropaulo abrange 24 municípios, incluindo a capital do Estado de São Paulo e possui em torno de 45 mil km de rede. De acordo com Junior (2013), a empresa iniciou a implantação dos sistemas subterrâneos em 1902 com a implantação de

3 Câmaras Transformadoras – CTs subterrâneas radiais no centro da cidade de São Paulo; em 1925 o sistema possuía 19 Câmaras, em 1928 foi implantado um Sistema Reticulado (malha infinita), em 1951 foi implantado um Segundo Reticulado, chegando a década de 70 onde houve o maior crescimento observado.

Segundo Junior (2015), a Eletropaulo atende aproximadamente 3% de seus clientes através de redes subterrâneas (179.000 consumidores) e possui 196 km de redes de Alta Tensão, 1.182 km de redes de Média Tensão e 1.286 km de redes de Baixa Tensão.

Um enterramento de rede aérea bastante conhecido, foi realizado na Rua Oscar Freire, rua de comércio da capital, onde aproximadamente 9 km de cabos elétricos e 10 transformadores foram utilizados para a implantação do sistema subterrâneo. A obra levou um ano para ser concluída devido, basicamente, ao espaço e horário de trabalho reduzidos; a necessidade de articulação com as concessionárias de telecomunicações; e a muita reclamação por parte da vizinhança. A implantação ficou em torno de R\$ 8,5 milhões e foi custeada pela parceria entre a Associação dos Lojistas dos Jardins, a Prefeitura de São Paulo e a operadora de cartão de crédito American Express – AMEX (BURGARDT, 2011).

Outro exemplo de implantação de Linha de Transmissão de Alta Tensão, na área de concessão da Eletropaulo, foi trazido por Granata, Lopes e Filho (1995), e refere-se à LT de 138 kV de São Bernardo do Campo para atendimento da Scania, Wheaton e outros grandes consumidores da região. Esse empreendimento foi concebido dessa forma diante da negativa da Prefeitura em utilizar-se o canteiro central da avenida onde as indústrias se localizam e da inexistência de áreas para a faixa de servidão.

A respeito da rede aérea de energia elétrica do *Campus* da Cidade Universitária Armando Sales de Oliveira, Jardimetti (2002) informou que num período de seis meses (outubro de 1994 a março de 1995) foram registradas cerca de 40 interrupções de energia, ocasionando perdas irreversíveis às atividades de ensino e principalmente na área de pesquisas (laboratórios), totalizando um prejuízo estimado de R\$ 150.000,00.

A reconstrução do sistema de distribuição de energia elétrica da Cidade Universitária Armando Sales de Oliveira, em São Paulo, segundo Burani e Lobosco (1998) contou com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, da Eletropaulo, da Prefeitura da Cidade Universitária, da Pirelli, da Companhia Energética de São Paulo – CESP e da CPFL, que coordenaram juntas o projeto que visou a solução com melhor combinação de técnica e custo.

Por exemplo, em área com densidade de carga elevada, densamente arborizada e demanda por energia estabilizada (sem previsão de crescimento), optou-se pela utilização de redes subterrâneas. Já nos locais que possuem maior possibilidade de expansão, mas que ainda assim estão em áreas densamente arborizadas, optou-se pelas redes protegidas compactas, que trazem maior confiabilidade ao sistema, e por fim, em trechos onde a

densidade de carga não justifica o uso de redes subterrâneas, foram utilizadas redes do tipo isoladas (BURANI e LOBOSCO, 1998).

De acordo com Jardimetti (2002), os serviços foram iniciados em setembro de 1998 e concluídos em agosto de 1999, sendo que desde fevereiro de 2000 o Campus é alimentado pela rede enterrada.

2.2.2.2. *Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista – CTEEP*

A CTEEP (2013) possui uma rede com 13.516 quilômetros de linhas de transmissão, sendo que somente 33 quilômetros são de linhas subterrâneas, protegidas por valas ou túneis.

Segundo Silva e Filho (1993), na época da implantação da Linha de Transmissão Subterrânea – LTS Norte (Guarulhos) – Miguel Reale (São Paulo) de 345 kV, com 15 km de extensão, levou-se em consideração o impacto que seria causado na instituição de uma faixa de servidão de 42 m de largura e consequentes desapropriações.

2.2.2.3. *CPFL Energia*

As empresas do Grupo CPFL possuem em torno de 195 km de redes subterrâneas primárias, 339 km de redes subterrâneas secundárias e redes subterrâneas em 255 condomínios (MOREIRA, 2015).

De acordo com Valim (2015), em setembro de 2014, a Prefeitura de Campinas lançou o projeto de revitalização do centro da cidade, em parceria com diversas empresas, entre as quais CPFL, Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S.A. – SANASA, Empresa Municipal de Desenvolvimento de Campinas – EMDEC, Companhia de Gás de São Paulo – COMGÁS, Associação Brasileira das Prestadoras de Serviços de Telecomunicações Competitivas – TELCOMP e Associação Comercial e Industrial de Campinas – ACIC. Esse projeto prevê o enterramento de 1,4 km de cabos, localizados na Avenida Francisco Glicério, que atendem atualmente a 2.302 clientes e término de obra em abril de 2016.

Além da área central de Campinas, as empresas do grupo CPFL Energia também possuem redes subterrâneas implantadas na região da Bolsa do Café, em Santos, na região central de Braguiinha, em Sorocaba, além de Jundiaí, Paulínia e Amparo (RONCOLATTO, 2008).

Entretanto, a maior demanda de projetos subterrâneos para distribuição de energia na área de concessão das empresas do grupo CPFL Energia consiste em condomínios e

loteamentos de médio e alto nível, sendo que o grupo possui normas técnicas internas que disciplinam o assunto.

2.2.2.4. *Light Serviços de Eletricidade S.A.*

De acordo com Martins (2012), a Rio Light foi uma das primeiras companhias de eletricidade a chegar ao Brasil, entre 1905 e 1909, e foi obrigada pela Prefeitura do Rio de Janeiro a implantar condutores subterrâneos de condução de energia elétrica nas zonas urbanas de maior densidade, e fora da área metropolitana, a rede aérea foi a mais implantada. Em 1931, existiam 41 Câmaras Transformadoras subterrâneas, e a partir de um acordo com a concessionária de gás Société Anonyme Du Gaz – SAG foram enterrados os cabos de iluminação pública e da rede de alta tensão.

Segundo Peixoto (2014), a LIGHT possui 3.610 km de redes subterrâneas de Média Tensão e 184 km de Alta Tensão; e Braga e Vaz (2013) indicam que existem em torno de 7.250 km de redes de Baixa Tensão, e que a concessionária utiliza dois tipos de sistemas de redes subterrâneas, o reticulado (*network*) e o radial com recurso.

As próximas implantações na cidade do Rio de Janeiro estão vinculadas aos projetos do Porto Maravilha e da Vila Olímpica (BRAGA e VAZ, 2013).

De acordo com Nakaguishi e Hermes (2011), a LIGHT passou por reformulações em seus sistemas de distribuição de energia elétrica, para atendimento da Resolução ANEEL n.º 395, onde conjuntos com características de redes subterrâneas tiveram indicadores de continuidade menores quando comparados ao outro conjunto próximo, e de mesmo nome, de sua região com rede de distribuição aérea, sendo que os valores para o indicador DEC chegaram a ser quase 10 vezes maior na rede aérea, quando comparados aos valores da rede subterrânea.

2.2.2.5. *Centrais Elétricas de Santa Catarina S. A. – CELESC*

Segundo Pereira (2014), a implantação de redes subterrâneas em Santa Catarina se iniciou na década de 1980, em Florianópolis e Blumenau; em 1990, em Itajaí, Serra do Rio do Rastro, Serra Dona Francisca, e a Avenida Expressa Sul, em Florianópolis; e em 2010, foram celebrados convênios para implantação de redes subterrâneas nos municípios de Joinville, Criciúma, São José, Lages e Sombrio que se encontram em andamento, além da implantação de redes subterrâneas em São Francisco do Sul, Piratuba e em parte da Rodovia SC-401.

A linha de transmissão de 138 kV Itajaí – Itaipava Salseiros – Porto Nave possui aproximadamente 21 km, sendo que desses 2,3 km são subterrâneos, pois não era possível construir linha aérea na via vicinal do aeroporto de Navegantes (LOUREDO, *et. al.*, 2012).

Ainda de acordo com a CELESC (2014), em janeiro de 2014 era prevista a construção de 4 km de linhas subterrâneas, em Lages, com investimento de R\$ 5,9 milhões, provenientes do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços – ICMS, do governo do Estado de Santa Catarina.

2.2.2.6. Companhia Paranaense de Energia – COPEL

Segundo a própria COPEL (2010), a construção de sua rede subterrânea, em Curitiba, foi iniciada em 1973, seguida de grande ampliação, na segunda fase em 1983. Em 2014, de acordo com Azevedo e Reis (2014), a COPEL possuía 282 km de redes subterrâneas de média e baixa tensão, o que equivale a 15.500 consumidores.

Assim como a LIGHT, a rede de energia elétrica da COPEL também passou por reformulação, a partir do início do ano 2011, e também se percebeu grande diferença nos valores entre os conjuntos com rede subterrânea e os que possuem outras estruturas de rede (NAKAGUISHI e HERMES, 2011).

Azevedo e Reis (2014) discorreram sobre a rede aérea de distribuição de energia do Parque Nacional do Iguaçu, que possui 11 km de extensão e que a partir de uma iniciativa do Grupo Orient Express – Hotel Cataratas, teve seu enterramento concluído em meados de 2013, com custo total de R\$ 7.621.000,00.

As Figuras 7, 8, 9 e 10, a seguir, ilustram a antiga rede aérea, a implantação da rede subterrânea, além de indicar a proximidade com fragmentos de vegetação e sua posição frente à via de acesso ao Parque.



Figura 7 – Rede de Distribuição Aérea – RDA, na via de acesso ao Parque Nacional do Iguaçu

Fonte: Azevedo e Reis, 2014.



Figura 8 – Enterramento da rede de distribuição – cabos

Fonte: Azevedo e Reis, 2014.



Figura 9 – Enterramento da rede de distribuição
– vala

Fonte: Azevedo e Reis, 2014.



Figura 10 – Enterramento da rede de distribuição
– infraestruturas

Fonte: Azevedo e Reis, 2014.

2.2.2.7. *Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia – COELBA*

A implantação das redes subterrâneas no Estado da Bahia iniciou-se no final da década de 1970, com a implantação da rede no Comércio ou Antigo Centro Financeiro de Salvador, através de iniciativas do Governo Estadual e participação da COELBA (TANURE, 2013).

Segundo Tanure (2013), a implantação de redes subterrâneas em áreas turísticas continuou, na década de 1990, pelo Centro Histórico de Salvador, o Pelourinho, e no início dos anos 2000, foi realizada na Praia do Forte, litoral norte do Estado, e no Centro Histórico de Porto Seguro e Quadrado de Trancoso. Também foram implantadas redes subterrâneas, através da iniciativa privada e motivados pelo apelo turístico e paisagístico, nos Condomínios Patamares, Costa Verde, Pituba Ville, no Parque Metropolitano Empresarial e na Reserva Imbassay e Iberostar.

No ano de 2013, Tanure indicou que em Salvador a rede subterrânea de Alta Tensão chegava a 32 km de extensão, e no Estado as redes subterrâneas de Média Tensão e Baixa Tensão possuíam 163 km e 148 km, respectivamente.

2.2.2.8. *Companhia Energética de Minas Gerais S.A. – CEMIG*

As redes subterrâneas da CEMIG foram implantadas a partir da década de 1970, e Belo Horizonte conta com 240 km de redes de Média Tensão e 290 km de redes de Baixa Tensão, atendendo a 67.000 consumidores (CORTES, 2013). A concessionária do Estado utiliza basicamente quatro tipos de sistemas subterrâneos, o reticulado (*network*), o de dupla alimentação, o anel com recurso, e o secundário – radial.

De acordo com Cortes (2013), nas cidades históricas do Estado de Minas Gerais, existe um forte apelo para implantação de redes subterrâneas, tais como: Ouro Preto, Juiz de Fora, Montes Claros, Uberlândia, Uberaba, Diamantina, São João del-Rei, Tiradentes, Santa Luzia, Mariana, Sabará, Nova Lima, Contagem, Vespasiano etc.

2.2.2.9. *Companhia Energética de Brasília – CEB*

Segundo Vale (2015), Brasília possui 38,33 km de redes em 138 kV, 111,76 km em 34,5 kV e 504 km em 15 kV. Devido ao fato de ser uma cidade patrimônio da humanidade, tombada pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO em 1990, o IPHAN proibiu a construção, na área tombada, de linhas aéreas e de redes de distribuição, sendo necessário optar pela implantação de redes compactas, cujo custo situa-se entre as redes aéreas convencionais e as subterrâneas (LEE, LIMA e PINTO, 2011).

De acordo com Lee, Lima e Pinto (2011), em 2006, foi inaugurada a primeira Linha Subterrânea em 138 kV, com 4,85 km de extensão e interligando a Subestação – SE Brasília Centro com a SE Embaixadas Sul, em 2008 foi construída outra linha com 3,2 km de extensão, interligando a SE Sudoeste a um trecho de linhas aéreas, e em 2009 foi construída uma linha de distribuição com trecho aéreo, trecho sublacustre e trecho subterrâneo, interligando a SE Mangueiral a SE Brasília Centro.

O estudo realizado em 2011 indicava ainda que, por exigência da Fédération Internationale de Football Association – FIFA para a Copa de 2014, seriam construídas 3 linhas de transmissão de 138 kV subterrâneas com 7,2 km de extensão interligando as SEs Brasília Centro, Autarquias e Estádio Nacional; e que a CEB estudava a substituição de seis circuitos de linhas com tensão de 138 kV e dois em 230 kV aéreos por subterrâneos, totalizando cerca de 250 km de cabos subterrâneos.

2.3. ASPECTOS CONSTRUTIVOS, ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DAS REDES SUBTERRÂNEAS

A seguir serão apresentados os aspectos construtivos das redes subterrâneas, relacionando os métodos de construção e tipos de redes; os aspectos econômicos, com a evolução dos custos levantados por diferentes autores, desde 1998 até 2011; e os aspectos ambientais da implantação de redes subterrâneas, elencando os benefícios frente aos projetos de redes aéreas.

