

**UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO**  
**CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**BENEFÍCIOS DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO SUBTERRÂNEA**

Área de Engenharia Elétrica

Por

Patrícia Gava

Geraldo Peres Caixeta, Doutor  
Orientador

Itatiba (SP), novembro de 2011

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO  
**CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**BENEFÍCIOS DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO SUBTERRÂNEA**

Área de Engenharia Elétrica

por

Patrícia Gava

Relatório apresentado à Banca  
Examinadora do Trabalho de  
Conclusão do Curso de Engenharia  
Elétrica para análise e aprovação.  
Orientador: Geraldo Peres Caixeta,  
Doutor

Itatiba (SP), novembro de 2011

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, pelas oportunidades concedidas e pela persistência mediante as dificuldades encontradas.

Aos meus pais, Vilson Alexandre Gava e Regina Angela Roson Gava, e meus irmãos Milena Gava, Fernanda Alessandra Gava e Alexandre Gava Neto, em especial meu noivo Fabio da Silva Pinto, a companhia de vocês sempre foi essencial na minha vida. De alguma forma sempre estiveram comigo, dando apoio, amizade, carinho e compreensão.

Agradeço a ajuda de meu orientador, prof. Dr. Geraldo Peres Caixeta, pela paciência com que sempre me acolheu.

Agradeço aos meus colegas por todo companheirismo e apoio durante o período acadêmico, colegas que por muitas vezes foram peças fundamentais na persistência e coragem para enfrentar as dificuldades da engenharia.

De coração, MUITO OBRIGADA!

Patrícia Gava.

## Sumário

<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>8</b>
<b>RESUMO</b>	<b>9</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>10</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2. REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA</b>	<b>13</b>
<b>2.1. Redes de Distribuição Aéreas</b>	<b>14</b>
<b>2.2. Redes de Distribuição Subterrâneas</b>	<b>18</b>
2.2.1 Topos de Sistema Subterrâneo	19
2.2.1.2 Projetos de Rede de Distribuição Urbana Subterrânea	19
2.2.2 Sistema de Distribuição Residencial Subterrânea	19
<b>2.3. TERMINOLOGIA</b>	<b>22</b>
<b>2.4. CONSIDERAÇÕES GERAIS</b>	<b>23</b>
2.4.1. Empreendimento	23
2.4.2. Conteúdo e Apresentação dos Projetos	24
<b>2.5. REDE PRIMÁRIA SUBTERRÂNEA</b>	<b>25</b>
2.5.1. Configuração básica	25
2.5.2. Instalação	28
2.5.3. Transição aérea subterrânea	29
2.5.4. Cabo primário	29
2.5.4.1 Condutor	30
2.5.4.3. Isolação	32
2.5.5. Condutor de proteção	32
2.5.6. Acessórios desconectáveis	32
2.5.7. Terminal	35
2.5.8. Emenda reta fixa	35
2.5.9. Indicador de defeito	35
<b>2.6. TRANSFORMADOR PEDESTAL</b>	<b>35</b>
2.6.1 Proteção Contra Sobrecorrentes	39
<b>2.7. REDE SECUNDÁRIA SUBTERRÂNEA</b>	<b>40</b>
2.7.1. Configuração básica	40
2.7.2. Cabo secundário	41
2.7.3. Quadro de Distribuição em Pedestal - QDP	43
2.7.4. Emenda secundária	45

<b>2.8. ATERRAMENTO</b>	<b>45</b>
<b>2.9. OBRA CIVIL</b>	<b>46</b>
2.9.1 Generalidades	46
2.9.2. Bancos de dutos	47
2.9.3 Abertura ou fechamento de valas	48
2.9.4. Caixas de passagem	49
2.9.5 Poços de inspeção - PI	50
2.9.6 Base para transformador em pedestal	53
2.9.7. Base de quadro de distribuição em pedestal	54
<b>3. METODOLOGIA</b>	<b>55</b>
3.1. Projeto Básico	55
3.2. VANTAGENS	57
3.3. COMPARAÇÃO DE SISTEMAS	58
3.4. SIMBOLOGIA PARA PROJETO DE REDES SUBTERRÂNEAS	59
3.4.1. Legendas para projetos de obras civis.	60
3.4.2. Legendas para projetos de redes elétricas.	61
<b>4. NOVIDADES DA TECNOLOGIA</b>	<b>62</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.</b>	<b>62</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>63</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>ANEEL</b>	Agência Nacional de Energia Elétrica
<b>AT</b>	Alta Tensão
<b>BT</b>	Baixa Tensão
<b>CAA</b>	Cabo de Alumínio com alma de Aço
<b>CEPEL</b>	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
<b>CM</b>	Média aritmética dos valores líquidos das faturas de energia elétrica
<b>CEMIG</b>	Companhia Energética do Estado de Minas Gerais
<b>COPEL</b>	Companhia Paranaense de Energia
<b>DEC</b>	Duração Equivalente de Interrupção Por Unidade Consumidora
<b>DIC</b>	Duração de Interrupção Individual Por Unidade Consumidora
<b>DICp</b>	Padrão de continuidade estabelecido no período considerado
<b>DICv</b>	Duração de Interrupção por Unidade Consumidora
<b>DMIC</b>	Duração Máxima de Interrupção Contínua Por Unidade Consumidora
<b>DMICp</b>	Padrão de continuidade estabelecido no período
<b>DMICv</b>	Duração Máxima de Interrupção Contínua por unidade consumidora
<b>EEB</b>	Empresa Elétrica Bragantina
<b>FEC</b>	Frequência Equivalente de Interrupção Por Unidade Consumidora
<b>FIC</b>	Frequência de Interrupção Individual Por Unidade Consumidora
<b>FICp</b>	Padrão de continuidade estabelecido no período considerado
<b>FICv</b>	Frequência de Interrupção por Unidade Consumidora
<i>i</i>	Índice de eventos ocorridos no sistema que provocam interrupções
<i>k</i>	Numero de eventos no período considerado
<b>kei</b>	Coefficiente de majoração
<b>kw</b>	Quilo watts
<b>km</b>	Quilômetro
<b>kV</b>	Quilo volts
<b>kVA</b>	Quilo volt ampères
<b>Mt</b>	Média Tensão
<b>n</b>	Número de interrupções da unidade consumidora
<b>NBI</b>	Nível básico de Impulso
<b>NBR</b>	Norma Brasileira
<b>PROCEL</b>	Programa Nacional de Conversão de Energia Elétrica
<b>V</b>	volts
<b>XPPE</b>	Composto Estruturado de Polietileno Termofixo

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema elétrico simplificado .....	11
Figura 2. Linha de distribuição aérea convencional .....	14
Figura 3. Rede aérea de distribuição compacta .....	15
Figura 4. Rede aérea de distribuição isolada .....	16
Figura 5. Rede aérea oferecendo risco de acidente .....	17
Figura 6. Poda excessiva .....	17
Figura 7. Rua arborizada em sistema de distribuição subterrâneo .....	18
Figura 8. Transformador Pedestal.....	20
Figura 9. Configuração básica da rede primaria para alimentação de empreendimento através de circuitos radiais conectados em pontos distintos da rede aérea.....	26
Figura 9.1 Configuração básica da rede primaria para alimentação de empreendimento através de um “anel aberto”.....	27
Figura 10. Configuração de sistema de transmissão subterrâneo típico.....	28
Figura 10.1 Estrutura de transição aérea para subterrânea.....	29
Figura 11. Montagem de acessórios desconectáveis de 200A.....	33
Figura 11.1 Montagem de acessórios desconectáveis de 200A.....	34
Figura 12. Transformador Tipo Pedestal.....	36
Figura 12.1 Ligação de transformador em pedestal com 3 buchas .....	37
Figura 12.2 Transformador em pedestal, vista lateral, dimensões e pesos.....	38
Figura 12.3 Diagrama unifilar simplificado .....	39
Figura 13. Diagrama unifilar da rede secundária subterrânea .....	40
Figura 13.1 Tipos de cabos elétricos de potencia em baixa tensão.....	42
Figura 13.2 Quadro de distribuição em Pedestal.....	44
Figura 13.3 Emenda unipolares com conectores tipo “C” .....	45
Figura 14. Esquema simplificado de aterramento .....	46
Figura 15. Banco de dutos de PVC revestidos de concreto.....	48
Figura 15.1 Banco de dutos de polietileno corrugado, diretamente enterrados.....	48
Figura 15.2 Caixa de passagem (1,50m x 1,00m).....	50
Figura 15.3 Poço de inspeção (2,00m x 2,00m).....	51
Figura 15.3.1 Poço de inspeção pré-moldado.....	51
Figura 15.4 Poço de inspeção (4,00m x 2,00m).....	52
Figura 15.5 Poço de inspeção modificado (2,00m x 2,00m).....	53
Figura 15.6 Base de transformador em pedestal.....	54
Figura 15.7 Base de concreto para quadro de distribuição em pedestal (QDP).....	55
Figura 16. Conversão da Rua Vitório Fasano.....	57
Figura 17. Projeto realizado para a extensão da rede subterrânea de um Loteamento.....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparação entre redes elétricas .....	21
Tabela 2. Exemplo de cabos unipolar estruturado .....	31
Tabela 3. Seção do condutor de proteção .....	32
Tabela 4. Características complementares dos Transformadores em pedestal .....	38
Tabela 5. Seção do condutor neutro .....	41
Tabela 6. Cabo de baixa tensão(Cu, XLPE, 0,6/1kV) sem cobertura e sem armação .....	43
Tabela 7. Materiais e Serviços do Projeto realizado para a extensão da rede subterrânea.....	58



## RESUMO

GAVA, Patrícia. **Rede de Distribuição Subterrânea**. Itatiba, 2011. no f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade São Francisco, Itatiba, 2011.

As redes elétricas disputam o mesmo espaço das árvores nas ruas das cidades, criando problemas tanto para o meio ambiente como para o sistema de distribuição de energia elétrica. Este trabalho apresenta uma alternativa na busca de um convívio natural entre ambas. Serão apresentados subsídios técnicos e econômicos (respectivos custos e benefícios) para uma substituição de redes aéreas de distribuição de energia elétrica para rede subterrânea, melhorando os indicadores de continuidade, fiscalizados pelo órgão regulador e reduzir os prejuízos ambientais causados pelas podas em árvores urbanas. As redes subterrâneas apresentam um custo de implantação superior às redes aéreas, porém não apresentam gastos com manutenções e não afetam o desenvolvimento das árvores. Apresentam também outras vantagens diante às redes aéreas, dentre elas se destacam a diminuição considerável dos indicadores de continuidade DEC e FEC e a extinção das podas, conseqüentemente menores interferências no meio ambiente.

**Palavras-chave:** Rede Subterrânea. Meio Ambiente. Distribuição de Energia.

## **ABSTRACT**

GAVA, Patricia. Underground Distribution Network. Itatiba, 2011. in f. Completion of Course Work, San Francisco University, Itatiba, 2011.

The electrical networks fighting over the same space of trees on city streets, creating problems for both the environment and for the distribution system of electricity. This paper presents an alternative in the search for a natural interaction between them. Subsidies will be given technical and economic (costs and benefits) for a replacement aerial distribution of electricity to underground network, improving the continuity indicators, monitored by the regulator and reduce environmental damage caused by pruning trees in urban areas. The underground networks have a higher cost of deployment to air networks, but have not spent on maintenance and do not affect the development trees. They also have other advantages over the air networks, among which we highlight the considerable decrease in indicators of continuity DEC and FEC and the extinction of pruning, hence less interference in the environment.

Keywords: Underground Network. The Environment. Power Distribution.

# 1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é uma das formas de energia mais utilizadas no mundo atual. Ela é gerada, principalmente, nas usinas hidrelétricas, usando o potencial energético da água, onde é gerada através de turbinas e geradores podendo transformá-la em eletricidade. O que chamamos de “eletricidade” pode ser entendido como Energia Elétrica se, no fenômeno descrito a eletricidade realiza trabalho por meio de cargas elétricas, podendo ser um subproduto de outras formas de Energia, como a mecânica e a química. Porém ela pode ser produzida também em usinas eólicas, termoelétricas, solares, nucleares entre outras.