2.3.1. Aspectos construtivos das redes subterrâneas

Segundo a COPEL (2010), as redes subterrâneas possuem uma grande variedade de padrões construtivos e de configurações, cujas variáveis são aplicadas com base em fatores como a região projetada, a densidade de carga, o tipo de consumidor, o tipo de pavimento, o tipo de solo, as condições climáticas e de trânsito e atividades típicas da região (comercial, residencial, etc.). Tais fatores são importantes na definição do projeto de implantação de redes subterrâneas, e até mesmo na escolha desse tipo de distribuição de energia elétrica.

Outros aspectos a serem considerados no projeto de uma rede subterrânea envolvem as instalações, conexões, derivações e sistema de proteção, além de ser de suma importância a definição dos procedimentos de manutenção.

O atlas da ANEEL (2008) define faixa de ocupação das redes subterrâneas como o espaço das galerias subterrâneas, onde são definidos pelo detentor os pontos de fixação, os dutos subterrâneos e as faixas de terreno destinados ao compartilhamento com agentes do setor de telecomunicações de interesse coletivo e agentes do setor de petróleo para instalação de cabos, fios e fibras ópticas.

Com relação ao método de implantação das redes subterrâneas, podem ser utilizados túneis, muito comuns no Japão e também utilizado na LTS Norte (Guarulhos) – Miguel Reale (São Paulo) de 345 kV, da CTEEP; dutos, inicialmente feitos em Policloreto de Vinila – PVC de paredes finas e Polietileno de Alta Densidade – PEAD corrugado, sendo hoje preferidos os dutos rígidos em PEAD lisos internamente e anelados externamente (LIMA, *et. al.*, 2003).

Segundo Rocco (2006), com o crescimento das cidades se faz necessária a expansão e melhoria nas redes subterrâneas de distribuição, utilizando-se métodos construtivos que possibilitem causar menos interferências no dia a dia da população. Assim, a implantação dessas redes através da consagrada técnica de abertura de valas a céu aberto vai dando lugar aos Métodos Não Destrutivos – MND.

Além do método de implantação, o material para isolamento dos cabos é um aspecto importante e, segundo Rodrigues (2014), no Brasil em 1925 eram utilizados cabos com óleo fluido para classe de tensão acima de 69 kV, passando para cabo a gás, em 1927, posteriormente para cabos isolados em polietileno, em 1942, e finalmente para cabos isolados em Composto Extrudado de Polietileno Termofixo – XLPE, em 1963.

As redes subterrâneas podem ser totalmente enterradas ou semienterradas, dependendo da existência de equipamentos instalados sobre o solo, do tipo de isolamento dos cabos utilizado, bem como das infraestruturas necessárias.

2.3.1.1. *Redes subterrâneas totalmente enterradas*

Com relação aos aspectos construtivos, as redes de energia elétrica totalmente enterradas utilizam, como materiais para isolamento dos cabos, o XLPE, com melhor custo benefício, ou ainda a borracha Etilenopropileno – EPR, com maior capacidade de resistir à umidade (NAKAGUISHI e HERMES, 2011).

Também fazem parte das redes totalmente enterradas, as Câmaras Transformadoras – CTs que são construídas em concreto armado e tem a função de alojar os equipamentos de transformação de energia. Segundo Nakaguishi e Hermes (2011), as CTs são situadas sob vias públicas, providas de tampas para inspeção de fácil acesso para funcionários em caso de manutenções e circuito interno exclusivo para iluminação.

As Caixas de Inspeção – CIs, que também são de concreto, alojam acessórios e equipamentos, além de possibilitar a passagem de cabos (mudança de direção, fim de linhas); e as Caixas de Passagem – CPs possuem a função principal de abrigar as emendas das derivações dos ramais que atendem os clientes da concessionária, são construídas sob o leito da rua e possuem tampas de ferro fundido com diâmetro aproximado de 600 mm (NAKAGUISHI e HERMES, 2011).

Um fator construtivo das redes subterrâneas que deve ser considerado é a possibilidade de ocorrer inundações nos locais de sua implantação, expondo os equipamentos a elevadas variações de temperatura e umidade, podendo ser utilizada tecnologia de equipamentos submersíveis, que têm custos mais elevados se comparados com equipamentos instalados em redes subterrâneas estanques. Além disso, segundo Cortes (2013), os custos de manutenção para o controle de invasão de água são muito inferiores nos sistemas submersíveis. Adicionalmente, as redes subterrâneas estanques necessitam de ventilação forçada ininterrupta.

Segundo Pirelli (2001, *apud* Velasco, 2003), em novembro de 2000, na cidade do Rio de Janeiro, foram implantados os primeiros cabos chamados de “*air bag*” para serem utilizados em redes subterrâneas, com altíssima resistência a impactos, o que permite que os cabos sejam instalados diretamente no solo e não mais em banco de dutos (em PVC ou PEAD).

2.3.1.2. *Redes subterrâneas parcialmente enterradas*

Nas redes subterrâneas parcialmente enterradas, outra configuração subterrânea bastante utilizada pelas concessionárias brasileiras, os cabos são enterrados, porém alguns equipamentos de rede são instalados sobre o solo em gabinetes, câmaras ou postes externos, em locais públicos ou privados (NAKAGUISHI e HERMES, 2011).

De acordo com Nakaguishi e Hermes (2011), a concessionária deve ter livre acesso a essas áreas para realizar operações e manutenções necessárias, e esse tipo de configuração tem se tornado bastante comum em condomínios residenciais, que por questões estéticas optam pela rede subterrânea e que possuem área externa suficiente para a disposição destas estruturas. Tais redes possuem índices de qualidade um pouco piores comparadas às totalmente enterradas, porém seus custos de implantação e manutenção podem os tornar viáveis em determinadas situações.

2.3.1.3. *Redes subterrâneas e o uso do solo*

As redes de distribuição aéreas são compostas pela infraestrutura de energia elétrica e de outras concessionárias e permissionárias, tais como TV a cabo e telefonia, além da iluminação pública (COPEL, 2010); dessa forma, para que haja o completo enterramento das redes, se faz necessário o enterramento também da infraestrutura das demais empresas.

Diante disso, para o compartilhamento do uso do solo devem ser consideradas as infraestruturas relacionadas à rede aérea, e as demais atividades que utilizam o subsolo, tais como: água e esgoto, galerias de águas pluviais, fibra ótica, infraestrutura para semáforos, distribuidora de gás, entre outros.

De acordo com a COPEL (2010), grande parte desta tubulação não está cadastrada ou o cadastro não corresponde à localização exata, assim, sem o compartilhamento e a ordenação do subsolo os custos de implantação de tornam mais elevados e há riscos de acidentes.

Uma das formas de driblar essa dificuldade na elaboração de um projeto de redes subterrâneas é a utilização de uma estrutura chamada banco de dutos, onde tanto os condutores de energia da rede primária e secundária, que compõem toda a rede subterrânea, são instalados nestes bancos que são compostos por dutos de tamanhos variados, cada um com uma determinada finalidade (NAKAGUISHI e HERMES, 2011).

Os bancos de dutos podem ser implantados de três formas: i) valas técnicas, com o compartilhamento de banco de dutos, mas as caixas para energia ainda continuam separadas; ii) galerias técnicas, com o compartilhamento total de banco de dutos, sistema utilizado principalmente na Europa, por meio do qual são construídas galerias (túneis) com compartilhamento de infraestruturas de gás, água e esgoto, águas pluviais, energia, telecomunicações etc.; iii) calçadas e corredores técnicos, utilizados onde há espaços urbanos planejados (COPEL, 2010).

Apesar das peculiaridades no uso do solo, as redes subterrâneas podem ser uma solução para os casos em que a ampliação de redes aéreas, em uma mesma faixa de

servidão, não pode ser feita, devido a impossibilidades técnicas, uma vez que a largura da área utilizada para implantação de redes subterrâneas é a largura da vala (BASCOM, DOUGLASS e THOMANN, 1996). Isso pode ser uma vantagem em locais onde exista conflito de propriedade ou onde o valor da terra é muito alto.

De qualquer forma, a maior aplicabilidade e conseqüente redução de custos de conversão ou implantação de redes subterrâneas estão intimamente ligadas à capacidade de gerenciamento dos municípios em relação ao uso do solo, além de estar associada ao planejamento conjunto na urbanização das cidades (COPEL, 2010).

Uma das ferramentas para o planejamento citado é o correto georreferenciamento das redes subterrâneas de distribuição, utilizando-se mapas consistentes, padronizando-se projetos e utilizando-se coordenadas na execução das obras de engenharia. De acordo com Rocco (2006), as informações cadastrais adquiridas em campo das redes existentes são tratadas de forma individualizada, ou seja, cada empresa realiza o seu cadastro e com procedimentos próprios, inviabilizando a unificação das informações topográficas para criação de um cadastro único.

Além disso, Duclos e Teixeira (2013) acrescentam que a conversão de redes elétricas para subterrânea pode significar uma oportunidade não apenas de enterrar a rede existente, como também reorganizá-la, utilizando dados mais recentes sobre a distribuição de carga para otimizá-la.

O fato de existir diferentes tipos métodos de construção de redes subterrâneas (enterradas ou semienterradas), com diferentes tipos de materiais de isolamento para os cabos, contribui para uma maior variabilidade de projetos e possibilita diferentes arranjos nos sistemas de distribuição de energia. Além do que, como visto anteriormente na implantação de redes subterrâneas no *campus* da USP, podem ser realizadas diferentes combinações de trechos aéreos, enterrados, semienterrados, dependendo da necessidade e das características da área de implantação.

Um dos problemas apontados pelas concessionárias de energia elétrica no enterramento de cabos ou implantação de redes subterrâneas é o uso do subsolo, pois muitas vezes as redes dos mais variados serviços oferecidos à população não estão cadastradas, ou o cadastro não corresponde à realidade, e esse fator traz insegurança durante a realização das obras e pode ocasionar retrabalho. Em tese, quanto mais compartilhada for a estrutura de enterramento de cabos de outras prestadoras de serviços, maior a possibilidade de rateio do custo de implantação dessa estrutura. Além disso, com relação ao impacto visual, faz sentido o enterramento das redes de energia em conjunto com os cabos das empresas de telecomunicação.

2.3.1.4. *Manutenção das redes subterrâneas*

A manutenção preventiva de uma rede aérea de energia elétrica, segundo Velasco (2006), refere-se à manutenção geral das estruturas, condutores e equipamentos, especialmente na verificação de pontos quentes em conexões, chaves e fuga de corrente em isoladores, além da poda das árvores e a retirada de objetos da rede.

E segundo Martins (2012) o prazo de depreciação de qualquer equipamento usado nos dois tipos de rede é regulado pela ANEEL, no entanto a localização de defeitos na rede subterrânea exige aparelhos e técnicas especiais e o tempo de execução de reparo é mais longo, aumentando os valores de Duração Equivalente de Interrupção – DEC.

Já a manutenção corretiva, de acordo com CEMIG (1998, *apud* Velasco, 2006), dá-se em função do número de interrupções acidentais e do tempo do restabelecimento da interrupção urbana, onde ocorrem as substituições de material danificado, além das manobras necessárias para a execução dos serviços na rede.

Bascom, Douglass e Thomann (1996) falam que no aspecto de manutenção do sistema, reconhecer uma falha na rede subterrânea é mais complicado do que na rede aérea, já que na aérea a falha é visível.

Com relação a manutenção das redes, pode-se dizer que as redes subterrâneas tendem a ser mais vantajosas que as redes aéreas, já que por estarem menos expostas a agentes externos e climáticos as atividades de manutenção corretiva são realizadas com menor frequência, contudo, a correção de uma falha ocorrida nesse tipo de rede é mais complicada e exige equipamentos específicos e mão de obra especializada.

2.3.2. Aspectos econômicos das redes subterrâneas

Como já visto anteriormente, nas normas que regulamentam a relação do poder concedente e das concessionárias, é prerrogativa da distribuidora de energia elétrica a definição dos investimentos a serem realizados e a tecnologia a ser empregada, e de acordo com Mattar (2014), o investimento total realizado pelas distribuidoras brasileiras em redes subterrâneas no ano de 2012, foi da ordem de R\$ 10,5 bilhões.

As companhias de distribuição de energia elétrica em geral consideram que os benefícios quantificáveis do enterramento integral das redes, como redução dos custos operacionais e maior confiabilidade da oferta, não superam a soma dos seus custos e da perda do capital incorrida na instalação das linhas aéreas (DUCLOS e TEIXEIRA, 2013). Assim, entende-se que os benefícios não quantificáveis, como redução da poluição visual e de riscos, devem então ser suficientemente grandes para justificar o enterramento.

Segundo a *Comission of the European Communities* (2003), ainda que os Países Baixos tenham notado, já na década de 1970, os benefícios do sistema subterrâneo de energia elétrica, redes subterrâneas ainda permanecem mais caras do que redes aéreas equivalentes e com a mesma capacidade de transmissão, sendo que essa diferença é menor em classes de tensão mais baixas.

De acordo com Martins (2012), os maiores custos das redes subterrâneas são os representados pelos transformadores, cabos isolados, conexões da rede primária e os protetores de rede, esses, devido à falta de fabricantes nacionais e pelos altos custos de importação. Com isso os projetos de redes subterrâneas podem levar mais tempo de planejamento e compra de materiais e equipamentos.

Segundo a COPEL (2010), o custo de implantação de redes subterrâneas é aproximadamente seis vezes menor do que nos anos 2000, e que tal redução de custos contribui para o aumento da demanda por empreendimentos dessa natureza. Além disso, de acordo com Martins (2012), os custos podem se tornar menores com a chegada de arranjos diferentes de sistemas de energia elétrica.

Nakaguishi e Hermes (2011) também entendem que o avanço tecnológico empregado tem reduzido consideravelmente a diferença entre os custos de implantação das redes aéreas e das redes subterrâneas, raciocínio complementado por Brunherotto (2001) que indica que com a homologação de novos fabricantes pelas concessionárias distribuidoras de energia, os custos podem ser sensivelmente reduzidos.

Segundo Velasco (2003), novas tecnologias e alternativas em relação à implantação das redes subterrâneas estão sendo testadas e estudadas, e isso fará com que essa possibilidade se torne mais competitiva, como por exemplo os dutos fabricados em PEAD que podem ser instalados diretamente no solo e dispensam as caixas de concreto. Ou mesmo os “*air bags*” que reduzem os custos de mão de obra e o tempo de construção, pois também permitem que sejam instalados diretamente no solo.

Conforme já mencionado, a rede de distribuição no *Campus* da Cidade Universitária Armando Sales de Oliveira, em São Paulo, implantada entre os anos 1998 e 1999, consistia em um projeto que envolveu diferentes tipos de redes e seus custos estão descritos na Tabela 6 a seguir (JARDINETTI, 2002).

Tabela 6 – Custos estimados das redes implantadas no Campus da USP

Tipo de rede	Custo por US\$/km
Convencional	69.980,00
Cabo coberto	98.992,00
Compacta <i>spacer</i>	104.143,00
Pré-reunido	169.970,00
Subterrânea (cabos enterrados diretamente no solo)	663.546,00

Fonte: JARDINETTI, 2002.

O que pode ser observado é que naquela época, a implantação da rede convencional custou em torno de 10% o custo da rede subterrânea.

De acordo com Velasco (2006), o custo de implantação de rede convencional (primária e secundária) variou de R\$ 54.188,39 a R\$ 67.571,43 por quilômetro, no ano de 2006, e o custo de implantação da rede compacta (primária e secundária) foi em média R\$ 62.215,99/km. Já o custo de implantação de uma rede subterrânea foi, em média, de R\$ 436.585,04, por quilômetro, sendo que desses, R\$ 342.973,96 referem-se a obras civis, o que representa 78,5% do custo total da rede.

Já o levantamento realizado por Lee, Lima e Pinto (2011), para as redes subterrâneas construídas em Brasília, no período de 2006 a 2011, mostrou que a relação entre os custos das duas modalidades de redes é da ordem de 3 vezes, sendo que para uma mesma linha, o trecho aéreo custou R\$ 495.351,51 o quilômetro e o trecho subterrâneo custou R\$ 1.781.239,77 o quilômetro.

Na época de implantação da rede subterrânea da COPEL (2010), foi utilizado o modelo americano, chamado de “reticulado”, considerado mais confiável por apresentar índices de DEC e FEC próximos a zero, e por este motivo mostrou-se um sistema extremamente caro.

A COPEL (2010) fez um comparativo entre dois sistemas de redes totalmente enterradas, representado na Tabela 7.

Tabela 7 – Comparativo entre redes totalmente enterradas

Tipo de rede	Densidade de carga típica	Custo aproximado/km	Custo/kVA	DEC e FEC quantitativo	Observações
Rede Reticulada ou <i>Network</i>	Maior que 3.000 kVA/km ou 48 MVA/km ²	R\$ 12 milhões	R\$ 800,00	0 a 0,2	Rede com câmaras subterrâneas para abrigo dos transformadores e rede de baixa tensão
Áreas urbanas – totalmente enterradas	Maior que 1.500 kVA/km ou 24 MVA/km ²	R\$ 5 milhões	R\$ 1.500,00	0,5 a 10	Tipicamente construída com cabos acomodados em dutos e equipamentos acomodados em câmaras e caixas subterrâneas

Fonte: COPEL, 2010.

O comparativo mostra que o custo aproximado, por quilômetro, de implantação das redes em área urbanas era menos da metade do custo verificado na rede reticulada ou *Network*.

Para as redes parcialmente enterradas, que são aquelas que possuem alguns elementos e/ou equipamentos aéreos, a COPEL (2010) fez o mesmo tipo de comparativo que está representado na Tabela 8, a seguir.

Tabela 8 – Comparativo entre redes parcialmente enterradas

Tipo de rede	Densidade de carga típica	Custo aproximado/km	Custo/kVA	DEC e FEC quantitativo	Observações
Áreas urbanas com equipamentos semienterrados ou tipo pedestal	Entre 400 e 1.500 kVA/km	R\$ 3,2 milhões	R\$ 1.600,00	0,7 a 1,5	Necessidade de liberação de espaços públicos e/ou privados para a instalação de equipamentos
Áreas urbanas com equipamentos em poste	Entre 200 e 1.500 kVA/km	R\$ 2,5 milhões	R\$ 1.800,00	1,2 a 2,0	Necessidade de liberação de espaços públicos para a instalação de postes com equipamentos
Rede Radial com recursos para condomínios	Entre 300 e 800 kVA/km	R\$ 1,5 milhões	R\$ 2.000,00	2,0 a 2,5	Necessidade de espaços no condomínio. Tipicamente com equipamentos semienterrados ou pedestal
Rede Radial com recursos em áreas especiais (parques de preservação ambiental, ilhas etc.)	Entre 50 e 200 kVA/km	R\$ 600 mil	R\$ 3.000,00	2,2 a 2,7	É necessária a rede subterrânea por questões ambientais. Tipicamente com equipamentos semienterrados e cabos diretamente enterrados
Rede Radial com recursos em áreas especiais (parques de preservação ambiental, ilhas)	Entre 50 e 200 kVA/km	R\$ 450 mil	R\$ 2.500,00	2,5 a 3,0	É necessária a rede subterrânea por questões ambientais. Tipicamente com equipamentos semienterrados e cabos diretamente enterrados

Fonte: COPEL, 2010.

Nas duas tabelas é possível observar que o custo aproximado de implantação é inversamente proporcional aos índices DEC e FEC, ou seja, quanto mais confiabilidade se exige do sistema, maior é seu custo de implantação.

Em 2011, Nakaguishi e Hermes também compararam os custos aproximados de implantação de redes totalmente enterradas, dos sistemas reticulados e radiais, e para diferentes tipos de cargas; bem como os custos das redes parcialmente enterradas, com equipamentos em pedestal e em postes. A Tabela 9, a seguir, consolidou os dados obtidos:

Tabela 9 – Comparativo entre diferentes tipos de redes

Tipo de rede	Carga (MVA)	Custo (R\$/km)
Rede subterrânea reticulada	48	12 milhões
	24	9,56 milhões
	12	7,83 milhões
	6	6,56 milhões

Tipo de rede	Carga (MVA)	Custo (R\$/km)
Rede subterrânea radial	48	6,3 milhões
	24	5 milhões
	12	4 milhões
	6	3,28 milhões
Rede subterrânea com equipamentos em pedestal	45	4,9 milhões
	30	3,92 milhões
	15	3,2 milhões
	7,5	2,64 milhões
Rede subterrânea com equipamentos em poste	40	3,83 milhões
	26	3,05 milhões
	13	2,5 milhões
	6	2,06 milhões

Fonte: Nakaguishi e Hermes, 2011.

Nos países onde há maior utilização de redes subterrâneas, a relação de preço entre as redes subterrâneas e aéreas é inferior, quando comparado aos países que não implantaram muitas redes subterrâneas (BRUNHEROTTO, 2001).

A análise dos dados apresentados pelos diferentes autores supracitados permite observar que, a medida que vão sendo desenvolvidas novas tecnologias construtivas, aumentando o conhecimento e a capacitando mão de obra, e com o amadurecimento do mercado nacional, há uma tendência de diminuição da diferença entre o custo de implantação de redes subterrâneas e redes aéreas.

Complementando o que foi indicado anteriormente, sobre a possibilidade de diminuição dos custos através de diferentes arranjos entre redes enterradas, semienterradas, em valas, banco de dutos etc.; deve-se atentar ao nível de confiabilidade que se exige dos sistemas, pois quanto menores forem o DEC e o FEC, mais cara se torna a implantação da rede subterrânea.

Com relação a responsabilidade por esses custos, em condomínios e loteamentos fechados, onde outra empresa é responsável pela implantação da rede subterrâneas, Brunherotto (2001) diz que algumas concessionárias, como o caso da CPFL, aceitam a doação da rede, incorporando-a a seu ativo e se tornando responsável pela sua manutenção, já a Eletropaulo, realiza a manutenção condicionada a assinatura de um contrato, onde os custos são arcados pelos consumidores.

Um dos fatores questionáveis na implantação de projetos de redes subterrâneas, frente ao seu custo elevado, é o financiamento de tais projetos, seja pela concessionária ou permissionária, seja pelo repasse ao consumidor final, seja através de programas diversos

de revitalização de municípios e que não estejam ligados diretamente a melhorias na infraestrutura de energia elétrica.

A título de exemplo, o IPHAN implementou em 2010, o Programa Monumenta, vinculado ao Ministério da Cultura, que destinava verba para revitalizar centros históricos do Brasil, incluindo o enterramento de cabos elétricos.

De acordo com Duclos e Teixeira (2013), a alocação de custos deve se dar de modo equitativo, por meio de uma combinação entre financiamento pelo Estado, pela concessionária e arrecadação por meio de tributos, de maneira parcimoniosa, de modo que os consumidores de energia não se confrontem com os custos de uma só vez, e que o dinheiro proveniente dos contribuintes não financie melhorias que deveriam ser pagas pela companhia distribuidora de energia.

Segundo a ANEEL (2008), as distribuidoras também são responsáveis pela implementação de projetos de eficiência energética e de P&D (pesquisa e desenvolvimento). Neste caso, são obrigadas a destinar um percentual mínimo de sua receita operacional líquida a essas atividades que, para ser implementadas, dependem da aprovação da ANEEL. Até o final de 2010, esse percentual era de 0,5% tanto para eficiência energética quanto para P&D. Segundo informações da Aneel, o total de recursos aplicados entre 1998 e 2007 em programas de P&D por todas as empresas do setor (o que inclui as transmissoras e geradoras) foi de R\$ 1,3 bilhão.

Em uma pesquisa elaborada pela AES Eletropaulo em maio de 2012, com 817 pessoas entre 18 a 64 anos, pertencentes as classes A, B, C e D, constatou-se que a grande maioria dos domicílios acha importante investir em redes enterradas e tem maior preocupação com os benefícios do que com a dificuldade do processo. A pesquisa demonstrou ainda que 70% dos entrevistados têm conhecimento sobre enterramento de redes, 50% se incomodam com as redes aparentes no seu bairro e 45% se incomodam com as redes aparentes no centro expandido, e por fim 86% dos entrevistados acham importante investir em redes enterradas (JUNIOR, 2013).

Porém, a rejeição ao pagamento de qualquer valor adicional para o enterramento de redes é significativa, e 66% dos entrevistados escolheria não pagar e não ter o serviço (JUNIOR, 2013). Isso demonstra que, o financiamento dos projetos de redes subterrâneas deve ser levado em consideração, uma vez que a grande maioria dos contribuintes não está disposta a pagar mais caro por isso.

Além disso, Cunha e Pelegrini (2014) dizem que alguns aspectos das obras civis de implantação de redes subterrâneas podem ser compartilhados entre as distribuidoras de energia elétrica, operadores de telecomunicações e distribuidoras de gás natural, quais sejam: atividades preliminares, remoção do piso, valas, recomposição de piso e ligação de

clientes; entretanto, devem ser desenvolvidas regras para isso, e conciliados traçados de empreendimentos e prazos de execução.

De acordo com Junior (2013), a priorização de conversão de redes aéreas em redes subterrâneas, na cidade de São Paulo, considera o custo do solo, a lei de zoneamento e o próprio uso do solo, que foi já apontado no presente trabalho como uma questão chave.

Nakaguishi e Hermes (2011) complementam tal ideia com a necessidade de estudos preliminares que também contemplem pesquisas de mercado para determinação do tipo de consumidor e taxas de crescimento da região; características da região, não somente quanto ao tipo de solo, mas quanto às condições climáticas; planejamento da futura iluminação pública, das calçadas, de forma a garantir a acessibilidade a pessoas portadoras de necessidades especiais; e, principalmente, a análise de projetos já existentes, no sentido de possível compatibilização.

A COPEL (2010) listou os critérios que podem influenciar na decisão e despertar interesse da Companhia na implantação dos sistemas de redes subterrâneas, dentre eles:

- densidade de consumo de energia elétrica da área de estudo maior que 24 MVA/km² ou 1500 kW/km;
- redes convencionais que não atendam os altos índices de confiabilidade que a região exige;
- áreas que requeiram melhoria de acessibilidade das pessoas, por exemplo, com calçadas estreitas, postes mal posicionados etc.;
- áreas de albaroamento constante de postes;
- regiões centrais onde a distância entre a rede aérea e as edificações seja inferior a 2 metros;
- existência de marquises em avanço sobre as calçadas, considerando as condições de segurança;
- áreas de grande circulação de pessoas; e
- áreas com limitação física de atendimento pela rede aérea.

Segundo Tanure (2013), a COELBA, concessionária de distribuição de energia elétrica do Estado da Bahia, reduziu a quatro fatores a escolha por sistemas subterrâneos, quais sejam:

- alta concentração de carga, onde a rede aérea não comporta um grande número de alimentadores e transformadores;
- necessidade de redes de alta confiabilidade quando existem cargas sensíveis que necessitam de baixo índice de interrupção de energia;
- redução de indicadores de continuidade de fornecimento e melhoria da segurança;
- solicitação da sociedade, em função dos aspectos estéticos, paisagismo, qualidade de vida, preservação histórica, segurança etc.

Basicamente, os aspectos considerados pela Eletropaulo, COPEL, e COELBA para motivar a implantação de redes subterrâneas são bastante similares e vão de encontro aos aspectos descritos nos itens anteriores, sendo uma mistura entre considerações técnicas, por exemplo, quando não é possível a implantação de redes aéreas; considerações econômicas, no atendimento a padrões de confiabilidade que são traduzidos em sanções às concessionárias quando não atendidos; e considerações ambientais, na melhoria estética e segurança da região. O que difere de uma companhia para outra é o peso que cada aspecto tem na decisão e, principalmente, o peso de todos juntos na análise comparativa entre implantação de sistemas aéreos e subterrâneos.

2.3.3. Aspectos ambientais das redes subterrâneas

Os aspectos ambientais, por vezes, podem ser entendidos como benefícios não quantificáveis, associados a melhorias estéticas de regiões. Além disso, a COPEL (2010) ressalta que não é prevista a participação financeira das concessionárias em obras que somente melhoram o aspecto estético, sem benefícios para a concessão, e elencando os seguintes benefícios associados.

A seguir serão elencados alguns possíveis benefícios da implantação de redes subterrâneas ou enterramento de cabos de energia elétrica.

2.3.3.1. *Proteção das redes de energia elétrica contra agentes externos*

Com relação à proteção da rede contra tempestades e fenômenos naturais, Junior (2013) relata que nos Estados Unidos, a combinação das áreas com tempestades severas e concentração populacional, direciona para os principais locais estudados para conversão de rede aérea em rede subterrânea.