Sendo esta de fundamental importância para proporcionar à sociedade desenvolvimento e trabalho, e aos cidadãos conforto e comodidade, podendo ser convertida para gerar luz, força para movimentar motores e fazer funcionar diversos produtos elétricos e eletrônicos que possuímos em casa (computador, geladeira, microondas, chuveiro, etc.). Tornando a sociedade moderna, cada vez mais dependente de seu fornecimento e mais suscetível às falhas do sistema elétrico.

Atualmente, 74% da energia consumida no Brasil saem das usinas hidrelétricas, a maior usina hidrelétrica do Brasil é a Usina de Itaipu, porém ela é binacional, ou seja, do Brasil e do Paraguai. Não é tão simples o percurso que a energia elétrica faz desde a usina onde é gerado até chegar a concessionária e aí sim ser distribuída para os consumidores. As usinas hidrelétricas são predominantes no Brasil, devido o mesmo ter locais que possuem rios caudalosos e grandes quedas de água. Não podendo deixar de destacar que esses locais nem sempre ficam perto das cidades, portanto a eletricidade gerada precisa ser transmitida ou transportada através das linhas de transmissão até chegar às subestações e destas para cheguem aos consumidores finais se utilizando agora das linhas de distribuições, como mostra-nos simplificada a figura 1.

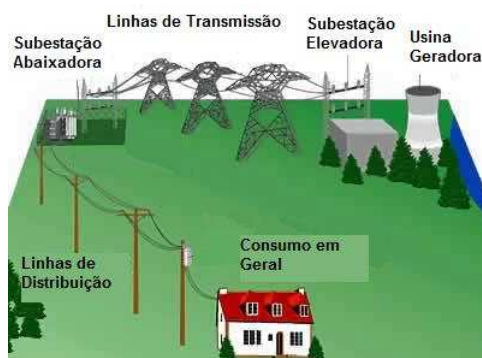


Figura 1 – Sistema elétrico simplificado.

Não se pode esquecer que a energia elétrica é extremamente perigosa, uma simples falha de distribuição pode provocar um choque e levar uma pessoa à morte. Portanto não podemos deixar de destacar que somente profissionais habilitados devem ter acesso a suas fontes de produção, armazenamento e distribuição. Muitas vezes as linhas de transmissão e distribuição precisam atravessar lugares de difícil acesso como mata fechada, morros e montanhas muito altas, portanto são essenciais os projetos e a averiguação do local por onde vão passar essas redes sejam elas aéreas ou subterrâneas. As Subestações de distribuição têm como função abaixar as elevadas tensão de transmissão e formar os diversos circuitos de distribuição.

As redes de distribuição aéreas são constituídas por postes locados nas ruas. Onde nesses existem, basicamente dois tipos de circuitos as redes denominadas de primária e as denominadas de secundária. No entanto em regiões de grande concentração de consumo as redes subterrâneas são as mais indicadas pelas normas de saúde e segurança, pois a passagem de uma corrente elétrica elevada pode provocar doenças nas pessoas além do fato de não se vê postes com fios, cabos e transformadores nas ruas e avenidas. Portanto na maioria das vezes, nas regiões centrais das grandes cidades a rede de distribuição deveria ser subterrânea.

Sem dúvida um dos principais problemas que existentes na arborização viária de ruas, avenidas, parques, para as redes de distribuição aéreas são a disputa das calçadas entre as árvores, postes, pessoas e cabos pelo mesmo espaço. Além disso, as árvores uma vez podadas começam a brotar em direção aos condutores as quais, em um curto espaço de tempo, atingirão novamente os fios, na qual necessitará de uma manutenção frequente. A rede aérea fica totalmente desprotegida contra as influências do meio ambiente, situações adversas apresentam alta taxa de falhas, visto que o simples contato do condutor com um galho de árvore pode provocar o desligamento de parte da rede. A arborização urbana é importante, porque as árvores participam da interceptação de radiação solar direta, reduzindo a temperatura e ajudando a melhorar a qualidade do ar. Além disso, uma área arborizada muda à paisagem do local, constituindo-se como um espaço para o lazer.

Apesar de apresentar um custo de implantação superior às redes aéreas, as redes subterrâneas são mais vantajosas em relação à confiabilidade do sistema, também apresentam um gasto inferior com manutenções, não afetam a poluição visual de cidades, loteamentos, parques, vindo assim a eliminar com o impacto visual que os fios causam nas paisagens de qualquer local.

A partir das características do sistema elétrico de distribuição do determinado local, esse trabalho propõe-se a analisar as características de um sistema de distribuição e a partir deste, sugerir uma alternativa possível para tornar, este sistema mais utilizado e adequado quando se levam em considerações os padrões de segurança.

O objetivo deste trabalho é apresentar a rede subterrânea de distribuição de energia elétrica e os benefícios da sua implantação. Analisar as diferenças entre as redes de distribuição de energia elétrica avaliando e comparando as características entre dois tipos de rede, a aérea e a subterrânea, apresentando seus respectivos custos e benefícios, além dos problemas com as interferências ocasionadas por arborização, através da rede aérea, mostrando que existem maneiras eficientes de se conservar o meio ambiente. Apesar de o sistema subterrâneo ser mais complexo que os sistemas aéreos e obter custos mais elevados, apresentam inúmeros benefícios, que serão apresentados ao longo do contexto deste trabalho. Tais benefícios serão considerados a partir da confiabilidade e da segurança do sistema, que acabara com os acidentes ocorridos por contatos acidentais com cabos expostos e falhas no sistema aéreo, além da valorização da área e total integração com o meio ambiente.

## **2. REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

As redes de distribuição de energia elétrica alimentam consumidores industriais de médio e pequeno porte, consumidores comerciais e de serviços, até mesmo consumidores residenciais.

Segundo o Prodist os níveis de tensão e de distribuição estão classificados em três categorias, de alta tensão (AT), ou seja, tensão entre fase, cujo valor eficaz é igual ou superior a 69kV e inferior a 230kV, média tensão (MT) tensão entre fase, cujo valor eficaz é igual ou superior a 1kV e inferior a 69kV para finalizar baixa tensão (BT) que também é tensão entre fase, cujo valor eficaz é igual ou inferior a 1kV, muitas vezes estas se encontram em circuitos mistos, acarretando diversas combinações entre redes de média e baixa tensão, variando principalmente com as concessionárias de energia elétrica nos diferentes estados brasileiros através das necessidades de seus consumidores e condições locais.

## 2.1. Redes de Distribuição Aéreas

Para os sistemas de distribuição de energia das cidades brasileiras, as redes de distribuição aéreas são maiorias, assim acarretando uma disputa entre as árvores e as redes nas calçadas que tornam um dos maiores problemas existentes no aspecto de arborização em uma cidade.

As redes de distribuição aéreas se difundiram em três tipos, convencional, compacta e isolada, que são as mais utilizadas por apresentarem um menor custo na construção civil comparando aos sistemas subterrâneos, que exigem a construção de “túneis”, gerando maiores custos com implantação de valetas sobre o solo.

Uma rede aérea convencional é composta basicamente por postes de concreto circular ou duplo “T”; cruzetas; isoladores; pára-raios; braço de iluminação pública; condutores; transformadores; bancos de capacitores; chaves corta-circuito; chaves a óleo (equipamentos destinados a estabelecer, conduzir e interromper circuitos elétricos); e os cabos são de alumínio. A fiação deste tipo de rede pode ser dividida em primária, de 34,5kV, 23kV, 13,8 kV e 11,9 kV, ou secundária, de 220 e 127 V. Podendo ser visualizado abaixo na figura 2.



Figura 2: Linha de Distribuição Aérea Convencional.

Este sistema foi desenvolvido há cerca de 50 anos e está tecnologicamente saturado, visto que se tem um baixo nível de confiabilidade no sistema elétrico na distribuição de energia. Pelo fato dos condutores não serem isolados, sua convivência em meio onde existe arborização se torna difícil, pois o simples contato de um galho com o condutor nu pode provocar o desligamento da rede. Também, deve-se destacar que nos centros urbanos existe a necessidade de uma coexistência entre as redes aéreas convencionais e as edificações, em função do grande potencial de risco que estas

propiciam, devendo-se manter afastamentos mínimos de forma a evitar acidentes com pessoas.

A rede convencional é caracterizada por condutores nus, apoiados sobre isoladores de vidro ou porcelana, fixados horizontalmente sobre cruzetas de madeira, nos circuitos de média tensão e, verticalmente, nos de baixa tensão. A rede fica desprotegida contra influência do meio ambiente, apresenta alta taxa de falhas e exige que sejam feitas podas excessivas nas árvores e intervenções para manutenções também são frequentes. Os danos nestes casos podem ser causados por vários motivos, acidentes com veículos que atingem postes, raios, chuvas, ventos e pássaros.

Como possível solução surgiu uma nova tecnologia as redes aéreas compactas para que as concessionárias de distribuição de energia pudessem melhorar os níveis de qualidade da energia distribuída aos clientes e assim aumentando a confiabilidade do sistema. Basicamente, é uma rede com um conjunto formado de equipamentos contendo cabo de aço e cabos cobertos ou protegidos, fixados em estruturas compostas por braços metálicos, espaçadores losangulares ou separadores de fase confeccionados em material polimérico. Todo este conjunto de cabos é sustentado por um cabo de aço guia que é também utilizado como neutro do sistema de distribuição, sendo assim denominado de cabo mensageiro. Os locais apropriados para instalações da rede de distribuição aérea protegida compacta são todos aqueles com elevado índice de interferências externas e nas regiões densamente arborizadas, como podemos conferir a figura 3 abaixo apresenta uma área com rede aérea compacta.



Figura 3: Rede Aérea de Distribuição Compacta.

Fonte: <http://www.progettare.com>

Mas segundo folha [O Estado de S. Paulo](#) [1], a tecnologia não resolve 100% dos problemas. Em nota, a AES Eletropaulo afirma que “a utilização de rede compacta não

elimina a necessidade de adequação do modelo arquitetônico natural das árvores, ou seja, a poda de árvores sempre será uma atividade necessária”.

Também abrange circuitos de média e baixa tensão a rede aérea isolada, onde este tipo de rede é utilizado três condutores isolados, blindados, trançados e reunidos em torno de um cabo mensageiro (neutro) de sustentação. Desta forma, são necessários cabos condutores com camadas semicondutoras, chamados de cabos multiplexados, que confinam o campo elétrico em seu interior, ou seja, isolados eletricamente [2].

As redes isoladas apresentam-se mais caras que as anteriores já citadas, portanto só são recomendadas para projetos especiais onde ela é a única solução. Aplicam-se, por exemplo, em indústrias onde a aplicação da rede convencional ou protegida é perigosa. A figura 4 ilustra uma área urbana com rede isolada.



Figura 4: Rede Aérea de Distribuição Isolada.

Fonte: <http://www.progettare.com>

### **2.1.2. Exposição ao perigo**

Outra desvantagem dos sistemas aéreos é a exposição ao perigo a que estão sujeitas as pessoas que circulam em locais próximos a faixa de passagem. Quando por exemplo à construção caminha paralelamente a rede, a proximidade leva a situação de extremo risco e não é mais novidade acontecerem acidentes com linhas primárias sendo elas instaladas em postes ou quando ocorre rompimento de cabo energizado. A figura 5 mostra uma linha aérea oferecendo risco de acidente.





Figura 5: rede aérea oferecendo risco de acidente.

Fonte: <http://enderecodaprevencao.blogspot.com>

Com todas essas desvantagens tem por consequência um elevado custo de manutenção preventiva e corretiva que fazem compensar os investimentos em rede mais moderna, como a rede subterrânea. O autor [3] afirma que, se por um lado às redes aéreas são mais baratas de se instalar, por outro elas têm um custo de manutenção de operação elevado depois de instaladas, além de serem menos seguras e constantemente danificadas por ações do ambiente. As árvores são uma das principais causas de interrupção de fornecimento de energia, principalmente quando chove, afirmam as empresas. Essa interferência está presente principalmente na poda de um grande número de árvores conforme pode ser visualizada na figura 6, poda esta feita de forma drástica. Além desse aspecto de intervenção externa que priva o meio ambiente de sombra e outros benefícios da vegetação retirada, podemos incluir como agressão ao meio ambiente e diferença de estética das ruas.



Figura 6: Poda excessiva

Fonte: <http://revistadeciframe.com>

## 2.2. Redes de Distribuição Subterrâneas

As redes subterrâneas, além de melhorarem a estética, também são muito mais seguras e se tornam mais econômicos ao longo do tempo, devidos os baixos custos com a sua manutenção, são mais eficientes porque não sofrem interferências, portanto a uma redução significativa das interrupções pela diminuição da exposição dos circuitos com os agentes externos, assim incrementam a confiabilidade do serviço. Esta confiabilidade ainda pode ser ampliada com estratégias inteligentes, como as configurações dos circuitos em forma de anel, permitindo que a rede seja alimentada por dois pontos, deixando apenas parte da rede desconectada em caso de queda do sistema. As redes subterrâneas também são mais seguras porque utilizam cabos isolados, e atendem a distribuição desde baixas até médias tensões [4].

Portanto, estas redes estão sendo cada vez mais utilizadas, pois elas trazem grandes benefícios como, segurança, confiabilidade e economia para as comunidades onde são instaladas. O que dificulta essa aplicação esta em seu alto custo, que pode chegar até 10 vezes maior quando comparada às redes aéreas. Mas quando se somam os custos das podas de árvores contínuas da interrupção do fornecimento de energia, dos custos sociais e a falta de segurança, fica mais fácil notar que ao longo do tempo as redes subterrâneas são vantajosas, tanto para quem instala quanto para quem utiliza [5]. Na figura 7, pode-se observar uma rua arborizada com fiação subterrânea.



Figura 7: Rua Arborizada em Sistema de Distribuição Subterrâneo.

Fonte: <http://arvoresdesaopaulo.wordpress.com>

### **2.2.1 Topos de Sistema Subterrâneo**

Há vários tipos de sistemas de transmissão elétrica subterrânea. O sistema secundário reticulado que utiliza quatro alimentadores de media tensão, a pesar de ser bastante confiável, tem custo de implantação elevado e forma de operação complexa. O sistema primário seletivo opera de forma parecida com o reticulado secundário, mas, no padrão atual da AES Eletropaulo, utiliza apenas dois alimentadores, é um sistema muito usado em grandes empreendimentos como hospitais e shoppings. Em redes subterrâneas publicas em São Paulo, tem se utilizado geralmente o sistema radial com recursos conhecidos também como “anel aberto”. Ele oferece boa confiabilidade e tem custo de implantação menor e operação mais simples do que os dois primeiros já citados acima [6].

#### **2.2.1.2 Projetos de Rede de Distribuição Urbana Subterrânea**

- RDS Sistema Network, Reticulado (alta concentração de cargas);
- RDS Dupla Alimentação;
- RDS Radial;
- RDS Simplificada para Condomínios Residenciais de alto luxo.

#### **2.2.2 Sistema de Distribuição Residencial Subterrânea**

Nos últimos anos, é prática no Brasil, a utilização do sistema de Distribuição Residencial Subterrâneo (DRS), tem sido procurado como uma alternativa frequente de instalação tanto para das grandes cidades onde possuem elevadas concentrações de cargas, quanto para loteamentos de alto nível, com um grande interesse em melhorar a aparência da rede e a qualidade de fornecimento, nos conjuntos residenciais, que geralmente são bastante arborizados assim como os centros das cidades, este sistema foi considerado o mais conveniente para atender as expectativas dos empreendedores e consumidores.

Tais modalidades de distribuição são largamente empregadas em varios países europeus e americanos. Já em São Paulo, essa distribuição foi iniciada em 1902 com construção de três câmaras transformadoras ao chamado “triângulo” do centro da cidade. Em 1926 este sistema já estava com dezenove câmaras, ao modificar o sistema de distribuição de radial para reticulado, em 1931 o sistema já contava com 41 câmaras, em 1960 a carga deste sistema atingia o limite de sua capacidade, tendo inicio ao terceiro sistema já instalado. É interessante observar que a cidade de São Paulo foi uma das primeiras a inicializar a adoção do arranjo reticulado, sendo que a primeira rede desse sistema surgiu em Nova York entre 1922 e 1924. O projeto DRS incorpora os desenvolvimentos mais recentes em distribuição, absorvendo novos materiais e equipamentos, já fabricados no Brasil, com destaque para os transformadores autoprotégidos do tipo pad-mounted e os tipos pedestais, rede elétrica constituída de cabos e acessórios isolados instalados sob a superfície do solo, são diretamente enterrados exceto nas travessias de ruas, onde passaram por dutos de PVC com envoltório de concreto onde a profundidade media da instalação é de 60 cm, além de acessórios desconectáveis e terminais modulares. Na figura 8, pode-se observar uma rua arborizada com sistema de distribuição subterrâneo utilizando um transformador tipo pedestal.



Figura 8 – Transformador tipo Pedestal.

Fonte: AES Eletropaulo.

Espera-se, assim com a utilização do sistema DRS, trazer os seguintes benefícios para a empresa, o consumidor e, sobre tudo para o homem:

- Atender os anseios dos consumidores que desejam redes subterrâneas em áreas residenciais;
- Significativas reduções com interrupções pela diminuição da exposição dos circuitos aos agentes externos, incrementando assim a confiabilidade das redes de distribuição;
- Eliminação dos circuitos aéreos, melhorando bastante a aparência do sistema e principalmente preservando as árvores, contribuindo para o embelezamento das cidades e conservação do meio ambiente;
- Aumento da segurança para o público, através da eliminação do risco de acidentes por rupturas de condutores;
- Redução dos custos de manutenção, tais como podas de árvores e deslocamento de turmas de emergência o que, de forma indireta, contribui para reduzir o consumo de combustível.

Através da tabela 1, pode-se notar uma comparação crucial entre as redes elétricas.

Tabela 1: Comparação entre redes elétricas.

COMPARAÇÕES ENTRE REDES ELÉTRICAS		
<b>Confiabilidade</b>	<b>Baixa</b>	<b>Muito Alta</b>
<b>Segurança</b>	<b>Baixa</b>	<b>Muito Alta</b>
<b>Interferências com Arborização</b>	<b>Muito Alta</b>	<b>Nenhuma</b>
<b>Derivações</b>	<b>Simples</b>	<b>Complexas</b>
<b>Resistência a Descargas Atmosféricas</b>	<b>Baixa</b>	<b>Alta</b>
<b>Localização de Falhas</b>	<b>Fácil</b>	<b>Difícil</b>
<b>Campo Elétrico</b>	<b>Aberto</b>	<b>Confinado</b>
<b>Campo Magnético</b>	<b>Médio</b>	<b>Baixo</b>
<b>Investimento Inicial</b>	<b>100</b>	<b>180 a 500</b>

Fonte: <http://www.prysmianclub.com.br/revista>

Sem duvida a melhor proteção para os sistemas é obtida com adequados controle das instalações dos equipamentos, feitas somente por profissionais treinados e manutenções preventivas nos sistemas.

## 2.3.TERMINOLOGIA

**Rede de distribuição subterrânea:**rede elétrica constituída de cabos isolados instalados sob a superfície do solo em dutos ou diretamente enterrados.

**Circuito primário subterrâneo:**parte da rede de distribuição subterrânea que alimenta os transformadores de distribuição da concessionária e ou dos consumidores.

**Circuito secundário subterrâneo:** parte da rede de distribuição subterrânea que, a partir dos transformadores, conduz energia aos pontos de consumo.

**Ramal de ligação primário:**condutores e seus acessórios compreendidos entre o ponto de derivação do circuito primário e o ponto de entrega primário.

**Ramal de ligação secundário:**condutores e seus acessórios compreendidos entre o ponto de derivação do circuito secundário e o ponto de entrega secundário.

**Ponto de entrega secundário:**é o ponto até o qual a concessionária se responsabiliza pelo fornecimento de energia elétrica e pela execução dos serviços de operação e manutenção. Este ponto de entrega corresponde à caixa de medição que deve

ser localizada na propriedade do consumidor e estar situado, se possível, no limite com a via pública.

**Transformador Submersível:** transformador selado submersível, para utilização e instalação em câmara transformadora subterrânea, para conexão de cabos de média e baixa tensão [9].

**Transformador em pedestal:** transformador selado, para utilização ao tempo, montado sobre uma base de concreto, com compartimentos blindados para conexão de cabos de média e baixa tensão.

**Quadro de distribuição em pedestal-QDP:** conjunto de dispositivos elétricos (chaves, barramentos, isoladores, etc.), montados em caixa metálica, destinados à operação (manobra, proteção) de circuitos secundários (ramais de ligação).

**Carga instalada:** soma das potências nominais dos equipamentos de uma unidade de consumo que, depois de concluído os trabalhos de instalação, estão em condições de entrar em funcionamento.

**Empreendimentos edificados:** empreendimentos com as edificações e todos os serviços de infraestrutura (água, energia elétrica, telefone, pavimentação, etc.) construídos. Estes empreendimentos edificados, residências/apartamentos, salas são colocados à venda para ocupações imediatas dos compradores.

**Empreendimentos não edificados:** empreendimentos somente com os serviços de infraestrutura (água, energia elétrica, telefone, pavimentação, etc.) construídos. Nestes empreendimentos são colocados à venda lotes, sendo de responsabilidade dos compradores as futuras construções e as ligações dos serviços de infraestrutura.

## **2.4. CONSIDERAÇÕES GERAIS**

Antes da elaboração do projeto, é aconselhável o levantamento de informações básicas referentes ao empreendimento e aos padrões de atendimento da concessionária do local, que fornecem importantes subsídios para o desenvolvimento do projeto.

### **2.4.1. Empreendimento**

Juntamente ao empreendedor o projetista deve levantar informações referentes ao empreendimento, uma delas é a planta com a localização do mesmo, mostrando as vias públicas externas, se possível, com indicações das redes elétricas existentes nas

proximidades. Além das plantas das edificações a serem construídas com indicações das cargas previstas no empreendimento, deve-se levantar informações como, tensões de fornecimento, pontos de fornecimento de energia, normas de atendimentos dos consumidores e projeto de redes subterrâneas, no qual o empreendedor será o responsável pela previsão de cargas dos consumidores e poderá fornecer orientações complementares ou apresentar condições para o atendimento, visando resguardar futuras ampliações.

#### **2.4.2. Conteúdo e Apresentação dos Projetos**

Os projetos de rede subterrânea de um empreendimento, normalmente, são compostos de memorial descritivo onde contém informações referentes, à área e localização do empreendimento, como a área total o número de residências ou lotes, clube, área recreativa, iluminação externa, dentre outras, o cronograma previsto para início das obras para implantação da rede elétrica subterrânea e as obras civis e acompanhando serviços de infraestrutura como água, telefone, TV a cabo, gás, etc.

O Projeto da rede primária e secundária precisam indicar em plantas os seguintes elementos como a localização dos circuitos com a seção dos cabos, os acessórios, assim como emendas retas ou de derivações, indicadores de defeito, para-raios, ramais de ligações e postes de transição. Nos quadros de distribuição em pedestal deve estar indicado seu modelo à quantidade e capacidade dos dispositivos de proteção, como chaves fusíveis, disjuntores e fusíveis NH, no caso dos transformadores sua localização e potência nominal. Nos projetos de obras civis, indicando e identificando em plantas os postes de transição, canalizações subterrâneas, poços de inspeção, caixas de passagem, bases de transformadores e quadros de distribuição.

Após a conclusão da rede subterrânea e anteriormente à energização da mesma, é recomendável que seja feita uma revisão das plantas primária, secundária e obra civil, indicando a instalação real, assim como as outras obras de infraestrutura que possam interferir em eventuais futuras manutenções. Os projetos elétricos e civis devem ser elaborados em plantas com escala definida pela concessionária, que normalmente considerada a escala 1:1000 e feitas em plantas exclusivas, às simbologias para representações gráficas normalmente, também são definidas por ela. Devem constar no memorial descritivo as Anotações de Responsabilidade Técnica (ART) e cópias da carteira de Registro do CREA dos profissionais responsáveis pelos projetos, no caso de



instaladora também deve ser apresentada a Certidão de Registro no Conselho, além das assinaturas dos engenheiros responsáveis.

## **2.5. REDE PRIMÁRIA SUBTERRÂNEA**

### **2.5.1. Configuração básica**

As redes subterrâneas dos novos empreendimentos normalmente são constituídas por circuitos primários trifásicos radiais com recursos, com configuração básica definida em função das características do loteamento e do sistema existente em suas proximidades para sua alimentação.