Segundo Martins (2012), para a AES Eletropaulo, mais da metade das interrupções de energia, no verão, é causada por queda de galhos e árvores na rede aérea, e o procedimento para restabelecer o fornecimento de energia nesses casos é regulamentado por leis municipais e ambientais que exigem que seja a Defesa Civil ou o Corpo de Bombeiros os responsáveis por retirar e/ou podar a árvore, acrescentando algum tempo antes que o problema seja solucionado pela concessionária de energia.

Essa também foi a motivação da França em implementar uma nova política de enterramento de partes significantes de seu sistema de energia, após as tempestades ocorridas em dezembro de 1999 terem causados diversos apagões no país (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 2003).

De maneira geral, Boccuzzi (1997, *apud* Velasco, 2006) entende que o enterramento das redes implica na redução significativa das interrupções pela diminuição da exposição dos circuitos aos agentes externos, incrementando, assim, a confiabilidade do serviço de distribuição de energia elétrica e diminuindo os valores de FEC.

Por outro lado, Silva e Boccuzzi (2010) salientam que as redes subterrâneas não estão imunes a todas as ações externas, como é o caso das enchentes, e que apesar da rede subterrânea contar com proteção e ser capaz de operar imerso em água, o carreamento de resíduos e contaminantes diminui a vida útil desses equipamentos.

Percebe-se que o fator de proteção das redes contra os agentes externos conferido pelo enterramento, foi um dos principais critérios utilizado por muitos países para motivar a instalação de redes subterrâneas em detrimento das redes aéreas. O Brasil, por se tratar de um país tropical, recebe incidência de tempestades e raios, que contribuem para o incremento dos riscos à rede e diminuição da confiabilidade do sistema, principalmente de distribuição, pela queda de árvores e outras injúrias aos equipamentos elétricos. Por outro lado, em função das precipitações intensas em várias regiões do país, muitas áreas urbanas estão bastantes vulneráveis a eventos críticos de alagamentos e inundações, que podem comprometer as redes enterradas e diminuir sua vida útil.

2.3.3.2. *Arborização urbana e as redes de energia elétrica*

No tocante à arborização urbana, a disputa entre as árvores nas calçadas e as redes elétricas pelo mesmo espaço é um dos principais problemas existentes, pois, além dos postes ocuparem as calçadas e diminuírem a sua acessibilidade, Correa (2009) diz que a maioria das árvores, uma vez podada, começa a brotar em direção aos condutores elétricos precisando de novas manutenções em curto espaço de tempo.

Além disso, o contato de árvores com componentes da rede elétrica pode gerar riscos significativos, pois tem o potencial de romper condutores elétricos de alta, média e baixa tensão e, com isso, provocar acidentes e incêndios (MARTINS, 2012).

A poda pode ser necessária no caso das árvores atingirem a rede aérea primária ou por estarem apenas interferindo na rede aérea secundária, e isso influenciará no método utilizado para realização da poda e conseqüentemente no seu custo, uma vez que na rede secundária a poda pode ser feita com a rede desligada e na rede primária normalmente a poda é feita com a rede ligada. Além disso, o tipo de poda realizado pode ser diferente em rede aérea convencional e rede área compacta protegida (VELASCO, 2006).

De acordo com Velasco (2003) as Prefeituras Municipais são responsáveis pela poda das árvores, embora as concessionárias de energia elétrica possam executá-las quando

houver riscos para as pessoas, para as instalações e/ou interrupções de energia, causados por árvores próximas às redes.

Para as redes subterrâneas, Velasco (2003) indica que a poda continua sendo necessária para o bom desenvolvimento da árvore em meio urbano, ou seja, esse tipo de rede de distribuição de energia elétrica não exige que sejam feitos outros tipos de podas além dos necessários fitotecnicamente.

Além disso, a compatibilização entre árvores e redes subterrâneas, assim como demais dutos enterrados nas calçadas, também deve considerar a possível interferência das raízes dessas árvores (SILVA e BOCCUZZI, 2010). Porém, essa consideração pode ser feita durante a elaboração do projeto de implantação de rede subterrânea ou de enterramento, prescindindo da realização de poda em árvores já existentes.

O contexto levantado indica que a implantação de redes subterrâneas não excluirá por completo a necessidade de poda de árvores, mas irá alterar o foco da poda, passando de uma atividade preventiva e até mesmo corretiva realizada pelas concessionárias, que visam o não comprometimento das redes aéreas de energia elétrica, para uma atividade necessária a manutenção e bom desenvolvimento do indivíduo arbóreo, dentro dos padrões e atribuições dos órgãos municipais competentes.

Assim como um projeto de gasoduto enterrado, que é concebido considerando a presença de árvores, as redes subterrâneas deverão seguir a mesma lógica, respeitando a existência de árvores e localização de suas raízes. Do contrário, a implantação de rede subterrânea não será tão vantajosa para a arborização urbana e para o sistema de energia, já que permanecerão os riscos às redes e equipamentos.

2.3.3.3. *Acidentes envolvendo as redes aéreas de energia elétrica*

Segundo Tanure (2013), as redes subterrâneas oferecem segurança no sentido de evitar acidentes em áreas em que são realizados eventos com grande presença de pessoas, como carnaval, no trajeto dos desfiles Campo Grande/Avenida 7 e Barra/Ondina e festas juninas; como ocorreu em 2002, na capital Natal, do Rio Grande do Norte, causando óbito de três pessoas e deixando dezenas de feridos (Agência Folha, 2002); e em 2011, no município de Bandeira do Sul, em Minas Gerais, onde 16 pessoas morreram e 50 ficaram feridas (G1 Sul de Minas, 2014).

De acordo com Nakaguishi e Hermes (2011), a proximidade das redes aéreas convencionais com marquises, sacadas, painéis, andaimes, facilita o contato acidental de pessoas com os cabos condutores sem proteção, acarretando uma provável descarga elétrica, causadora de acidentes graves e até mesmo fatais.

Além disso, as redes subterrâneas reduzem a probabilidade de acidentes de trânsito, com a abalroamento de postes, devido a sua inexistência (SILVA e BOCCUZZI, 2010).

A necessidade de trazer mais segurança para regiões que recebem grande quantidade de pessoas em eventos pode ser relacionada a projetos de revitalização desses locais, e tornar-se um meio de compartilhamento dos custos de enterramento de cabos. Além dos casos ocorridos em eventos, a própria proximidade da população com as redes aéreas contribui para diversos acidentes ocorridos em atividades cotidianas da população, como realização de reformas ou brincadeiras de crianças, ou em eventos climáticos, que podem ocasionar o contato com cabos ou a queda dos mesmos, implicando em eventuais eletrocutamentos.

Além do risco físico, relacionado à presença de postes e cabos condutores, um aspecto bastante importante é a acessibilidade das calçadas e passeios públicos que fica comprometida devido a quantidade (e ao porte) de infraestrutura existente. Tal condição é agravada no caso das redes de transmissão aéreas que atravessam áreas urbanizadas, sem a instituição de faixa de servidão para essa rede, onde as estruturas (torres ou postes) são implantados nas calçadas e passeios públicos, já que o porte de tais linhas implicam na necessidade de ocupação de maiores espaços.

2.3.3.4. *Melhoria estética dos centros urbanos*

De acordo com Silva e Boccuzzi (2010), um dos principais benefícios das redes subterrâneas é a diminuição da poluição visual, uma vez que a maioria dos equipamentos fica enterrada, e pode-se revitalizar as calçadas, com iluminação pública ornamental, replantio de árvores, e desobstrução de fachadas e entradas de edifícios. Entretanto, pondera-se que a poluição visual é mais sentida em regiões com poder aquisitivo maior, uma vez que em tais regiões as demais demandas por água, gás, e outras aspectos da urbanização, já estão sanadas.

Outra motivação para as redes subterrâneas refere-se à necessidade de preservação das características originais das áreas consideradas patrimônio histórico, como Centro de Salvador, principalmente o Pelourinho (TANURE, 2013).

A melhoria estética da região acaba gerando um aumento na valorização das residências nos locais onde foram implantadas tais redes, porém, quando comparada aos custos de implantação da rede não chegam a 1% do valor avaliado (Velasco, 2003). Essa valorização por sua vez, acarreta a um aumento na arrecadação do Imposto Predial e Territorial Urbano – IPTU pelas prefeituras.

Os aspectos estéticos talvez sejam os mais abordados quando se discute a implantação de redes subterrâneas, pois nas áreas urbanizadas, a presença dos cabos de

energia elétrica, cabos de telecomunicação e postes formam um conjunto de estruturas que impactam visualmente a região.

Pondera-se, entretanto, que tal aspecto não pode ser exclusivo na proposição de redes enterradas, pois não é encarado pelas concessionárias de energia elétrica como fator suficientemente forte para contrabalancear os altos custos relativos ao enterramento. Além do que, a instalação de redes com cabos enterrados é mais solicitada em locais com as demais infraestruturas já implantadas, e a valorização da região é incipiente. Quando os custos de implantação das redes subterrâneas são repassados na tarifa de energia elétrica, os custos são distribuídos inclusive a consumidores que não receberam o benefício direto da rede, sendo que por vezes, nem mesmo é atendido por sistema de boa confiabilidade.

2.3.3.5. *Geração de campos eletromagnéticos*

A geração de campos eletromagnéticos por redes de energia elétrica, para as redes aéreas, pode ser entendida como um problema em locais muito próximos de casas e escolas, e para as redes subterrâneas, tais campos são maiores na área imediatamente próxima, e são atenuados a medida que vai se distanciando da rede subterrânea (BASCUM, DOUGLASS e THOMANN, 1996).

De acordo com Oliveira (2010), os campos magnéticos gerados em redes de energia de alta tensão podem ser mitigados através da manipulação de cabos (métodos de aterramento, espaçamento entre fases do circuito, disposição do circuito, profundidade dos cabos, permutação de fases e divisão de fases), podem ser compensados através da geração de campo magnético de sentido oposto, e ainda, podem ser mitigados com materiais ferromagnéticos ou condutivos (blindagem).

Exemplo disso, as medições do campo eletromagnético feitas na rede subterrânea da Cidade Universitária Armando Sales de Oliveira, em São Paulo, que apontaram valores abaixo da referência normativa (JARDINETTI, 2002).

Considerando que para algumas redes de transmissão com tensão de operação maior e em áreas urbanizadas não são necessariamente instituídas faixas de servidão e que tais redes são implantadas ao longo de calçadas, a população vizinha ao empreendimento é exposta a níveis de campo eletromagnético; e com a implantação de redes subterrâneas, esse campo eletromagnético é pode ser diminuído em função da proteção do subsolo.

3. ESTUDOS DE CASO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO E SUBTRANSMISSÃO LICENCIADAS

A seguir serão trazidos exemplos de processos de licenciamento ambiental, conduzidos pela CETESB, de linhas de transmissão com diferentes classes de tensão e de diferentes concessionárias de energia elétrica do Estado, onde, durante sua análise, foram levantados questionamentos a respeito da construção de redes aéreas e, conseqüentemente, da instituição da faixa de servidão.

3.1. Ramal Aéreo Consumidor – RAC J. Serrano

O RAC J. Serrano refere-se a um Ramal de atendimento a uma indústria têxtil localizada no município de Vargem Grande Paulista. No início do processo de licenciamento, em maio de 2009, o projeto previa um ramal com 3.452 metros de extensão, 44 estruturas de concreto armado e faixa de servidão de 8,0 metros de largura.

A prefeitura de Vargem Grande Paulista se manifestou favoravelmente quanto à implantação do Ramal, solicitando que a concessionária fiscalizasse e monitorasse o empreendimento:

“[...] no tocante a manutenção dos padrões de segurança, higiene, salubridade e conforto da população lindeira às Linhas de Transmissões, como também daquela que transita ao longo dos logradouros públicos por onde as mesmas deverão ser instaladas.”

Entretanto, ao longo da implantação do empreendimento, após terem sido emitidas as Licenças Ambientais Prévia e de Instalação – LP e LI, foi realizada vistoria pela equipe técnica da CETESB e do empreendedor, onde constatou-se resistência da população à implantação dos postes nas calçadas. As Figuras 11 a 16 mostram o observado em vistoria:



Figura 11 – Poste instalado na calçada da Estrada da Lagoa, município de Vargem Grande Paulista, impedindo circulação de pessoas
Fonte: CETESB, 2009.



Figura 12 – Poste instalado na calçada da Avenida Dr. Rene Corrêa, onde é possível notar a proximidade com a marquise da construção e os pedestres andando na rua
Fonte: CETESB, 2009.



Figura 13 – Manifestação da população afetada, contrária a implantação do empreendimento
Fonte: CETESB, 2009.



Figura 14 – Armazenamento do material, durante a implantação do empreendimento, impedindo a circulação de pessoas
Fonte: CETESB, 2009.

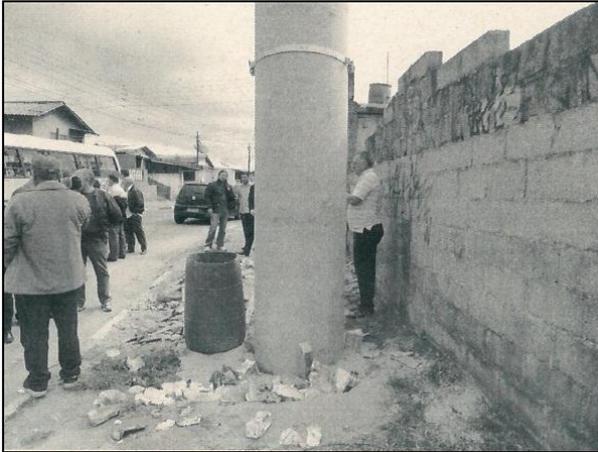


Figura 15 – Poste instalado na calçada da Avenida Dr. Rene Corrêa, onde foi possível constatar os transtornos aos pedestres

Fonte: CETESB, 2009.



Figura 16 – Poste instalado na calçada onde é possível comparar o porte entre as estruturas de transmissão (à esquerda) e distribuição (à direita) de energia elétrica

Fonte: CETESB, 2009.

Foram feitas solicitações pelo órgão ambiental, dentre elas: instalar sinalização, providenciar e manter circulação provisória para pedestres na travessia de calçadas interrompidas pela armazenagem de material; e realizar audiência com a comunidade de Vargem Grande Paulista, visando esclarecer à população quanto às características do empreendimento.

Pode-se dizer que nesse caso, a implantação de rede subterrânea poderia ter sido apresentada como alternativa para os conflitos nos trechos onde houve maior questionamento por parte da população, devido aos prejuízos trazidos pela instalação de postes desproporcionais ao tamanho das calçadas. Entretanto, é fundamental que esse tipo de alternativa seja estudada ainda na fase de planejamento da rede, inclusive com discussão com os órgãos municipais e reguladores, já que tanto o uso e ocupação do solo quanto as questões econômicas são determinantes na tomada de decisão. Por se tratar de uma linha pouco extensa e para atendimento a um empreendedor privado, o aumento no valor do investimento poderia inviabilizar sua implantação.

Embora tenha havido grande resistência da população ao empreendimento, com base na pesquisa realizada, acredita-se que o repasse desse aumento na tarifa de energia elétrica provavelmente não seria aceito pela população, ou ainda, poderia não ser praticável por se tratar de empreendedor privado.

3.2. Linhas de Transmissão – LTs de 88/138 kV Jandira – Monte Belo e Jandira – Cotia

O empreendimento consiste no conjunto de duas linhas de transmissão de circuito duplo, sob responsabilidade da Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S.A., que interligam a Subestação – SE Jandira à Subestações Transformadoras de Distribuição – ETDs Monte Belo e Cotia, percorrem os municípios paulistas de Jandira, Barueri, Carapicuíba e Cotia, possui extensão aproximada de 10,4 e 10,9 quilômetros cada e faixa de servidão de 16 metros de largura. Ainda relacionado às características do empreendimento, seriam utilizadas 86 estruturas (torres metálicas), para Jandira – Monte Belo e 83 estruturas, para Jandira – Cotia, com 25 metros de altura e vão médio de 120 metros entre as estruturas.

Em setembro de 2010, foi apresentado o Relatório Ambiental Preliminar – RAP do empreendimento para solicitação da LP, e segundo o estudo, as LTs fazem parte do projeto denominado Complexo Jandira, com prazo previsto para as obras de 12 meses e investimento em torno de R\$ 68 milhões.

No RAP foi informado que o empreendimento seria implantado em área do Bioma Mata Atlântica, com vegetação classificada com Floresta Ombrófila Densa, e que 22% das torres seriam instaladas em Área de Preservação Permanente – APP de curso d'água. Além disso, seriam atravessadas 76 propriedades para instituição da faixa de servidão, sem relocação de população, com previsão de indenizações por eventuais benfeitorias e perdas nas atividades econômicas desenvolvidas nas áreas afetadas.

Durante o processo de licenciamento da LT de 88/138 kV Jandira – Monte Belo, houve ajuste de traçado, aumento no número de estruturas (108 torres) e substituição de algumas torres para postes que, o que, segundo a Eletropaulo, ocorreu devido a impedimentos identificados nos levantamentos fundiário e topográfico, e nas sondagens geotécnicas.

Ao todo foram necessários quatro ajustes, sendo que três deles foram motivados pela impossibilidade de acordo fundiário em área prevista para implantação de loteamentos residenciais e um se deu devido problemas fundiários em propriedade militar. Apesar de não ter alterado o juízo de viabilidade ambiental do empreendimento, as adequações realizadas implicaram no aumento da supressão de vegetação e da intervenção em APPs.

Ao término da fase de implantação, o projeto *as built* indicou que foram efetivamente instaladas efetivamente 98 estruturas.

Com relação à outra linha de transmissão do empreendimento, a LT de 88/138 kV Jandira – Cotia, também houve adequações entre o projeto apresentado na solicitação da LP e na solicitação da LI devido a questões técnicas e fundiárias. Por conta das dificuldades relacionadas à liberação fundiária, a implantação da LT foi dividida em quatro trechos.

Em fevereiro de 2013, foi solicitada a LI dos trechos denominados A0-A e C-D com 3.000 metros e 700 metros de extensão, e 26 e 12 estruturas (torres e postes), respectivamente. Houve ajuste no Trecho A0-A, devido a um projeto de loteamento que acarretou a troca de torres metálicas para postes.

Em junho de 2013 foi solicitada LI de mais um trecho, denominado B'-C, com 2.090 metros de extensão e 18 estruturas. Nesse trecho também houve adequação devido a um projeto de loteamento, que implicou no deslocamento da faixa de servidão do interior da propriedade para sua borda, e no aumento da supressão de vegetação nativa e intervenção em APP.

O próximo Trecho A-B' teve sua LI solicitada em novembro de 2013, prevendo-se a instalação de 28 estruturas ao longo de, aproximadamente, 3.500 metros. Assim como os trechos anteriores, houve ajuste do projeto devido a um futuro loteamento industrial e a relocação de duas torres em APP, nos fundos de uma escola particular. Segundo a Eletropaulo, trata-se de uma área bastante antropizada, onde se optou pela intervenção em vegetação nativa e APP a fim de evitar desapropriações.

A Licença Ambiental de Operação – LO da LT de 88/138 kV Jandira – Cotia foi solicitada pela Eletropaulo em abril de 2014, e de acordo com o Parece Técnico n.º 326/14/IE que subsidiou sua emissão, as obras civis iniciaram-se em meados de maio de 2013 e se encerraram no início de junho de 2014.

Entretanto, no trecho A-B' houve uma Ação Cautelar Inominada – Liminar expedida em nome de uma associação proprietária da escola particular próxima à APP do Rio Cotia, que impedia a Eletropaulo de energizar a linha de transmissão, sob a alegação de que o empreendimento localizava-se em distância crítica do imóvel existente, representando risco à saúde e segurança das pessoas, através da emissão de interferências eletromagnéticas e pelo risco de acidentes. Somente após a apresentação de um estudo com simulação dos campos elétricos e magnéticos para a LT, e cassação da liminar expedida pelo juiz, a Eletropaulo pode energizar a linha e iniciar a operação.

A Figura 17 indica a posição das estruturas e localização da faixa de servidão em relação ao muro de divisa da escola.



Figura 17 – Faixa de servidão instituída para a LT de 88/138 kV Jandira – Cotia, adjacente a escola no município de Cotia
Fonte: CETESB, 2010.

Em análise ao licenciamento ambiental do empreendimento em questão, verificou-se que o processo levou 49 meses para conclusão, desde a solicitação da LP em setembro de 2010 até a emissão da LO da última linha de transmissão em outubro de 2014, sendo que, o empreendedor previa o prazo de 12 meses para as obras.

Embora não possam ser desconsiderados os prazos de análise inerentes ao licenciamento ambiental, o principal motivo de atraso na operação do empreendimento trata-se da dificuldade de liberação fundiária nas áreas, o que implicou na necessidade de diversos ajustes no projeto original, apresentado na ocasião da solicitação da LP, ao ponto de ser necessária a divisão da fase construtiva e obtenção das LIs por trechos.

As alterações realizadas, motivadas pela falta de acordos com os proprietários das áreas onde seria instituída a faixa de servidão, refletiram em prejuízos para o empreendedor e em maior intervenção no meio biótico, com o aumento de supressão de vegetação nativa e intervenção em APP, e conseqüentemente do quantitativo de vegetação nativa a ser compensado e, finalmente, no atraso na operação do empreendimento, podendo acarretar em multas da ANEEL e perda de renda com a venda de energia elétrica.

Nesse caso, a implantação de trechos de redes subterrâneas nas travessias de loteamentos, de áreas militares e nas proximidades da escola, traria benefícios diretos e indiretos, pois o projeto prescindiria dos ajustes de traçado realizados, e conseqüentemente não teria ocorrido incremento da supressão de vegetação nativa e da intervenção em Áreas de Preservação Permanente. Além disso, possivelmente as expectativas dos responsáveis pela escola lindeira, em relação aos possíveis riscos decorrentes da geração de campos eletromagnéticos poderiam ser significativamente minimizadas, o que evitaria a judicialização do projeto, e conseqüente ganho de tempo na implantação do empreendimento e no processo de licenciamento ambiental.

Em contrapartida, haveria aumento no custo de implantação da Linha de Transmissão e possibilidade de repasse desse custo à tarifa de energia elétrica, onerando consumidores que não foram diretamente beneficiados com a implantação da rede subterrânea.

3.3. Linha de Transmissão – LT de 138 kV SE Campinas 19 – LT de 138 kV SE Tanquinho – SE Nova Aparecida

Trata-se de uma Linha de Transmissão – LT de 138 kV que interligará a Subestação – SE Campinas 19 à LT de 138 kV SE Tanquinho – SE Nova Aparecida, com 2,98 quilômetros de extensão, a ser implantada nos municípios paulista de Sumaré e Campinas, sob responsabilidade da CPFL Paulista.

Segundo a CPFL, o empreendimento foi enquadrado na Resolução SMA n.º 05 de 07 de fevereiro de 2007 (SMA, 2007), que dispõem sobre os procedimentos simplificados para o licenciamento ambiental de linhas de transmissão de energia e respectivas subestações, no território do Estado de São Paulo, por possuir extensão menor que 5.000 metros e estar localizada em área de baixa criticidade ambiental. Contudo, durante a implantação da Linha o município de Sumaré embargou a obra, a pedido da Associação Comercial, não permitindo a implantação de postes nas calçadas, para evitar transtornos ao comércio da região, o que levou o empreendedor a reformular o traçado do empreendimento, de forma a percorrer somente o município de Campinas. Essa alteração aumentou a extensão do empreendimento em 3.432 metros, com manutenção de um trecho de 1.327 metros do projeto original, totalizando 4.759 metros de extensão.

A Figura 18 indica o trecho construído, o trecho a ser desmantelado e o trecho a ser construído da LT.

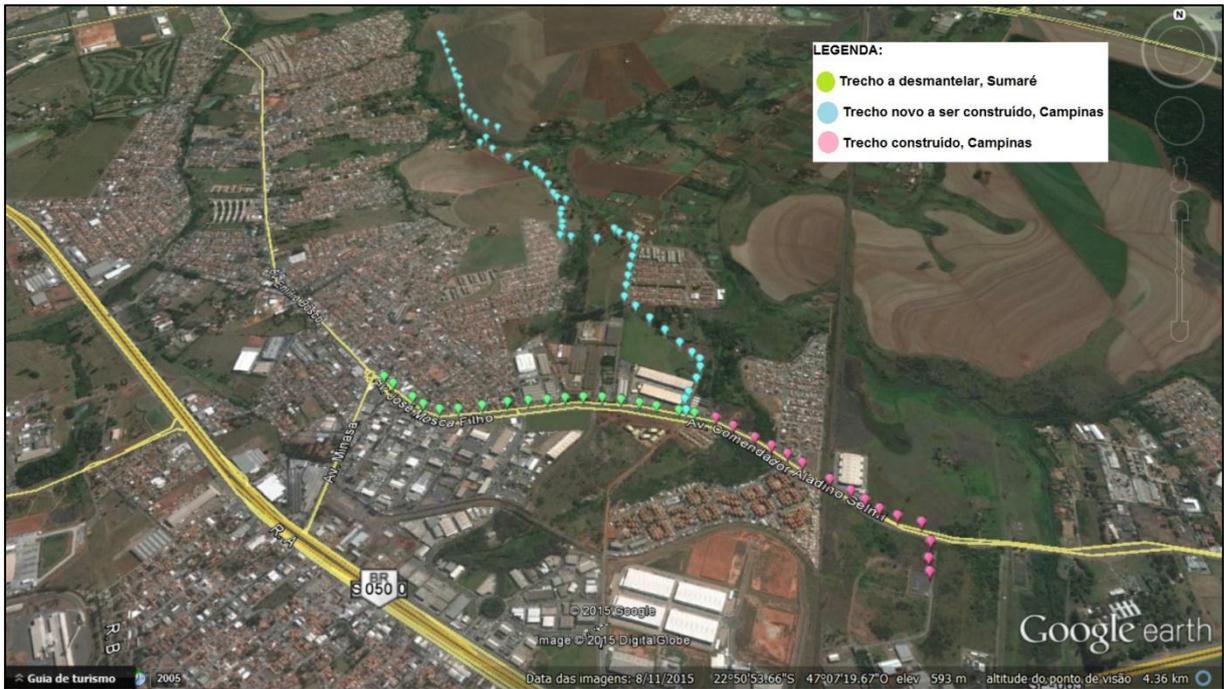


Figura 18 – LT de 138 kV SE Tanquinho – SE Nova Aparecida

Fonte: CETESB, 2014.

Após consulta à Prefeitura de Campinas a respeito do licenciamento ambiental, que se manifestou negativamente sobre sua realização, a CPFL solicitou junto à CETESB a LP para a LT, através da apresentação de um Estudo Ambiental Simplificado – EAS.

Depreende-se que as alterações necessárias nessa Linha de Transmissão, em função de incompatibilidades do uso do solo apontadas pelo município (em tese de forma extemporânea), foram importantes ao ponto de o projeto deixar de ser enquadrado como isento de licenciamento no âmbito estadual. Além disso, essas alterações refletiram em retrabalho para a CPFL, com a necessidade de desmantelamento de estruturas, aumento nos custos com a contratação de estudos ambientais, taxas pagas aos órgãos ambientais e negociação com proprietários de terras onde será instituída a nova faixa de servidão, além do atraso na operação da linha de transmissão, podendo também vir a ser penalizada com multas da ANEEL.

O caso mostra que a implantação da rede subterrânea na região comercial de Sumaré traria ganhos diretos ao empreendedor, que poderia cumprir com o cronograma previsto para operação do empreendimento, uma vez que o licenciamento continuaria na esfera municipal de licenciamento ambiental. Entretanto, o empreendimento teria seu orçamento aumentado devido à implantação dessa modalidade de transmissão de energia elétrica e, a menos que os custos fossem compartilhados, isso seria transferido para tarifa de energia elétrica e sentido pelos consumidores. Igualmente como realizado na Rua Oscar Freire, na cidade de São Paulo, poderia ter sido proposto um projeto de implantação de rede

subterrânea no trecho da cidade de Sumaré, com custeio compartilhado entre a concessionária, o poder público e a associação comercial.