Concepções básicas ilustrativas estão apresentadas nas figuras logo abaixo, quando possível é recomendável que as "rotas de circuitos" considerem, preferencialmente, conexão em pontos distintos da rede, como ilustra a figura 9, pode-se verificar que a utilização de "faixas de serviço" pode reduzir sensivelmente a rede elétrica e as obras civis necessárias para o atendimento do empreendimento, quando não for possível a alternativa anterior, pois a inexistência de "retorno do circuito" pelo mesmo banco de dutos, a alimentação de empreendimentos poderá ser feita através de um "anel aberto", onde podemos visualizar na figura 9.1.

Nas configurações básicas mostradas nas figuras 9 e 9.1, considera-se que o ponto de abertura dos circuitos, que nada mais é o local onde são realizadas manobras para operação, esteja situado nos dispositivos de proteção, como chaves fusíveis, religadores, dentre outros, estejam instalados nos postes de transição. Opcionalmente, este ponto de seccionamento de manobras pode ser localizado ao longo do circuito subterrâneo, dividindo-o em dois trechos, com cargas aproximadamente iguais. Com isso obtém-se maior confiabilidade visto que, em eventuais defeitos em circuitos primários, somente parte da carga é interrompida, também utilização obrigatória de para-raios na extremidade de cada trecho que, para compatibilizar com as características previstas da rede subterrânea, devem ser do tipo desconectável.

Normalmente, considera-se o ponto de abertura no poste de transição, visto que isso permite uma maior flexibilidade para especificação e aquisição de acessórios com operação sem carga ou com carga e a ocorrência de defeitos em circuitos primários é rara. Na prática, um trecho de circuito primário subterrâneo radial sem recursos normalmente é considerado para alimentação de uma única instalação e é limitado a um trecho sem emendas e com comprimento.

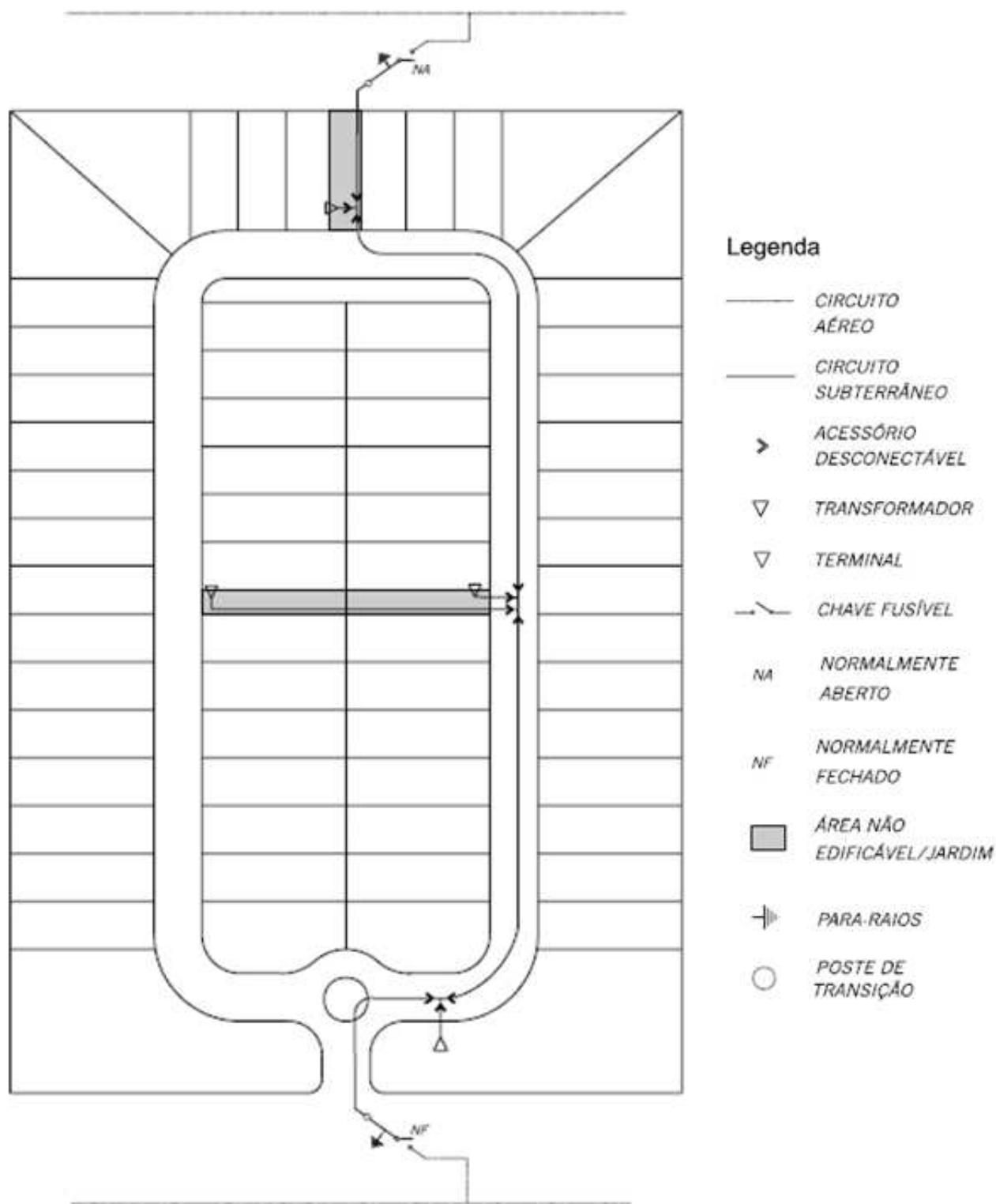


Figura 9 – Configuração básica da rede primária para alimentação de empreendimentos através de circuitos radiais conectados em pontos distintos da rede aérea.

Fonte: Manual da Empresa Elétrica Bragantina S/A.

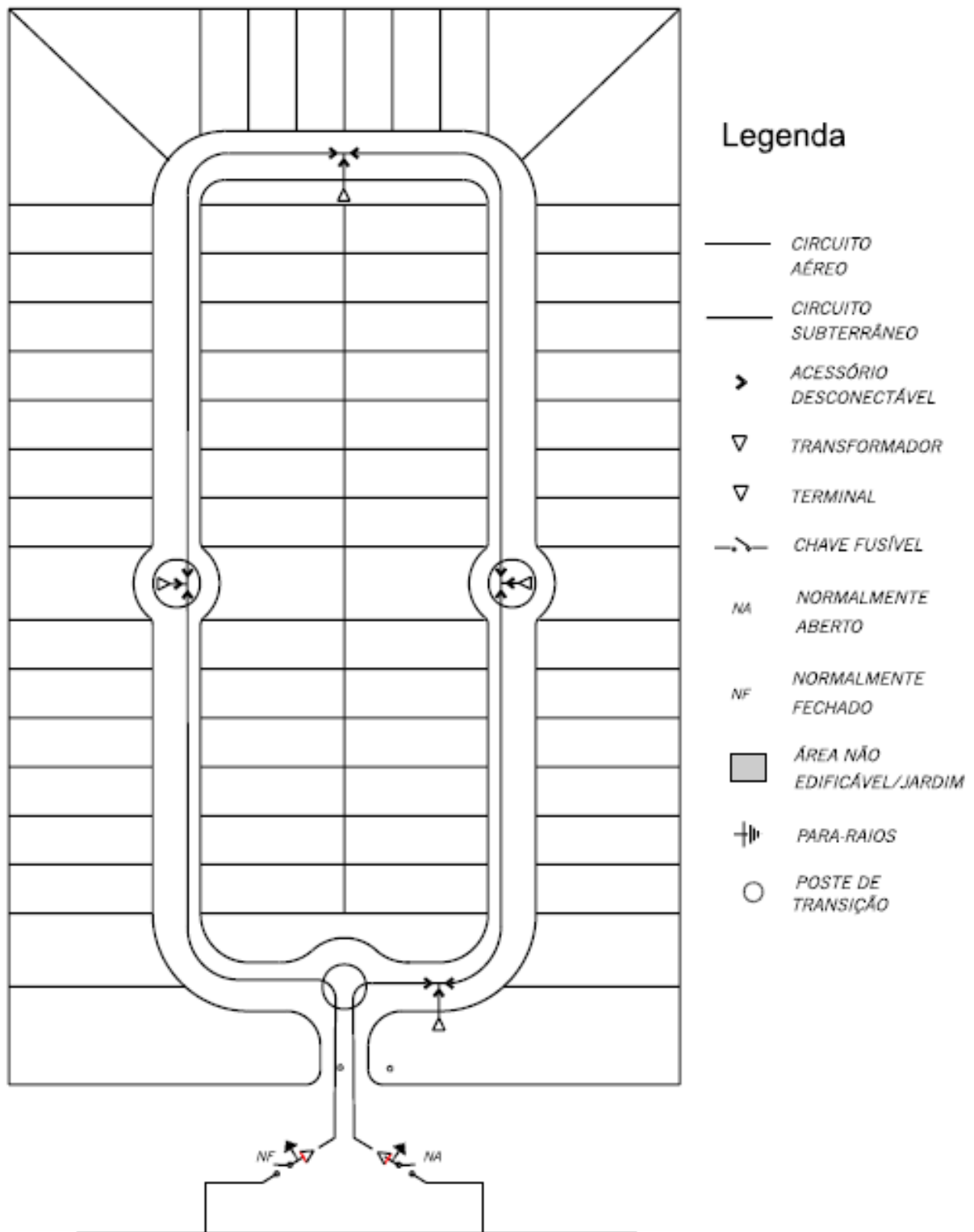


Figura 9.1 – Configuração básica da rede primária para alimentação de empreendimentos através de um “anel aberto”.

Fonte: Manual da Empresa Elétrica Bragantina S/A.

## 2.5.2. Instalação

Os circuitos primários subterrâneos são instalados normalmente em banco de dutos, sendo que a utilização dos mesmos diretamente enterrados, como é feito por concessionárias de outros países, ainda não é uma prática adotada pelas concessionárias nacionais. Eles podem ser instalados nas calçadas ou leitos carroçáveis das vias públicas, podem ser constituídos por dutos de PVC, envelopado em concreto, ou de polietileno corrugado, diretamente enterrado ou envelopado em concreto. Em novos empreendimentos, onde as cargas não são grandes e não há, praticamente, circulação de veículos pesados, são utilizados normalmente banco de dutos de polietileno corrugado diretamente enterrado, que implicam em menores investimentos iniciais. Na conversão de redes aéreas para subterrâneas, os eletrodutos e cabos elétricos podem ser enterrados em diversas configurações. Não há regulamentação do poder público quanto à forma de implantação e as próprias concessionárias seguem suas normas. Veja na figura 10 a configuração de um sistema de transmissão subterrâneo típico.



- 1 - Rede primária;
- 2 – Rede secundária;
- 3 - Câmaras para transformador e caixas de inspeção;

Figura 10 – Configuração de um sistema de transmissão subterrâneo típico.

Fonte: <http://www.infraestruturaurbana.com.br>

### 2.5.3. Transição aérea subterrânea

Nos postes de transição de circuito aéreo para subterrâneo, normalmente são instalados, chaves fusíveis uma por fase, para-raios de óxidos metálicos sem centelhadores e terminais unipolares nas extremidades dos cabos isolados.

Um croqui correspondente a uma estrutura típica de transição está representado na figura 10.1, sendo que para a definição da mesma deve ser levado em consideração o "ponto aberto do circuito" ("poste ou ao longo da rede") e o esquema de proteção de sobretensões, conforme será mostrado.

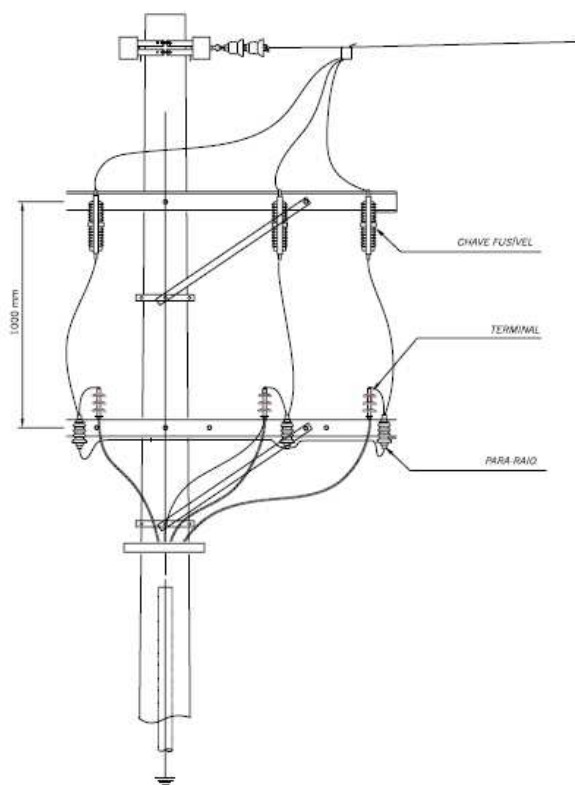


Figura 10.1 – Estrutura de transição aérea para subterrâneo.