3.4. Ramal de 88 kV SE Araçariguama – LT de 88 kV Oeste – SE São Roque

O Ramal de 88 kV, da CPFL Piratininga, interligará SE Araçariguama a Linha de Transmissão de 88 kV Oeste – SE São Roque e sua instalação foi iniciada pela Eletropaulo, mas não concluída. Dessa forma, será utilizada a faixa de servidão já instituída e algumas fundações existentes. O ramal possui aproximadamente, 6.600 metros e serão implantadas 17 torres e 32 postes, com faixa de servidão de 30 e 7 metros de largura, respectivamente. O empreendimento obteve a LP em fevereiro de 2014, e solicitou a Licença Ambiental de Instalação parcialmente, para a Subestação Araçariguama, e posteriormente para o Ramal.

Está prevista a implantação de postes na área urbana do município de Araçariguama e, após a travessia da Rodovia Presidente Castelo Branco, os postes serão instalados na calçada da Estrada Imperial. Nas Figuras 19 e 20 pode ser verificado que o local previsto para implantação possui alguns terrenos sem construção, indicando ser uma área em mudança no processo de ocupação.



Figura 19 – Local da futura implantação do Ramal de 88 kV SE Araçariguama, em calçada estreita da Estrada Imperial

Fonte: CETESB, 2013.



Figura 20 – Estrada Imperial no local da futura instalação do Ramal, com terrenos sem construção e calçadas estreitas e intensamente ocupadas

Fonte: CETESB, 2013.

Além disso, devido à proximidade com residências foi solicitado ao empreendedor a realização de monitoramento dos níveis de ruído, durante a implantação do empreendimento, e campanhas anuais, nos dois primeiros anos de operação. Também foi solicitada comprovação do atendimento às Resoluções Normativas ANEEL n.º 398 de 23 de março de 2010 (ANEEL, 2010) e n.º 616 de 1 de julho de 2014 (ANEEL, 2014), que dispõem

sobre os limites à exposição humana a campos elétricos e magnéticos gerados pelo empreendimento.

Parte do Ramal supracitado, na chegada a Subestação – SE será implantado em área urbana com processo de transformação em sua ocupação. A instalação de postes nas calçadas, já estreitas e intensamente ocupadas, poderá acarretar transtornos a população local. Além disso, o Ramal poderá expor essa população a novos índices de ruído e campos eletromagnéticos.

Nesse caso, muito semelhante ao ocorrido na implantação do RAC J. Serrano, a instalação da rede subterrânea poderia minimizar eventuais transtornos quanto à acessibilidade e exposição da população do entorno a níveis de ruídos e campos eletromagnéticos. No entanto, o enterramento isolado da nova linha seria prejudicado pela infraestrutura aérea já existente, de modo os reais benefícios do enterramento seriam mais bem percebidos com o enterramento conjunto das redes.

3.5. Linha de Transmissão – LT 230 kV CD Henry Borden – Manoel da Nóbrega e Subestação Manoel da Nóbrega

O empreendimento em questão encontra-se em licenciamento no órgão ambiental do Estado de São Paulo, na fase de Licença Prévia, e prevê a implantação de uma Linha de Transmissão com tensão de operação de 230 kV, aproximadamente 17,02 km de extensão, e faixa de servidão de 50 m de largura (CETESB, 2013).

Serão atravessados os municípios de Cubatão, São Vicente e Praia Grande, e interceptadas algumas Unidades de Conservação, dentre elas o Parque Estadual da Serra do Mar e a área prevista para criação do Jardim Botânico de Cubatão.

A Fundação Florestal se manifestou contrária ao traçado proposto para o empreendimento, tendo em vista a interferência em área destinada a implantação do Jardim Botânico (Decreto Estadual n.º 56.272, de 08 de outubro de 2010); ao que o empreendedor propôs alternativas de traçado e mencionou que a utilização de linha de transmissão subterrânea nesse trecho, aumentaria as áreas de supressão de vegetação, uma vez que seria realizado corte raso na totalidade da faixa de servidão, além de aumentar a susceptibilidade à processos erosivos, pois o solo deverá permanecer descoberto durante a implantação da LT.

Ainda no âmbito desse processo de licenciamento ambiental, a Secretaria de Urbanismo da Prefeitura Municipal de Praia Grande informou que o empreendimento em questão é compatível com a lei de uso e ocupação do solo do município, porém ressaltando que, com relação à Subestação Manoel da Nóbrega:

“a linha de transmissão futura, que fará a interligação com a subestação Pedro Taques (existente) às margens da Rodovia Padre Manoel da Nóbrega, seja subterrânea de modo que não venha a conflitar ou impossibilitar a instalação do aeródromo (CETESB, 2013).”

Cabe ressaltar que os exemplos citados relacionam-se com linhas de transmissão de energia, com maior tensão, e que são licenciadas pelo órgão ambiental do Estado, pois de acordo com a Resolução SMA n.º 05, de 7 de fevereiro de 2007 (SMA, 2007) são consideradas linhas de transmissão redes de energia elétrica que interligam a geração de energia aos grandes centros de carga, operando com tensões iguais ou superiores a 69 kV. Além disso, a Resolução determina que:

“dependerão de licenciamento ambiental, com avaliação de impacto, a implantação, repotenciação e o recabeamento das linhas de transmissão com o seguinte porte: com extensão superior 3 km, para obras em faixas novas e existentes, em áreas de baixa criticidade ambiental, com extensão superior a 20 km, para o recabeamento em áreas de baixa criticidade ambiental; para qualquer extensão, em áreas de maior criticidade ambiental.”

Nesse caso, o empreendedor apresentou justificativa para o não enterramento dos cabos na área de implantação do Jardim Botânico, considerando as características da área do entorno, e por esse lado, o enterramento poderia se mostrar mais impactante do ponto de vista ambiental do que a implantação de rede aérea, visto que na última tipologia de rede é possível a adoção de métodos construtivos que diminuem a supressão de vegetação nativa e intervenção em áreas protegidas, como: alteamento de torres; lançamento de cabos por drone, aeromodelo, lança, etc.; utilização de GPS para locação de torres que prescindam de abertura de picadas, entre outros. Já no caso das redes subterrâneas, embora a faixa de servidão seja mais estreita que a faixa de servidão aérea, seria necessário o corte raso da vegetação ao longo dessa faixa, o que não é indicado para áreas conservadas, já que implica em impactos como fragmentação e perda de habitats à fauna.

Outro aspecto relevante da área relaciona-se às características do terreno que, por ser muito declivoso e provavelmente rochoso em profundidades rasas é pouco favorável ao enterramento, podendo dificultar, encarecer e até mesmo impossibilitar a implantação da rede subterrânea.

Por outro lado, no caso específico dessa linha de transmissão, o enterramento poderia ser estudado como alternativa no trecho em que há possibilidade de compartilhamento de faixa de servidão com a faixa de servidão da linha aérea existente, o que poderia implicar em ganhos relativos à redução de supressão e minimização da interferência na área protegida do Jardim Botânico, porém seria necessária a verificação prévia dos aspectos de

segurança da linha existente e até construtivos, considerando a suficiência da faixa existente em termos de largura.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar da Resolução Normativa ANEEL n.º 414/2010 indicar que o custeio das obras motivadas por melhoria nos aspectos estéticos é de responsabilidade do solicitante, a mesma resolução fala sobre a prestação de serviço adequado, que dentre outras coisas, satisfaça as condições de regularidade, continuidade, eficiência e segurança.

Para a análise da qualidade desse serviço prestado, os órgãos reguladores, como a própria ANEEL e a ARSESP se utilizam de indicadores coletivos e individuais relacionados à duração das interrupções do abastecimento de energia elétrica e à frequência em que essas interrupções ocorrem.

De maneira geral, desde 1997, quando os indicadores passaram a ser medidos, o valor de DEC e FEC vem caindo, mais significativamente no âmbito nacional que no âmbito do Estado de São Paulo, o que reflete diretamente no serviço prestado pelas concessionárias.

Nos casos estudados por Nakaguishi e Hermes (2011), da implantação de redes subterrâneas de energia elétrica no Rio de Janeiro, pela concessionária Light, foi verificado que essa implantação trouxe maior confiabilidade ao sistema e diminuiu os valores de DEC e FEC.

Os dados de ABRADÉE (2015) mostram que o percentual de perda de energia elétrica do SIN, no ano de 2013, foi de 8,39% para perdas técnicas (energia dissipada, Efeito Joule) e 5,60% para perdas comerciais (furto e fraude). Com base no levantamento realizado, foi possível observar que a implantação de redes subterrâneas em áreas com maior complexidade social pode ocasionar uma diminuição nas práticas de furto e fraude, uma vez que as redes não estão expostas e são mais difíceis de serem acessadas. Isso pode refletir também nas tarifas de energia elétrica, uma vez que parte dos encargos cobrados refere-se às perdas não técnicas advindas do consumidor irregular e que é paga pelo consumidor regular.

Além disso, nas Revisões Tarifárias realizadas pela ANEEL, um dos itens observados relaciona-se aos investimentos em infraestrutura feitos pelas concessionárias, e nos Reajustes Tarifários considera-se a variação na qualidade de fornecimento de cada distribuidora, ou seja, para que possa ser considerado o aumento na tarifa de energia elétrica, concessionárias devem considerar a modernização e melhoria de suas redes de energia elétrica, visando melhoria na qualidade dos serviços prestados. Novamente nota-se que a implantação de redes subterrâneas, pode-se traduzir em melhoria no ativo das concessionárias e permissionárias de distribuição energia elétrica.

De acordo com o panorama das redes de subterrâneas de energia elétrica implantadas no mundo, verificou-se que sua implantação partiu de diferentes motivações, por exemplo, nos Estados Unidos da América primou-se pela questão estética; e na Comunidade Europeia – CE (e Noruega), desde a década de 1990, a expansão das redes de distribuição de energia era realizada exclusivamente através de redes subterrâneas para as classes de tensão baixa e média, resultando em altos percentuais de tais redes. Já as redes subterrâneas de Alta Tensão e Extra Alta Tensão são pouco difundidas nos países membros da CE, devido ao alto custo de implantação. Na Austrália, as redes enterradas encontram-se prioritariamente em áreas vulneráveis e mais susceptíveis a desastres naturais.

O percentual de redes subterrâneas no Brasil ainda é incipiente, sendo que as concessionárias que possuem maior percentual de redes enterradas são: a Light, com 184 km de redes de Alta Tensão, 3.610 km de redes de Média Tensão e em torno de 7.250 km de redes de Baixa Tensão; a Eletropaulo, que possui em torno de 196 km de redes em Alta Tensão, 1.182 km de redes de Média Tensão e 1.286 km de redes de Baixa Tensão; e a CEB, que possui, aproximadamente, 38,33 km de redes em Alta Tensão, 111,76 km em Média Tensão e 504 km em Baixa Tensão.

Assim como na experiência internacional, a implantação de redes subterrâneas de energia elétrica do Brasil foi motivada por questões estéticas (centros urbanos e cidades históricas), de segurança da população (locais de grande concentração de pessoas em festividades) e de incremento na confiabilidade dos sistemas elétricos.

Existem diversos métodos e arranjos de implantação das redes subterrâneas, que são definidos de acordo com as características do local de implantação e da necessidade de energia elétrica, e essa diversidade garante uma diminuição nos custos de implantação. Ademais a tecnologia na implantação de redes subterrâneas vem se desenvolvendo rapidamente, o que pode justificar a diminuição nos custos, tendo em vista que a maior parte dos mesmos refere-se à construção civil (abertura de valas, recomposição do terreno, alvenaria, técnico capacitado, etc.) e a falta de fabricantes nacionais dos equipamentos de redes subterrâneas.

Em que pese os exemplos referentes ao custo da implantação de redes subterrâneas não sejam comparáveis entre si, devido a diferença entre os projetos realizados, que como supracitado refletem no custo dos mesmos, a Figura 21 a seguir apresenta a evolução entre o custo das redes subterrâneas e redes aéreas, ao longo do tempo, para três projetos: Campus da USP, elaborado entre 1998 e 1999 (JARDINETTI, 2002); projetos implantados no ano de 2006 (VELASCO, 2006); e projetos elaborados em Brasília entre os anos de 2006 e 2011 (LEE, LIMA e PINTO, 2011).

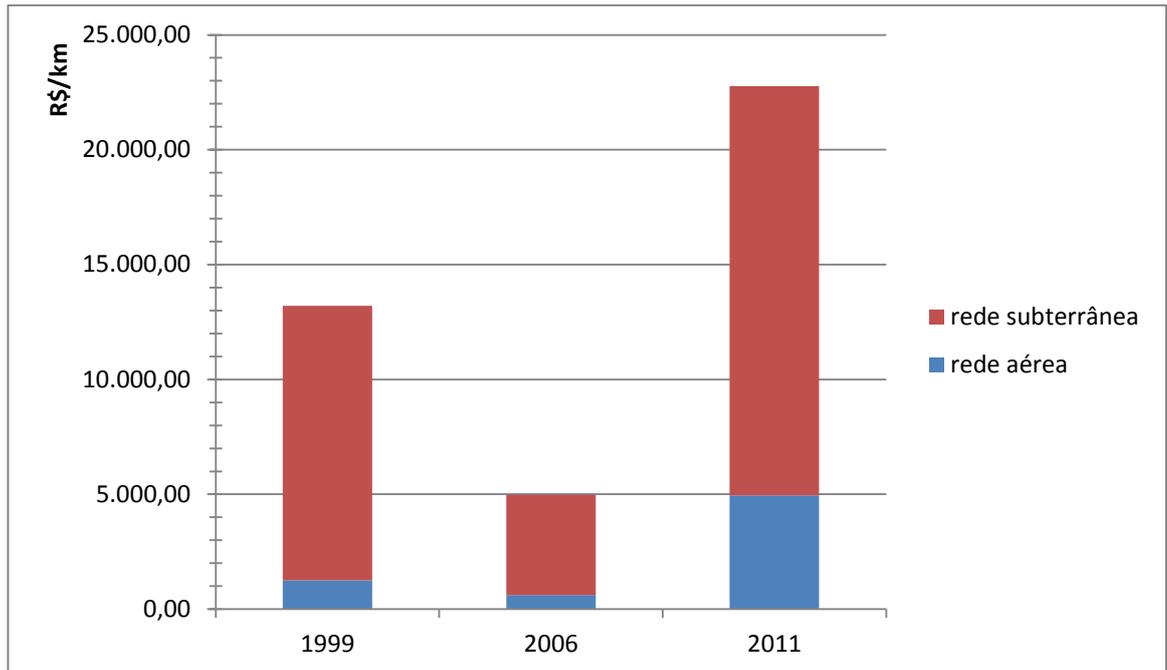


Figura 21 – Comparativo entre os custos de implantação de redes subterrâneas e redes aéreas.

Fonte: Elaboração própria, 2016.

Verifica-se então que a diferença entre os custos de implantação de redes subterrâneas e redes aéreas mostrou-se, aproximadamente, 10 vezes maior para redes enterradas em 1999; 7 vezes maior em 2006; e finalmente caindo para cerca de 3 vezes maior em 2011, ratificando o entendimento de que tal diferença vem diminuindo ao longo do tempo e com o crescimento na implantação de redes subterrâneas.

Soma-se a isso, a comparação realizada pela COPEL (2010) e por Nakaguishi e Hermes (2011), que demonstrou que diferentes tipos de redes refletem em custo diferenciado, que basicamente é determinado pela qualidade que se exige das redes de energia elétrica e pelo local em que a mesma será implantado.

Outro fator importante é o custeio dos projetos de redes subterrâneas, que possuem abordagens diferentes para redes a serem implantadas, enterramento de redes aéreas, linhas de transmissão que passam por processo de leilão de energia elétrica e linhas de distribuição que são implantadas em áreas de abrangência de determinadas concessionárias. Os exemplos abordados no presente trabalho, basicamente indicaram a necessidade de compartilhar o financiamento do projeto, seja por outras concessionárias prestadoras de serviço, o que faz sentido esteticamente falando, pois todos os cabos são enterrados; por outras partes interessadas (proprietário de estabelecimento, associação comercial, loteador, entidades públicas etc.) que tenham interesse na valorização de uma área; ou pelo consumidor, através da tarifa de energia elétrica. Para essa última possibilidade existe bastante resistência, e uma vez que a população direta ou indiretamente

atingida não compreenda a necessidade, a execução do projeto se torna mais difícil, e muitas vezes, mais demorada.

Nos estudos de caso apresentados, observou-se que não foi proposta a implantação de redes subterrâneas como possível solução de conflitos durante o licenciamento ambiental.

No RAC J. Serrano, foi possível verificar a participação da população direta e indiretamente afetadas pela implantação do empreendimento, e a interação incipiente entre órgão municipal responsável pelo uso e ocupação do solo e concessionária no planejamento prévio da rede e definição de traçado, o que é fundamental para a implantação de linhas nas áreas urbanizadas. A implantação de redes subterrâneas apresentaria melhoria na acessibilidade nas calçadas e melhoria estética, atendendo ao pleito da população afetada.

As Linhas de Transmissão – LTs de 88/138 kV Jandira – Monte Belo e Jandira – Cotia, de concessão da Eletropaulo, sofreram muitos ajustes ao longo do processo de implantação devido questões técnicas e fundiárias, o que acarretou em aumento de intervenção em vegetação nativa e áreas protegidas, além do aumento no tempo de emissão da Licença Ambiental de Operação. Nesse caso, a implantação de trechos de redes subterrâneas nas travessias de loteamentos e áreas militares poderia ter evitado a alteração do traçado, bem como poderia ter diminuído as preocupações quanto à geração de campo eletromagnético na área da escola, resultando em menor tempo na implantação do empreendimento e no processo de licenciamento.

Já a Linha de Transmissão – LT de 138 kV SE Campinas 19 – LT de 138 kV SE Tanquinho – SE Nova Aparecida, de responsabilidade da CPFL, devido a questionamentos por parte da população diretamente afetada pela instalação de postes, alterou a esfera de licenciamento e conseqüentemente, alterou a previsão de operação do empreendimento, assim, cabos enterrados poderiam trazer benefícios diretos ao empreendedor.

No projeto do Ramal de 88 kV SE Araçariguama – LT de 88 kV Oeste – SE São Roque, também de responsabilidade da CPFL, não foi verificada a possibilidade de implantação de rede subterrânea no trecho da Estrada Imperial, como forma de minimizar os impactos sobre a população vizinha ao empreendimento, uma vez que as calçadas são estreitas e intensamente ocupadas por postes de distribuição de energia elétrica e iluminação pública, e marcos de concreto de gasoduto, além da possível exposição dessa população a ruído e campos eletromagnéticos.

Excepcionalmente, a implantação de rede subterrânea foi avaliada pela ELTE, responsável pela implantação da Linha de Transmissão – LT 230 kV CD Henry Borden – Manoel da Nóbrega e Subestação Manoel da Nóbrega, em local previsto para implantação do Jardim Botânico de Cubatão, porém devido as características do relevo e da vegetação no local, o empreendedor optou por ajustar o traçado da rede aérea, que não eliminou a

necessidade de supressão de vegetação nativa e intervenção em área protegida. Não foi verificada a possibilidade de implantação da rede subterrânea na faixa de servidão da LT existente, paralela ao empreendimento proposto, que prescindiria de supressão de vegetação uma vez que tal faixa é mantida com cobertura herbácea. Sabe-se, no entanto, que o compartilhamento de faixas é condicionado por questões de segurança.

Em todos os casos estudados, a implantação das redes subterrâneas traria aumento no custo de implantação inicialmente previsto, no entanto, como essa alternativa ainda não é amplamente adotada, infere-se que haveriam conflitos relativos aos aspectos econômicos e que a alternativa mais cogitada trata-se do repasse aos consumidores através do aumento na tarifa de energia elétrica, caso o projeto não pudesse ter o custo compartilhado, pois, conforme visto ao longo do presente trabalho, é pouco provável que a concessionária de energia elétrica absorvesse esse gasto.

De maneira geral, pode-se perceber que os aspectos que determinam a escolha pela implantação de redes subterrâneas são diferentes entre os sistemas de distribuição e de transmissão, sendo que na rede de distribuição, que possui estruturas de menor porte e, geralmente, não necessitam de instituição de faixa de servidão os benefícios estão mais relacionados à melhoria estética e na acessibilidade das áreas urbanizadas; à redução da interferência de agentes externos (chuvas, vendavais, galhos ou queda de árvores, acidentes com postes, etc.) na rede e, conseqüentemente, dos índices de DEC e FEC; e à redução nos níveis de ruídos e campos eletromagnéticos gerados.

No caso das redes aéreas de transmissão em áreas urbanizadas, apesar de estarem sujeitas aos mesmos problemas que as redes de distribuição, aparentemente a implantação da rede subterrânea de transmissão está bastante relacionada à minimização dos impactos que poderiam vir a ser causados pela instituição de uma faixa de servidão, e conseqüentemente a conflitos quanto ao uso do solo e necessidade de desapropriação e relocação de população. Além disso, nesse tipo de rede além das questões estéticas, o problema da acessibilidade também é agravado pelo porte das estruturas da linha. Assim, por possuírem faixas menores que podem ser compartilhadas com agentes do setor de telecomunicações de interesse coletivo e agentes do setor de petróleo para instalação de cabos, fios e fibras ópticas, as redes subterrâneas de transmissão também parecem ser alternativa vantajosa para as áreas urbanas.

Diante do contexto apresentado, pode-se notar que os pontos positivos da implantação de redes subterrâneas de distribuição e de transmissão em áreas urbanas são claros, mas ainda há necessidade de maior discussão entre os diversos atores envolvidos na questão, inclusive em termos regulatórios, para que possam ser percebidos os reais benefícios da implantação de tais redes, considerando que os custos permanecem bastante desvantajosos em relação a alternativa aérea.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do trabalho foram verificados possíveis ganhos na implantação de redes subterrâneas, quais sejam:

- melhoria no serviço de distribuição de energia elétrica tornando-o mais confiável e com melhor qualidade;
- diminuição das perdas não técnicas de energia elétrica provenientes de fraudes e furtos;
- resolução de conflitos na instituição de faixa de servidão, ou de conflitos fundiários;
- melhoria estética e de segurança, valorizando determinada região;
- diminuição de impacto no meio biótico, com a redução da intervenção em vegetação nativa e áreas protegidas; e
- diminuição de incômodos à população vizinha as redes de energia elétrica.

Relacionando-se os possíveis ganhos apresentados aos estudos de caso trazidos à discussão, verifica-se a aplicação de ao menos dois, dos ganhos supracitados, com a implantação de redes subterrâneas, ou trechos enterrados em redes majoritariamente aéreas. Soma-se a isso, a redução no tempo de implantação do empreendimento, considerando todas as fases do licenciamento ambiental, e de eventuais impasses judiciais, apesar de esses fatores não serem ganhos necessariamente vinculados à construção de sistemas subterrâneos.

A implantação de rede subterrânea para distribuição de energia elétrica se mostrou uma alternativa vantajosa, devido às vantagens quanto a melhoria de acessibilidade das calçadas e melhoria estética das áreas urbanizadas, além da diminuição do impacto sobre o meio biótico, através das podas de árvores menos frequentes. A implantação de rede subterrânea para transmissão de energia elétrica, em áreas urbanizadas, também se mostrou bastante vantajosa, na medida em que não se faz necessária a instituição faixa de servidão, geralmente acompanhada de conflitos no uso do solo, como observado nos estudos de caso de projetos em licenciamento na CETESB, além de também apresentarem os ganhos em acessibilidade e estética, e para o meio biótico, como as linhas de distribuição. Por outro lado, a implantação de redes subterrâneas para transmissão e distribuição de energia fora dos centros urbanos e das áreas urbanizadas não resulta em custo-benefício favorável a sua adoção, como já observado em outros países consideravelmente mais avançados no assunto que o Brasil.

Contudo, os aspectos econômicos e construtivos constituem uma barreira na implantação de redes subterrâneas, e se torna necessária à evolução no diálogo entre os diversos atores envolvidos, no sentido de criação de diretrizes para implantação dessa

modalidade de sistemas de energia elétrica, fomento a indústria nacional e capacitação da mão de obra, estudo de formas de repasse dos custos com a implantação de rede enterrada, verificação da possibilidade de elaboração projetos compartilhados com outros agentes, dentre outros.

Foi possível observar que é necessária a elaboração de normativas, por parte da ANEEL, que exijam a melhoria contínua dos sistemas de energia elétrica, a serem realizadas pelas empresas que detêm a concessão do serviço de transmissão e distribuição de energia, baseando-se, por exemplo, nos indicativos de qualidade desses sistemas para determinação de áreas prioritárias; e, além disso, faz-se necessária a incorporação de projetos de redes subterrâneas nos estudos prévios elaborados pela EPE. Em contrapartida, é imprescindível que as concessionárias busquem formas diferenciadas de custeio compartilhado de projetos de redes subterrâneas, não somente recorrendo aos reajustes e revisões de tarifas.

Por fim, no âmbito do processo de licenciamento ambiental, deve-se considerar a avaliação da implantação de redes subterrâneas em áreas ambientalmente sensíveis, ou onde as redes aéreas poderão ocasionar impactos significativos e não mitigáveis.

REFERÊNCIAS

ABRADEE, 2013. **Comparação Internacional de Tarifas de Energia Elétrica**. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/escolha-abradee-para-voce/cartilha/book/8-cartilha-comparacao-internacional-de-tarifas-de-energia-eletrica-edicao-2013/10-cartilha-comparacao-internacional-de-tarifas-de-energia-eletrica>> Acesso em: 04/07/2015.

ABRADEE, 2015. **A distribuição de energia**. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/redes-de-energia-eletrica>> Acesso em: 24/04/2015.

AGÊNCIA FOLHA, 2002. **Três morrem em Natal (RN) após trio elétrico romper cabo de energia**. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u46099.shtml>> Acesso em: 25/03/2016.

ANEEL, 2008. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 3. ed. – Brasília. 236 p. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>> Acesso em: 10/06/2015.

ANEEL, 2000. Resolução Normativa n.º 24, de 27 de janeiro de 2010. **Estabelece as disposições relativas à Continuidade da Distribuição de energia elétrica às unidades consumidoras**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 25 jan. 2006. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/res2000024.pdf>> Acesso em: 04/07/2015.

ANEEL, 2009. Resolução Normativa n.º 395, de 15 de dezembro de 2009. **Aprova a Revisão 1 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, e dá outras providências**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 24 dez. 2009. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2009395.pdf>> Acesso em: 04/07/2015.

ANEEL, 2010. Resolução Normativa n.º 398, de 23 de março de 2010. **Regulamenta a Lei nº 11.934, de 5 de maio de 2009, no que se refere aos limites à exposição humana a campos elétricos e magnéticos originários de instalações de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 29 mar. 2010. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010398.pdf>> Acesso em: 17/11/2015.

ANEEL, 2010. Resolução Normativa n.º 414, de 09 de setembro de 2010. **Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 15 set. 2010. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>> Acesso em: 04/07/2015.

ANEEL, 2014. Resolução Normativa n.º 616, de 01 de julho de 2014. **Altera a Resolução Normativa nº 398, de 23 de março de 2010, que regulamenta a Lei nº 11.934, de 5 de maio de 2009, no que se refere aos limites à exposição humana a campos elétricos e magnéticos originários de instalações de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, na frequência de 60 Hz**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 10 jul. 2014. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2014616.pdf>> Acesso em: 17/11/2015.

ANEEL, 2015. **Medição, faturamento e combate a perdas comerciais**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1623> Acesso em: 05/03/2016.

ARSESP, 2013. **Relatório anual de atividades ARSESP 2013**. Disponível em: <http://www.arsesp.sp.gov.br/RelatorioAnualBiblioteca/relatorio_anual2013.pdf> Acesso em: 08/05/2015.

ARAUJO, A. C. M., 2007. **Perdas e inadimplência na atividade de distribuição de energia elétrica no Brasil**. Rio de Janeiro, 2007. 98 p. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/trabalhos/trabalhos/Tese_Antonio_Carlos.pdf> Acesso em: 05/03/2016.

AZEVEDO, F. A., 2010. **Otimização de rede de distribuição de energia elétrica subterrânea reticulada através de algoritmos genéticos**. Curitiba, 2010. 138 p. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br:8080/dspace/bitstream/handle/1884/24884/DISSERTACAO%20FERNANDO%20AZEVEDO%202010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 10/06/2015.

AZEVEDO, F. A. e REIS, F. A., 2014. **Comparativo entre redes diretamente enterradas e com dutos – estudo de caso do Parque Nacional do Iguaçu/PR**. Redes Subterrâneas de Energia Elétrica/2014. 10ª edição. São Paulo – SP.

BASCOM, E. C. III, DOUGLASS, D.A., THOMANN, G. C., AABO. T., 1996. **Hybrid Transmission: Aggressive use of underground cable sections with overhead lines**. CIGRÉ 1996: 21/22-10.