Fonte: Manual da Empresa Elétrica Bragantina S/A.

### 2.5.4. Cabo primário

Nos circuitos primários de novos empreendimentos são utilizados cabos estruturados, cujas definições e especificações são feitas levando em consideração diversos fatores, apresentados a gradualmente.

### 2.5.4.1 Condutor

Os cabos utilizados nas redes subterrâneas de novos empreendimentos normalmente são unipolares (triplexados ou não) e constituídos de condutores de cobre, que é tradicionalmente empregado em decorrência de sua facilidade para utilização e para execução de conexões.

A definição da seção do condutor é feita em função das correntes de operação e de curto-circuito previstas. Considerações sobre queda de tensão devem ser feitas para alimentação de grandes empreendimentos alimentados por circuitos totalmente subterrâneos. As determinações das correntes admissíveis dos cabos são feitas baseando-se em normas específicas, sendo que catálogos de fabricantes normalmente apresentam valores correspondentes à operação com correntes constantes, calculados pela metodologia da NBR 11301[2]. A corrente admissível de um cabo sofre uma redução quando são instalados outros circuitos no mesmo banco de dutos, sendo que estes fatores de redução também são apresentados normalmente nos catálogos.

Quando a carga não é constante, como nos casos dos empreendimentos (fator de carga menor de 100%), as correntes admissíveis nos cabos podem ser calculadas adotando o ciclo diário previsto para as mesmas, considerando-se para tanto a metodologia da IEC. 853-1 [2]. Os valores obtidos por esta metodologia são maiores que os anteriores e são normalmente adotados pelas concessionárias. Caso estas informações não estejam disponíveis, o fabricante, caso solicitado pelo projetista, que deverá fornecer todas as informações necessárias, poderá efetuar os cálculos e fornecê-los. Os cabos não devem ser danificados por correntes resultantes de curto-circuito a jusante dos mesmos e para tanto devem ser dimensionados através de metodologia adequada. Para facilitar os cálculos, os catálogos contem fórmulas simplificadas, como as apresentadas a seguir, que consideram condutor de cobre.

$I^2 * t = 99 S (mm^2)$  para conexões soldadas (temperatura do condutor - operação: 90° C, curto-circuito: 160° C).

$I^2 * t = 142 S (mm^2)$  para conexões prensadas (temperatura do condutor- operação: 90° C, curto-circuito: 160° C).

Onde:

**I:** corrente de curto-circuito através dos cabos, em amperes;

**t:** duração da corrente, em segundos;

**S:** seção dos cabos, em  $mm^2$

Podemos observar na figura 10.2 uma comparação de um cabo de cobre subterrâneo com um cabo de alumínio aéreo, além de a abertura de valas para enterrar os cabos que fazem parte da obra civil desse tipo de rede.



Figura 10.2 – Cabos e Dutos.

Fonte: AES Eletropaulo.

Informações básicas dos cabos, considerando tensão de isolamento de 8,7/15 kV, podem ser observadas na tabela 2.

Tabela 2 – Exemplo de cabo unipolar estruturado

SEÇÃO NOM. (mm <sup>2</sup> )	DIAM. NOM. COND. (mm)	DIAM. SOBRE ISOL. (mm)	COBERTURA		PESO (kg / km)		CORR. ADMIS. (A)(1)	
			ESPES. NOM. (mm)	DIAM. EXT. (mm)	EPR	XLPE	DUTO ENVELOPADO	
							EPR	XLPE
25	5,95	16,55	1,4	23,5	765	(-)	119	(-)
35	7,00	17,6	1,5	25,0	895	830	143	148
50	8,05	18,65	1,5	26,0	1040	970	169	175
70	9,70	20,30	1,5	27,5	1290	1200	209	214
95	11,45	22,05	1,6	29,5	1590	1500	250	258
120	12,80	23,40	1,7	31,0	1890	1790	285	292
150	14,25	24,85	1,7	32,5	2180	2080	319	328
185	15,90	26,50	1,8	34,5	2580	2470	362	371
240	18,55	29,15	1,8	37,0	3190	3060	421	431
300	20,75	31,35	1,9	39,5	3860	3730	472	482
400	23,10	33,70	2,0	42,0	4710	4570	533	544
500	26,20	36,80	2,1	45,5	5830	5670	600	611

Fonte: Catalogo da PIRELLI

### 2.5.4.3. Isolação

Normalmente, as concessionárias admitem a utilização, nos circuitos primários, de cabos com isolação de borracha etileno-propileno (EPR) ou de polietileno reticulado (XLPE), que devem ser fornecidos de acordo com a NBR- 7286[2], respectivamente.

A definição é feita pelo projetista ou empreendedor, que basicamente leva em consideração a disponibilidade, facilidade de manuseio e os custos correspondentes. Na especificação dos cabos é recomendável, que seja indicado o diâmetro mínimo e máximo sobre a isolação, que são considerados nas definições dos acessórios. O diâmetro mínimo sobre a isolação deve levar em consideração a espessura mínima da isolação especificada nas normas e apresentadas nos catálogos dos fabricantes.

### 2.5.5. Condutor de proteção

Em paralelo com os circuitos primários, as concessionárias especificam, normalmente, a instalação de um condutor de proteção (terra), constituído por um cabo de cobre coberto ou isolado com PVC, cuja seção deve ser igual ou superior ao apresentado na tabela 3.

Tabela 3: Seção do condutor de proteção

Seção dos condutores fase – S - (mm <sup>2</sup> )	Seção mínima do condutor de proteção (mm <sup>2</sup> )
S 16	S
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	95
185	95
240	120
300	150
400	240

Fonte: Catálogo da PIRELLI

### 2.5.6. Acessórios desconectáveis

As derivações, emendas retas com previsão de futuras derivações e as conexões de equipamentos são feitas normalmente com acessórios desconectáveis, que estão disponíveis no mercado considerando as linhas:



- 200 A para operação sem carga;
- 200 A para operação em carga;
- 600 A para operação sem carga.

É importante frisar que as linhas de 200 A para operação com carga e sem carga não são intercambiáveis. Tendo em vista que a linha de 200 A para operação sem carga é produzida e utilizada no Brasil há muitos anos e que as cargas dos empreendimentos dificilmente serão superiores a este valor (200 A), há uma tendência de utilização destas linhas pelas concessionárias nacionais. Os acessórios desconectáveis são fabricados para diversas tensões de isolamento que, conseqüentemente, tem de ser especificadas pelo projetista e compatíveis com o cabo. Para cada uma das linhas mencionadas, há uma série de itens que permitem a execução de montagens correspondentes a conexões de equipamentos, emendas retas ou de derivações, etc. Ilustrações de possíveis montagens com acessórios desconectáveis podem ser observadas nas figuras 11 e 11.1.

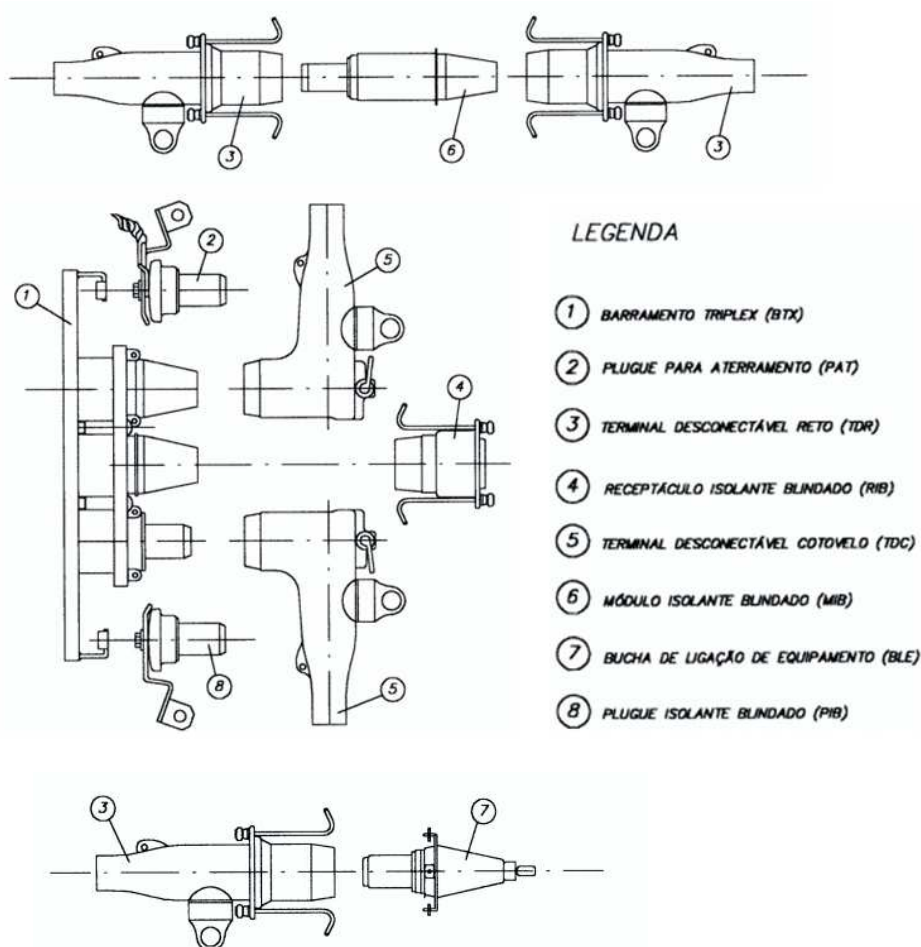


Figura 11: Montagem de acessórios desconectáveis de 200A.

Fonte: <http://www.aeseletropaulo.com.br>

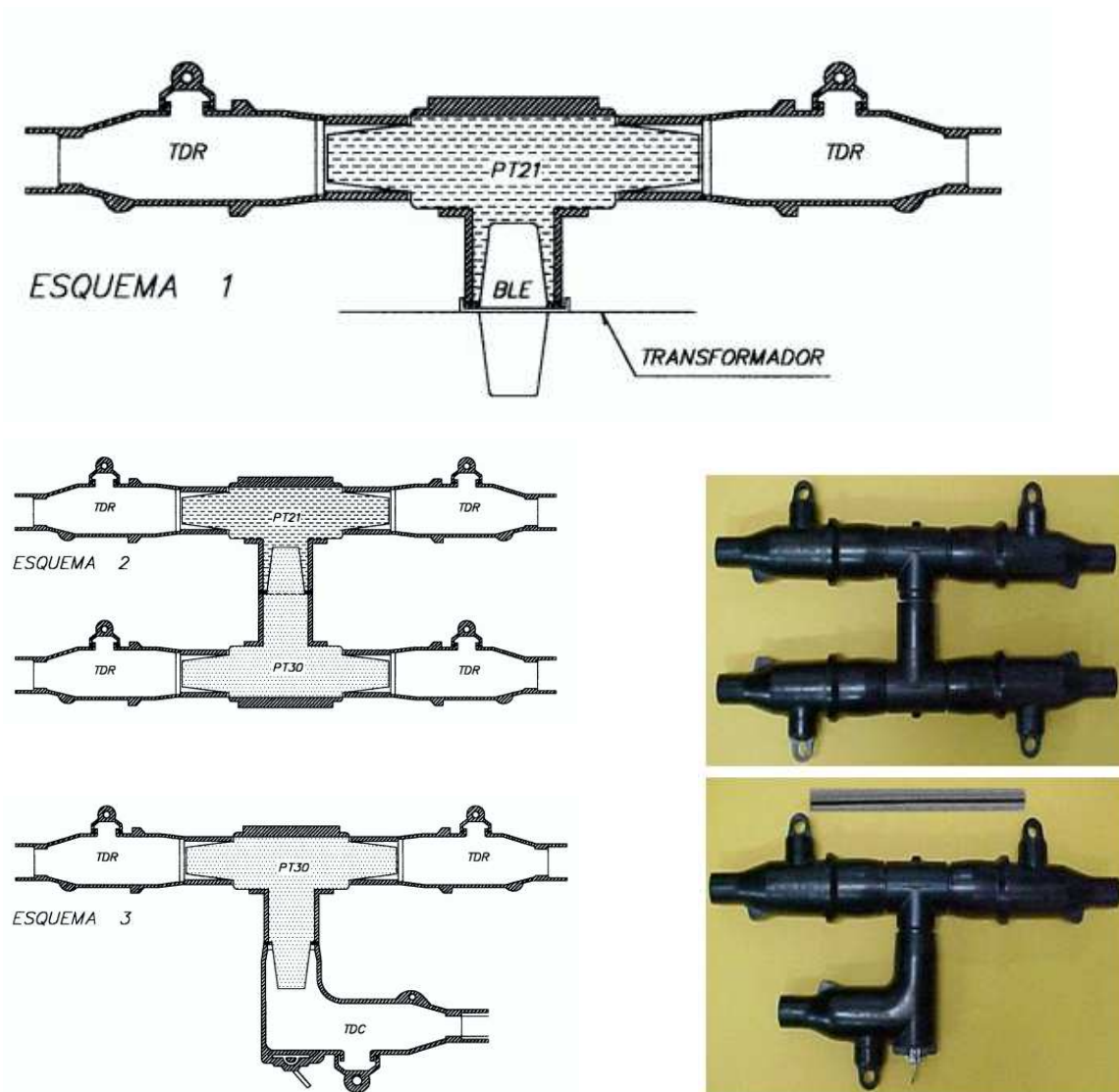


Figura 11.1: Montagem de acessórios desconectáveis de 200A.

Fonte: <http://www.aeseletropaulo.com.br>

Os terminais desconectáveis cotovelo (TDC) e reto (TDR) devem ser especificados considerando o diâmetro sobre a isolação e o material (Cu ou Al) e seção do condutor. Caso seja utilizada a linha de 600 A, deve ser considerado o diâmetro sobre a isolação para os adaptadores, e material e seção do condutor, para os conectores. É importante frisar que as faixas de utilizações dos desconectáveis variam em função dos fabricantes. As concessionárias normalmente têm linha de operação sem ou com carga, tensão de isolamento, materiais e estruturas padronizadas, que devem ser utilizadas pelos projetistas.

### **2.5.7. Terminal**

Nas extremidades dos cabos primários, nos postes de transições, devem ser instalados terminais unipolares para uso externo, cuja tensão de isolamento deve ser compatível com a dos cabos. Estes terminais normalmente são do tipo modular, contrátil a frio ou termocontrátil.

A especificação dos terminais deve considerar o cabo onde o mesmo será instalado a seção e material do condutor, diâmetro sobre a isolação e atender à norma correspondente. As informações adicionais referentes a terminais externos, que são específicas para cada tipo, podem ser obtidas junto aos fabricantes.

### **2.5.8. Emenda reta fixa**

Em poços de inspeção ou caixas, onde não há derivações ou previsões de derivações, podem ser utilizadas emendas retas fixas simétricas, unipolares, enfaixadas ou termocontráteis, cuja classe de tensão deve ser compatível com a do sistema. As emendas retas devem ser especificadas de acordo com o cabo o material e seção do condutor, diâmetro sobre a isolação e atender à especificação.

### **2.5.9. Indicador de defeito**

Indicadores de defeito, que são dispositivos que podem sinalizar a passagem de correntes de defeito, na eventualidade de ocorrência das mesmas, devem ser instalados em poços de inspeção ou outros locais, de maneira a facilitar a localização de defeitos. Os critérios para utilização dos mesmos são variáveis, sendo que, pode se considerar a distância máxima entre 2 indicadores de defeito igual a 300 metros e a instalação de indicadores de defeito após cada derivação, sendo transformador ou ramal.

## **2.6. TRANSFORMADOR PEDESTAL**

Transformadores em pedestal, são utilizados desde a década de 60 nos EUA e em outros países, começaram a ser fabricados recentemente no Brasil e já constituem uma prática predominante em redes subterrâneas de novos empreendimentos. Face a esta tendência, embora as redes de novos empreendimentos possam, eventualmente, considerar transformadores submersíveis instalados em câmaras ou transformadores em quiosques. Externamente, estes transformadores são semelhantes a uma caixa metálica blindada, sem orifícios ou aberturas que permitam a introdução de fios metálicos ou

outros materiais, e são instalados sobre uma base de concreto, pode-se visualizar na figura 12 a seguir um transformador em pedestal.



Figura 12: Transformador Tipo Pedestal.

Fonte: <http://www.skyscrapercity.com>

Um dos lados do transformador em pedestal há 2 compartimentos, o compartimento de média tensão, onde são conectados os cabos de média tensão através de acessórios desconectáveis e o compartimento de baixa tensão onde são conectados os cabos de baixa tensão através de conectores terminais presos por parafusos.

As portas dos compartimentos, quando o transformador está em operação, são mantidas fechadas através de cadeados e fechos com chaves, normalmente pentagonais ou heptagonais, localizadas no lado de baixa tensão. A abertura do compartimento de média tensão somente poderá ser feita após a abertura do compartimento de baixa tensão e o deslocamento de uma trava interna aos mesmos.

Normalmente a proteção contra sobrecorrente dos transformadores em pedestal é feita, através de fusíveis de expulsão em baionetas e de fusíveis limitadores de corrente imersos em óleo. As baionetas são instaladas internamente ao tanque com uma extremidade soldada em uma abertura na parede, onde esta o compartimento de média tensão do mesmo, sendo que na mesma há um dispositivo que permite substituir o fusível.

Os transformadores em pedestal também são construídos com dispositivos de alívio de pressão que atuam em "expulsão de gases", quando a pressão interna do equipamento supera um valor pré-fixado (0,7 kgf / cm). Estes dispositivos normalmente são eficientes quando o aumento de pressão não é rápido, como os decorrentes de defeitos de altas impedâncias ou sobrecargas, que podem não ser detectados pelos fusíveis, no qual pode evitar a ocorrência de acidentes decorrentes dos mesmos. Normalmente, eles são fornecidos com 3 buchas primárias, que podem ser buchas de ligação de equipamentos ou buchas de cavidade, conhecida como "*bushingwell*". A

utilização de bucha de cavidade pode ser considerada tanto para utilização de acessórios para operação com ou sem carga e, também pode ser considerada para conexão do transformador no fim do circuito ou integrando o mesmo, dependendo dos acessórios a serem acoplados, conforme pode ser observado na figura 12.1.

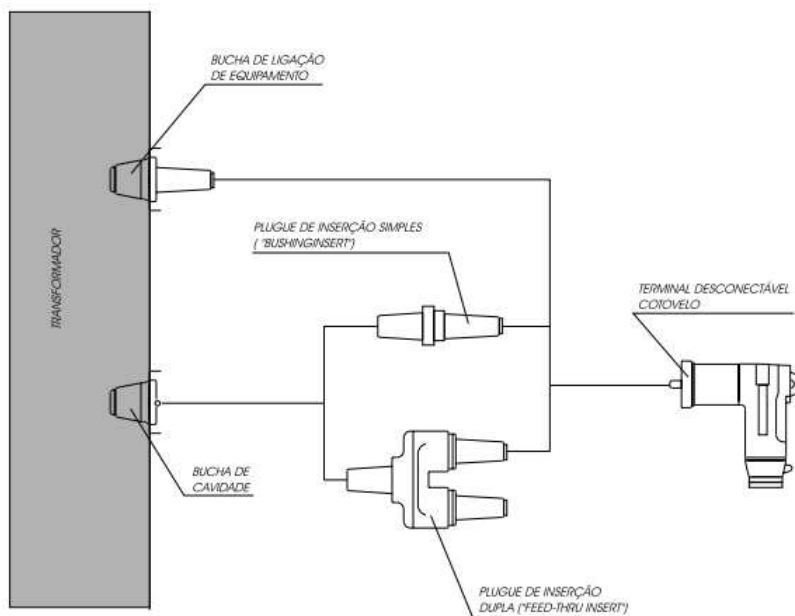


Figura 12.1: Ligação de transformador em pedestal com 3 buchas.

Fonte: <http://www.aeseletropaulo.com.br>

Em alternativa, para utilização do equipamento integrando o circuito, os transformadores podem ser fornecidos com 6 buchas primárias, que podem ser bucha de ligação de equipamento ou bucha de cavidade, sendo que as duas correspondentes a cada fase são interligadas internamente, antes dos fusíveis e enrolamentos. Nestes transformadores, as fases dos circuitos entram por uma bucha e saem por outra.

Comutadores de tensão para operação sem carga também são utilizados, normalmente, visando possibilitar facilidades para eventuais mudanças de taps no próprio local da instalação. Para possibilitar uma manutenção adequada, assim como acompanhar o desempenho dos mesmos, os transformadores em pedestal são construídos com uma série de acessórios, tais como termômetro, manômetro, indicador de nível de óleo, dispositivo para colocação e retirada de óleo. As dimensões básicas dos transformadores em pedestal estão indicadas na figura 12.2, enquanto que algumas características complementares típicas dos mesmos podem ser observadas na tabela 4.

Pot. kVA	Dimensões (mm)			Volume Óleo ( l )	Massa Total ( kg )
	A	C	L		
75	1300	1275	1075	290	1025
150	1450	1275	1145	400	1310
225	1600	1275	1150	500	1705
300	1720	1275	1160	580	1885
500	2100	1570	1220	705	2690

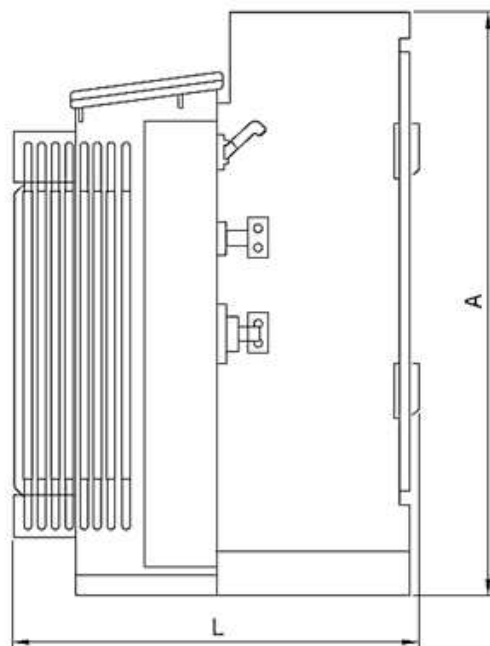


Figura 12.2 – Transformador em pedestal, vista lateral, dimensões e pesos.

Fonte: <http://www.rge-rs.com.br>.

Tabela 4: Características complementares dos Transformadores em pedestal.

Potência Nominal (kVA)	Nível Básico de Isolação (kV)	Corrente de Excitação (%)	Perdas (W)		Tensão de curto circuito 75 ° C (%)
			Vazio	Total	
75	95	3,4	390	1530	3,5
150	95	2,9	640	2550	3,5
225	95	2,6	900	3600	3,5
300	95	2,0	1000	4480	3,5
500	95	1,6	1300	6400	5,0

Fonte: CEMEC

Deverão ser localizados, preferencialmente, em jardins ou ilhas, onde deverá haver espaço para sua instalação ou até mesmo retirado do mesmo através de guindaste, para facilitar o sistema de aterramento e também para execução de possíveis manutenções. Embora não seja obrigatório, o empreendedor, por questões relacionadas com estética ou segurança adicional, poderá colocar uma proteção metálica, como uma tela, por exemplo, ou até mesmo plantar folhagens, que formam uma cerca viva paralela, como faz o Condomínio Quintas da Baronesa, na qual é atendido pela Empresa

Elétrica Bragantina S/A, considerando que as mesmas não impeçam o acesso às portas dos compartimentos ou a execução das manutenções preventivas, sendo para tanto é aconselhável considerar distâncias livres mínimas de 700 mm, nas laterais e fundo, e 800 mm, na frente, pois geralmente a concessionária não se responsabiliza pelos danos em eventuais manutenções.