BRAGA, F. B. e VAZ, L. E. P., 2013. **Operação e manutenção de sistemas subterrâneos e novos desafios**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Palestra_4_LIGHT.pdf> Acesso em: 01/05/2015.

BRASIL, 1934. Decreto Federal n.º 24.643, de 10 de julho de 1934. **Decreta o Código de Águas**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 27 jul. 1934. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm> Acesso em: 04/07/2015.

BRASIL, 1960. Lei Federal n.º 3.782, de 22 de julho de 1960. **Cria os Ministérios da Indústria e do Comércio e das Minas e Energia, e dá outras providências**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 22 jul. 1960. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/LEIS/1950-1969/L3782.htm> Acesso em: 05/03/2016.

BRASIL, 1968. Decreto Federal n.º **63.951**, de 31 de dezembro de 1968. **Aprova a estrutura básica, do Ministério das Minas e Energia**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 31 dez. 1968. Disponível em: <<http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=194765>> Acesso em: 05/03/2016.

BRASIL, 1996. Lei Federal n.º 9.427, de 26 de dezembro de 1996. **Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 27 dez. 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9427cons.htm> Acesso em: 04/07/2015.

BRASIL, 2009. Lei Federal n.º 11.934, de 05 de maio de 2009. **Dispõe sobre limites à exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos; altera a Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965; e dá outras providências**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 06 mai. 2009. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L11934.htm> Acesso em: 10/06/2015.

BRUNHEROTTO, P. A., 2001. **Critérios para a viabilização de redes subterrâneas em condomínios fechados**. Revista Eletricidade Moderna – EM. Aranda Editora, Ano 29, n.º 325, p. 72-107.

BRUNHEROTTO, P. A. e OLIVEIRA, J. J. S., 2013. **Redes subterrâneas no mundo - história e números**. Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/Ed84_fasc_redes_subterraneas_cap1.pdf> Acesso em: 04/07/2015.

BURANI, G. F. e LOBOSCO, O. S., 1998. **O IEE/USP e a modernização do sistema de distribuição de energia elétrica do Campus de São Paulo**. IEE em Revista, p. 5-6.

BURGARDT, L., 2011. **Redes subterrâneas**. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/7/redes-subterraneas-235532-1.aspx>> Acesso em: 08/05/2015.

CTEEP, 2013. **Linhas de Transmissão**. Disponível em: <<http://ctEEP.riweb.com.br/show.aspx?idCanal=o3KLArI9CX0DtDi6OJNZaA==>> Acesso em: 04/09/2015.

CELESC, 2014. **Obras da rede subterrâneas são iniciadas em Lages**. Disponível em: <<http://novoportal.celesc.com.br/portal/index.php/noticias/1217-obras-da-rede-subterranea-sao-iniciadas-em-lages>> Acesso em: 04/09/2015.

CETESB, 2009. **Processo n.º 7659. Implantação do Ramal aéreo Consumidor – RAC J. Serrano. Trecho entre o Pórtico e o Poste n.º 11**. CETESB/IE – Departamento de Avaliação Ambiental de Empreendimentos.

CETESB, 2010. **Processo n.º 217. Linhas de Transmissão de 88/138 kV Jandira – Monte Belo e Jandira – Cotia**. CETESB/IE – Departamento de Avaliação Ambiental de Empreendimentos.

CETESB, 2013. **Processo n.º 177. Ramal de 88 kV SE Araçariguama – LT de 88 kV Oeste – SE São Roque**. CETESB/IE – Departamento de Avaliação Ambiental de Empreendimentos.

CETESB, 2013. **Processo n.º 230. Linha de Transmissão – LT 230 kV CD Henry Borden – Manoel da Nóbrega e Subestação Manoel da Nóbrega**. CETESB/IE – Departamento de Avaliação Ambiental de Empreendimentos.

CETESB, 2014. **Processo n.º 80. Ramal de 138 kV SE Cummins**. CETESB/IE – Departamento de Avaliação Ambiental de Empreendimentos.

CETESB, 2014. **Processo n.º 341. Linha de Transmissão – LT de interligação da SE Campinas 19 à LT de 138 kV SE Tanquinho – SE Nova Aparecida**. CETESB/IE – Departamento de Avaliação Ambiental de Empreendimentos.

COELHO, B. M. M., 2012. **Classificação de Tipologia de rede da EDP Distribuição**. Disponível em: <<http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/68165/1/000154871.pdf>> Acesso em: 04/07/2015.

Comission of the European Communities, 2003. **Background Paper. Undergrounding of electricity lines in Europe.** Brussels.

COPEL, 2010. **Utilização e aplicação de redes de distribuição subterrâneas.** 1ª ed. Disponível em:

<[http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/redes_de_distribuicao_subterранеas/\\$file/redesdedistribuicaosubterraneas-5.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/redes_de_distribuicao_subterранеas/$file/redesdedistribuicaosubterraneas-5.pdf)> Acesso em: 01/05/2015.

CORRÊA, A. P., BORGES, J. P., NOGUEIRA, L. R., 2009. **Rede de distribuição subterrânea de energia elétrica.** Disponível em:

<http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2009/anais/arquivos/RE_0451_1013_01.pdf> Acesso em: 15/05/2015.

CORTES, A. N., 2013. **Experiência da CEMIG, análise econômica e fontes de financiamento.** Disponível em:

<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Palestra_5_CEMIG.pdf> Acesso em: 01/05/2015.

CPFL Energia, 2015. **Relatório da Administração.** Disponível em:

<<http://siteempresas.bovespa.com.br/consbov/ExibeTodosDocumentosCVM.asp?CNPJ=02.429.144/0001-93&CCVM=18660&TipoDoc=C&QtLinks=10>> Acesso em: 24/04/2015.

CPFL Energia, 2013. **Rede de Distribuição Subterrânea para Condomínios - Projeto Elétrico (S).** Disponível em: <<http://sites.cpfl.com.br/documentos-tecnicos/GED-4101.pdf>> Acesso em: 24/04/2015.

CPFL Paulista, 2013. **Relatório de Consolidação de Informações e Estudos Ambientais. Regularização Ambiental da CPFL.** Geoambiente, 2013.

CUNHA, A. P. e PELEGRINI, M. A., 2014. **Repartição de custos e governança para implantação de redes de distribuição subterrâneas.** Redes Subterrâneas de Energia Elétrica/2014. 10ª edição. São Paulo – SP.

DOULET, A., 2009. **Distribuição de energia elétrica e redes subterrâneas.** Disponível em: <http://www.jicable.org/Other_Events/cabos09/content/Cabos'09%20P1.0.P.pdf> Acesso em: 08/05/2015.

DNAEE, 1978. Portaria n.º 46, de 17 de abril de 1978. **Estabelecer, na forma que se segue, as disposições relativas à continuidade de serviço a serem observadas pelos concessionários de serviço público de eletricidade no fornecimento de energia elétrica a seus consumidores.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26 abr. 1978. Disponível em: <http://infoener.iee.usp.br/legislacao/legisla_nac/eletrico/leis/portaria_46.html> Acesso em: 04/07/2015.

DUCLOS, M. T. e TEIXEIRA, D., 2013. **Políticas públicas e regulatórias.** Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Palestra_6_FGV.pdf> Acesso em: 01/05/2015.

EPE, 2015. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2024.** Disponível em:

<<http://www.epe.gov.br/PDEE/Relat%C3%B3rio%20Final%20do%20PDE%202024.pdf>> Acesso em: 08/01/2016

G1 SUL DE MINAS, 2014. **Novas imagens mostram acidente que matou 16 em pré-carnaval em MG.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/mg/sul-de-minas/noticia/2014/06/video-inedito-mostra-acidente-que-matou-16-em-pre-carnaval-em-mg.html>> Acesso em: 25/03/2016.

GRANATA, C. A. V., LOPES, J. C. R. e FILHO, E. K., 1995. **Transição direta de LT aérea para subterrânea, sem subestação.** Revista Eletricidade Moderna – EM. Aranda Editora, Ano XXIII, n.º 253, p. 216-221.

JUNIOR, N. B., 2013. **Experiência da Eletropaulo e novas perspectivas sobre o enterramento de redes.** Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Palestra_3_AES%20Eletropaulo.pdf> Acesso em: 01/05/2015.

JUNIOR, M. F. L., 2015. **Capacitação de mão-de-obra para implantação de infraestrutura subterrânea de energia elétrica em centros urbanos: aspectos técnicos, ambientais e administrativos.** Redes Subterrâneas de Energia Elétrica/2015. 11ª edição. São Paulo – SP.

LEE, W. J., LIMA, A. J. O. e PINTO, P. R. V., 2011. **Experiência construtiva e comparativo de custos entre linhas aéreas e subterrâneas em 138 kV no distrito federal.** XXI SNPTEE Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. Versão 1.0. Florianópolis, SC.

LIMA, A. J. O., *et. al.*, 2003. **Novas tecnologias e planejamento da instalação resultam em redução de custos de linhas de transmissão subterrâneas.** XVII SNPTEE Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. Uberlândia, MG.

LOUREDO, N. H. G. R., *et. al.*, 2012. **Overhead to Underground Transmission Line Coupling – Technical Recommendations do Brazilian Utilities.** B1_10. Cigré. Paris.

MARTINS, J., 2012. **Por baixo da terra.** Disponível em: <<http://www.osetoreletrico.com.br/web/component/content/article/57-artigos-e-materias/842-por-baixo-da-terra.html>> Acesso em: 24/04/2015.

MATTAR, C. A. C., 2014. **A Conversão de Redes de Distribuição de Energia Elétrica Aérea para Subterrânea: Uma Visão do Regulador.** Redes Subterrâneas de Energia Elétrica/2014. 10ª edição. São Paulo – SP.

MOREIRA, R. M., 2015. **Desafios de planejamento e projeto em centros urbanos.** Redes Subterrâneas de Energia Elétrica/2015. 11ª edição. São Paulo – SP.

NAKAGUISHI, M. I., HERMES, P. D., 2011. **Estudo comparativo técnico/financeiro para implantação de redes de distribuição subterrâneas.** Disponível em: <<http://www.cricte2004.eletrica.ufpr.br/ufpr2/tccs/199.pdf>> Acesso em: 15/05/2015.

OLIVEIRA, F. G., 2010. **Estudo de instalações de linhas subterrâneas de alta tensão com relação a campos magnéticos.** São Paulo. ed. rev. 135 p.

PEREIRA, F. C., 2014. **Expansão das Redes de Distribuição Subterrânea e seus Principais Desafios.** Redes Subterrâneas de Energia Elétrica/2014. 10ª edição. São Paulo – SP.

ROCCO, J., 2006. **Métodos e procedimentos para a execução e o georreferenciamento de redes subterrâneas da infra-estrutura urbana.** São Paulo. ed. rev. 181 p.

RODRIGUES, L., 2014. **Evolução e características dos cabos de energia para alta tensão.** Redes Subterrâneas de Energia Elétrica/2014. 10ª edição. São Paulo – SP.

RONCOLATTO, R. A., 2008. **Realidade da rede subterrânea**. Revista O Setor Elétrico, ed. 25, vol. 3, p. 48-50.

SILVA, E. L. P. e BOCCUZZI, C. V., 2010. **Redes subterrâneas de energia: quem deve pagar por elas?** Revista Eletricidade Moderna – EM. Aranda Editora, Ano 38, n.º 431, p. 156-162.

SILVA, A. F. C. e FILHO, H. A. P., 1993. **Construção de linha de transmissão subterrânea em 345 kV**. XII SNPTEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. Recife – PE.

SMA, 2007. Resolução Estadual n.º 05, de 07 de fevereiro de 2007. **Dispõe sobre procedimentos simplificados para o licenciamento ambiental de linhas de transmissão de energia e respectivas subestações, no território do Estado de São Paulo**. Diário Oficial [do] Estado de São Paulo, 08 fev. 2007. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/resolucao/2007/2007_res_est_sma_05.pdf> Acesso em: 17/11/2015.

SÃO PAULO, 2005. Lei Municipal n.º 14.023, de 08 de julho de 2005. **Dispõe sobre a obrigatoriedade de tornar subterrâneo todo o cabeamento ora instalado no Município de São Paulo e dá outras providência**. Diário Oficial [da] Secretaria do Governo Municipal, São Paulo, SP, 08 jul. 2005. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/infraestrutura/convias/arquivos/legislacao/lei_14023_2005.pdf> Acesso em: 01/12/2015.

SÃO PAULO, 2006. Decreto Municipal n.º 47.817, de 26 de outubro de 2006. **Regulamenta a Lei nº 14.023, de 8 de julho de 2005, que dispõe sobre a obrigatoriedade de tornar subterrâneo todo o cabeamento instalado no Município de São Paulo**. Diário Oficial [da] Secretaria do Governo Municipal, São Paulo, SP, 26 out. 2006. Disponível em: <http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios_juridicos/cadlem/integra.asp?alt=27102006D%20478170000> Acesso em: 01/12/2015.

SÃO PAULO, 2010. Decreto Estadual n.º 56.272, de 08 de outubro de 2010. Cria o Jardim Botânico de Cubatão, do Parque Estadual da Serra do Mar, e dá providências correlatas. Casa Civil, São Paulo, SP, 08 out. 2010. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2010/decreto-56272-08.10.2010.html>> Acesso em: 29/01/2016.

SÃO PAULO, 2015. Portaria n.º 261, de 23 de fevereiro de 2015. **Dar publicidade ao Programa de Enterramento de Redes Aéreas – PERA**. Diário Oficial [da] Secretaria do Governo Municipal, São Paulo, SP, 24 fev. 2015. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/infraestrutura/arquivos/CONVIAS%202015/diario_oficial_capa_portaria261_pera_convias.pdf> Acesso em: 01/12/2015.

TANURE, J. P. E. S., 2013. **Experiência da COELBA em redes subterrâneas**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Palestra_1_TANURE.pdf> Acesso em: 01/05/2015.

VALIM, R. A., 2015. **A experiência da CPFL na execução da obra da Francisco Glicério em Campinas**. Redes Subterrâneas de Energia Elétrica/2015. 11ª edição. São Paulo – SP.

VELASCO, G. D. N., LIMA, A. M. L. P., e COUTO, H. T. Z., 2006. **Análise comparativa dos custos de diferentes redes de distribuição de energia elétrica no contexto da arborização urbana**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n4/31690>> Acesso em: 15/05/2015.