### 2.6.1 Proteção Contra Sobrecorrentes

Os transformadores em pedestal geralmente são fabricados com dispositivos de proteção contra sobre Corrente internos ao mesmo. No Brasil considera-se, normalmente, a utilização de fusíveis de expulsão em baionetas em série com fusíveis limitadores de corrente instalados internamente ao tanque, estes fusíveis devem operar para detectar defeitos internos aos transformadores e sua substituição depende de abertura do tanque selado, que somente pode ser feita nas oficinas. Os catálogos dos fabricantes normalmente apresentam tabelas com os fusíveis recomendados para utilização nos transformadores, nos quadros de distribuição, são utilizados fusíveis NH de baixas perdas com características de "corte". A coordenação da atuação dos dispositivos de proteção contra sobre correntes pode ser visualizada, baseando-se no diagrama unifilar simplificado da figura 12.3 logo abaixo.

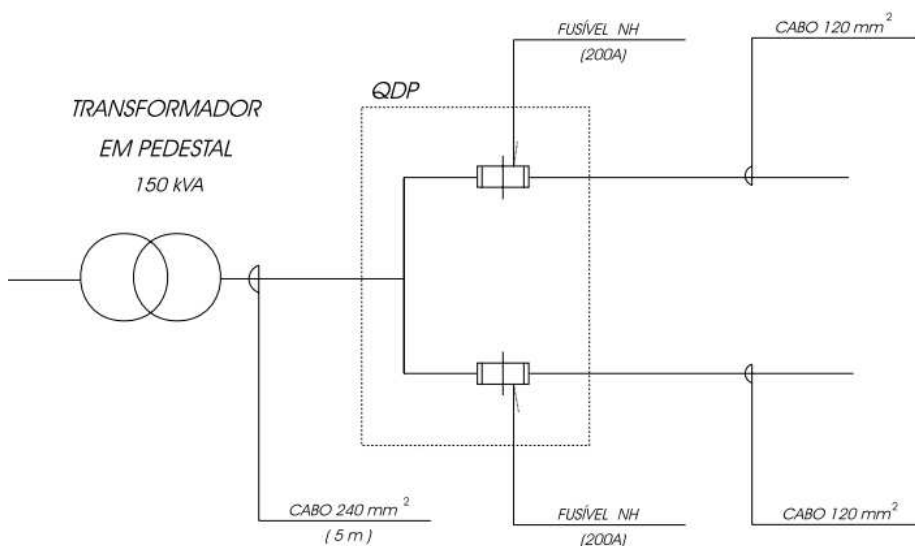


Figura 12.3 – Diagrama unifilar simplificado.

Fonte: Manual da Empresa Elétrica Bragantina S/A.

## 2.7. REDE SECUNDÁRIA SUBTERRÂNEA

### 2.7.1. Configuração básica

Os circuitos secundários são normalmente radiais, trifásicos a 4 fios e instalados diretamente enterrados ou em dutos. Um esquema unifilar simplificado, correspondente à rede secundária subterrânea típica para loteamentos residenciais está apresentado na figura 13.

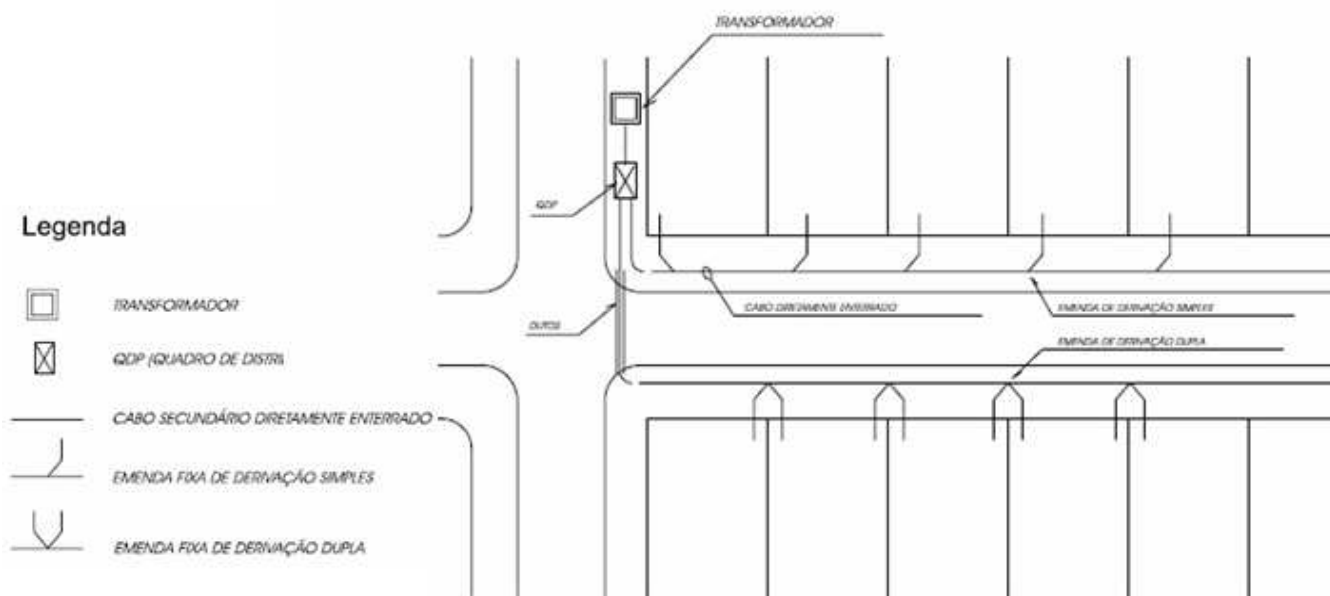


Figura 13 – Diagrama unifilar da rede secundária subterrânea.

Fonte: Manual da Empresa Elétrica Bragantina S/A.

Os circuitos secundários são localizados normalmente nas calçadas dos empreendimentos e instalados diretamente enterrados ou em dutos, podendo ser envelopados em concreto ou diretamente enterrados. As concessionárias nacionais consideram padrões distintos de cabos, para empreendimentos edificados, cabos quadriplexados sem armação e para empreendimentos não edificados cabos quadripolares com armação (fita de aço plana ou corrugada), ambos são diretamente enterrados e nas travessias de vias públicas cabos instalados em dutos.

Os ramais de ligações deverão ser normalmente derivados de circuitos secundários localizados nos passeios, em frente dos lotes dos consumidores e instalados em dutos. Nos empreendimentos não edificados, os ramais de ligação, geralmente, serão



instalados quando os consumidores solicitarem as ligações, sendo que os custos correspondentes são de responsabilidade dos mesmos.

As concessionárias nacionais utilizam normalmente cabo do neutro com seção igual a dos cabos das fases, mas empresas de outros países empregam seções do neutro baseada na tabela 5 logo a baixo. Os esquemas de proteção e manobras dos circuitos secundários, normalmente empregados pelas concessionárias são distintos, considerando chaves seccionadoras para operação em carga nos transformadores, chaves fusíveis tripolares para operação em carga ou disjuntores instalados em quadros de distribuição em pedestal, ou em alguns casos ligações diretas dos consumidores.

Tabela 5 – seção do condutor neutro.

Seção dos condutores fase – S - (mm <sup>2</sup> )	Seção mínima do condutor neutro (mm <sup>2</sup> )
S 16	S
25	25
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Fonte: Catalogo da PIRELLI

### 2.7.2. Cabo secundário

Nas redes secundárias subterrâneas, são utilizados normalmente cabos de tensão de isolamento 0,6/1 kV, com condutores de cobre e isolamento de XLPE, podendo ser armados ou não. Os cabos sem armação podem ser considerados com ou sem cobertura

de PVC, de acordo com as NBR 7287 [2] ou NBR 7285 [2], respectivamente. Normalmente, estes cabos são multipolares (bipolar, tripolar, quadripolar) e os não armados unipolares, podendo neste caso ser adquiridos nesta forma ou multiplexados (biplexados, triplexados, quadriplexados), com pode-se visualizar na figura 13.1.



Figura 13.1 – Tipos de cabos elétricos de potência em baixa tensão.

Fonte: <http://www.ipce.com.br>

Sendo que as seções dos cabos secundários são definidas em função das correntes previstas de operação e de curto-circuito, para as quais são válidas as considerações feitas para os cabos primários. Nas definições também é importante levar em consideração os valores máximos admissíveis de quedas de tensão, que são especificados pelas concessionárias (de 3 % a 5 %), com parâmetros de resistências, reatâncias e coeficientes de quedas de tensão, que podem ser utilizados nos cálculos de queda de tensão, como ser obtidos nos catálogos dos fabricantes. Estão apresentadas na tabela 6 informações básicas adicionais referentes a cabos com condutores de cobre, isolamento de XLPE e tensão de isolamento 0,6/1 kV.

Tabela 6 – cabo de baixa tensão (Cu, XLPE, 0,6/1 kV) sem cobertura e sem armação.

Seção Nom. (mm <sup>2</sup> )	Condutor		Espessura nominal (mm)		Cabo $\phi_{ext-nom}$ (mm)	Peso (kg / km)	Corrente (A)(1)		Fator queda tensão cabo em trifólio (V/A km)	
	$\phi_{nom}$ (mm)	Resist. ôhmica a 20 °C ( $\Omega/km$ )	Isolação	Cobertura			Duto	Diret. enter.	FP= 0,80    FP = 0,95	
10	3,70	1,8300	1,60	s/c	7,20	115	61	99	3,20	3,70
			0,70	1,00	7,60	130	62	97	3,20	3,70
16	4,69	1,1500	1,60	s/c	8,20	175	80	127	2,00	2,30
			0,70	1,00	8,60	190	81	125	2,00	2,30
25	5,89	0,7270	1,60	s/c	9,40	260	105	164	1,31	1,49
			0,90	1,10	10,50	290	107	160	1,32	1,49
35	6,94	0,5240	1,60	s/c	10,50	350	127	196	0,97	1,09
			0,90	1,10	11,50	385	129	192	0,98	1,09
50	8,03	0,3870	2,00	s/c	12,50	480	154	230	0,75	0,82
			1,00	1,10	13,00	505	155	226	0,75	0,82
70	9,65	0,2680	2,00	s/c	14,00	670	192	282	0,55	0,58
			1,10	1,20	15,00	715	193	277	0,55	0,59
95	11,40	0,1930	2,00	s/c	16,00	915	233	337	0,42	0,43
			1,10	1,30	17,00	970	236	332	0,43	0,44
120	12,75	0,1530	2,40	s/c	18,00	1160	269	382	0,36	0,36
			1,20	1,30	18,50	1210	270	377	0,36	0,36
150	14,20	0,1240	2,40	s/c	19,50	1420	305	429	0,31	0,30
			1,40	1,14	20,50	1490	307	422	0,31	0,30
185	15,85	0,0991	2,40	s/c	21,00	1750	347	484	0,26	0,25
			1,60	1,40	22,50	1840	350	477	0,27	0,25
240	18,20	0,0754	2,40	s/c	23,50	2280	407	560	0,22	0,20
			1,70	1,50	25,50	2400	411	552	0,23	0,21
300	20,40	0,0601	2,80	s/c	26,50	2860	463	628	0,20	0,18
			1,80	1,60	28,00	2980	466	620	0,21	0,18
400	23,10	0,0470	2,80	s/c	29,00	3620	525	707	0,18	0,15
			2,00	1,70	31,50	3790	530	699	0,19	0,15
500	26,10	0,0366	2,80	s/c	32,00	4620	589	787	0,16	0,13
			2,20	1,70	35,00	4840	597	782	0,17	0,14

Fonte: Catálogo da PIRELLI

### 2.7.3. Quadro de Distribuição em Pedestal - QDP

Para proteção contra sobrecorrentes e para execução de manobras, ligar ou desligar circuito para ligação ou modificação de instalação dos consumidores, diversas concessionárias nacionais consideram a utilização de chaves fusíveis verticais, que são fusíveis situados em um mesmo eixo vertical, sendo tripolares para abertura em carga, instaladas em quadros de distribuição (QDP) localizados nas proximidades dos transformadores.

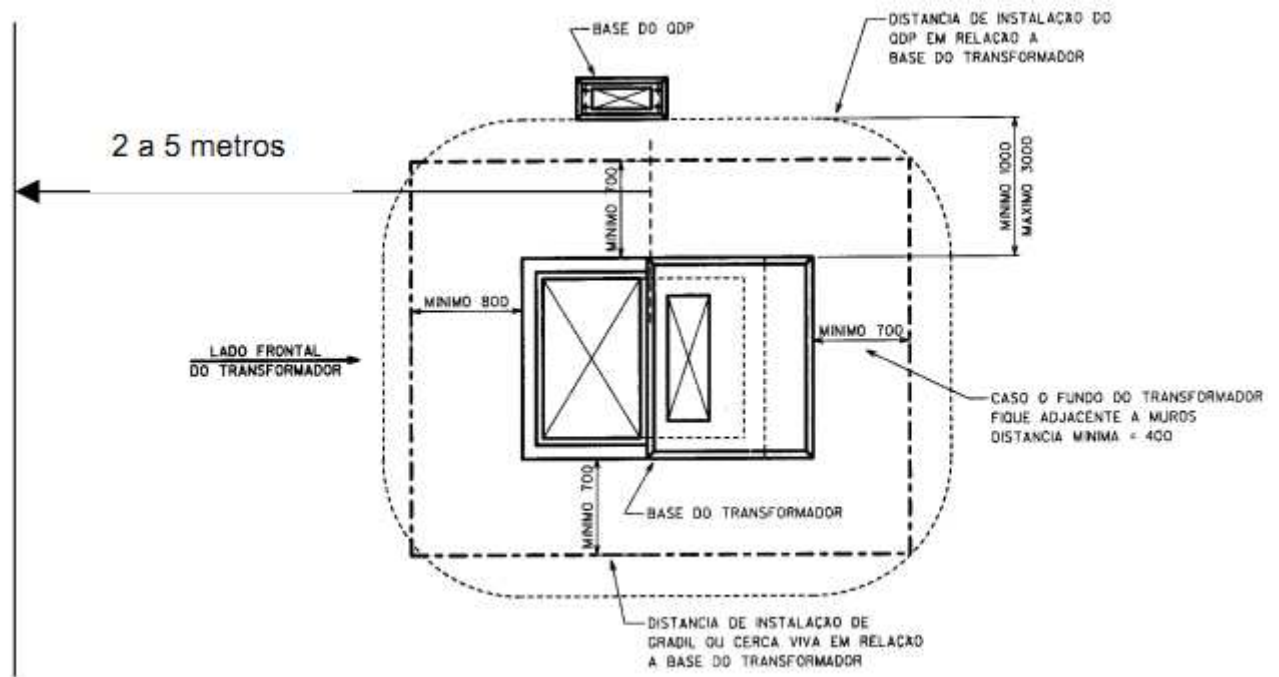


Figura 13.2 - Quadro de Distribuição em Pedestal

Fonte: <http://www.aeseletropaulo.com.br>

Tal como o mostrado anteriormente na figura 13.2, os quadros de distribuição são, instalados normalmente próximos dos transformadores, sendo aconselhável considerar as distâncias indicadas no projeto e alimentados diretamente por eles, através de conexões diretas, podendo ter número de chaves variáveis em função da rede secundária. Normalmente, instala-se uma chave para cada circuito secundário ou ramal de ligação exclusivo, com cargas acima de determinados valores especificados pela concessionária. As chaves são conectadas em barramentos internos aos QDP's, que deverão ter suas capacidades nominais e de curto-circuito especificadas pelo projetista.

Na definição da localização dos QDP's devem ser consideradas diversas premissas, sendo recomendável que os mesmos sejam instalados, preferencialmente em praças, ilhas ou calçadas ou em locais que permitam facilidade de instalação ou até mesmo retirada do mesmo, de maneira a atender a distância mínima estabelecida, por exemplo, nas instalações em calçadas é aconselhável mínimo de 30 cm, já em locais com espaços livres à frente que possibilitem manutenção e operação adequada o mínimo aconselhável é de 1 m.

### 2.7.4. Emenda secundária

Nos circuitos secundários podem ser utilizadas, emendas retas fixas enfaixadas, termocontráteis ou contráteis a frio e emenda de derivação fixa com conector tipo C, para cabos unipolares, mostrada no desenho da figura 13.3, emenda de derivação fixa para cabos quadripolares e emenda de derivação desconectável, utilizando barramentos múltiplos isolados.

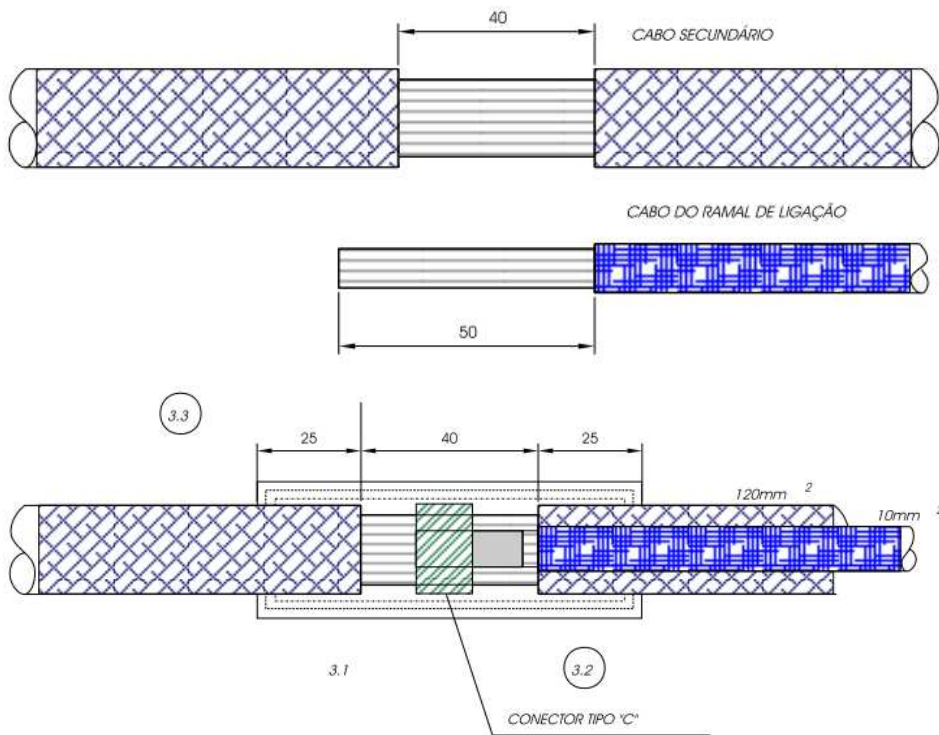


Figura 13.3 – Emendas unipolares com conectores tipo “C”.

Fonte: Manual da Empresa Elétrica Bragantina S/A.

## 2.8. ATERRAMENTO

Todas as emendas, fixas ou desconectáveis, devem ser aterradas nos poços de inspeção ou caixas de passagem que, em suas construções, devem considerar instalações de hastes de aterramento, de acordo com o especificado pela concessionária. Os transformadores em pedestal, também devem ser aterrados e, para tanto, pode ser considerado, por exemplo, o esquema que está apresentado na figura 14 logo abaixo.

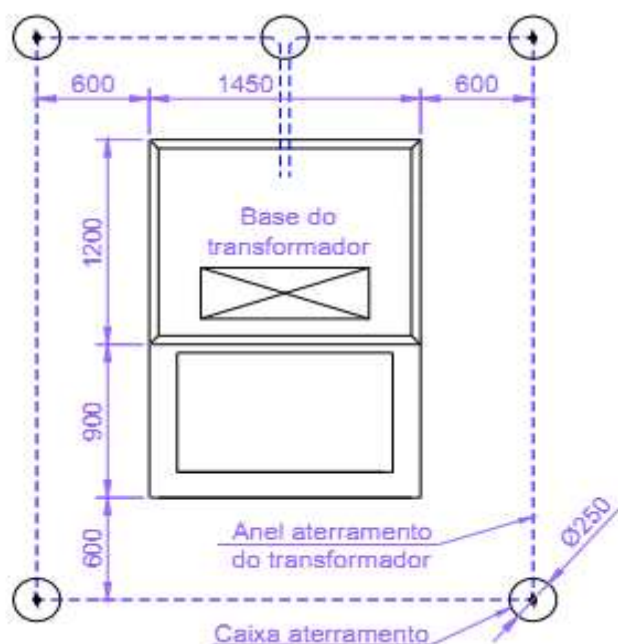


Figura 14 – Esquema simplificado de aterramento.

Fonte: <http://www.rge-rs.com.br>

Estabelecendo que os transformadores em pedestal devam ter seus aterramentos feitos considerando seu condutor de aterramento ( $120 \text{ mm}^2$  de cobre, coberto), a haste (*coperweld*), o conector tipo "wrench-lok" e as caixas de inspeção. A resistência de aterramento admissível, tanto nos poços de inspeção como nas instalações dos transformadores, não deverá ser superior a 25 ohms. Os quadros de distribuição também devem ser aterrados, utilizando o esquema de aterramento dos transformadores, quando localizados próximos aos mesmos.

## 2.9. OBRA CIVIL

### 2.9.1 Generalidades

A instalação de uma rede subterrânea implica na implantação de obras civis, definidas em função de uma série de premissas, que estão apresentadas a seguir, juntamente com algumas de suas características básicas. É importante frisar que o detalhamento destas obras está relacionado com outras premissas e características, constantes de normas específicas.

## 2.9.2. Bancos de dutos

Os bancos de dutos normalmente são utilizados para instalação dos circuitos primários e em travessias, sendo que para definição dos mesmos devem ser considerados:

- dutos de polietileno corrugado flexíveis diretamente enterrados ou dutos de PVC envelopados em concreto, destacando que esta alternativa não é, normalmente, econômica;
- os diâmetros dos dutos devem estar de acordo com os padrões da concessionária;
- os dutos devem ser instalados considerando uma inclinação mínima de 0,05 % em direção as caixas de passagem, poços de inspeção ou bases de transformador, com finalidade de propiciar a drenagem das linhas de dutos e evitar o acúmulo de sujeiras ou água;
- instalação de faixa de advertência 400 mm acima do banco de dutos;
- cada circuito primário e ou secundário instalado em um duto independente, assim como o condutor de proteção (neutro) do circuito primário;
- trechos dos bancos de dutos com comprimentos máximos especificados pela concessionária em função do diâmetro dos dutos e dos cabos a serem instalados no mesmo;
- distância mínima do banco de dutos a outras redes (telefone, gás, água, etc) igual a 300 mm, conforme recomendações;

Outras empresas, correspondentes aos serviços de infraestrutura, poderão exigir distâncias dos mesmos a rede elétrica superior a 300 mm sendo, conseqüentemente, aconselhável consultá-las antes do início do projeto. As distâncias entre os dutos devem levar em considerações os requisitos mínimos estabelecidos pelos fabricantes e os padrões da concessionária, estão apresentados nas figuras 15 e 15.1, dutos envelopados e diretamente enterrados, respectivamente.

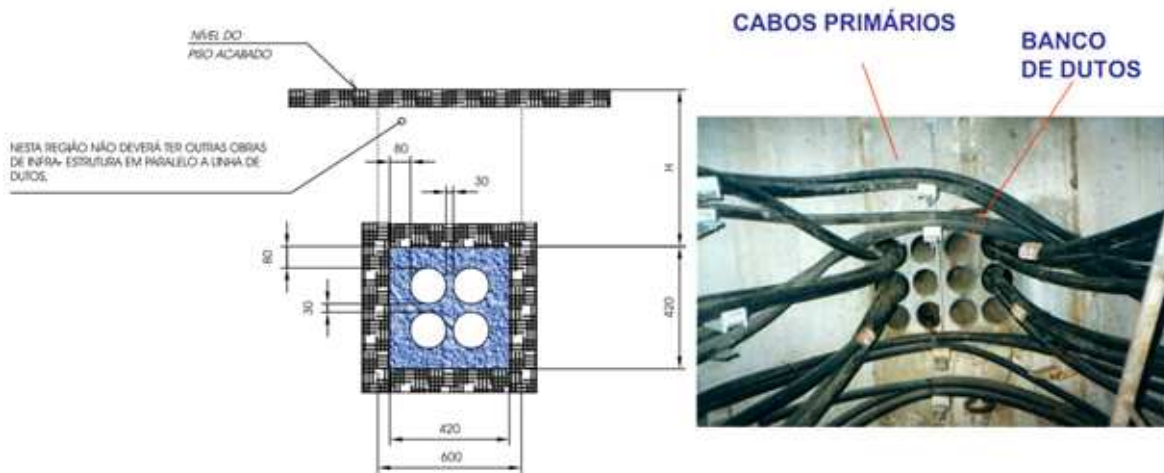


Figura 15 – Banco de dutos de PVC revestidos de concreto.

Fonte: Manual da Empresa Elétrica Bragantina S/A.

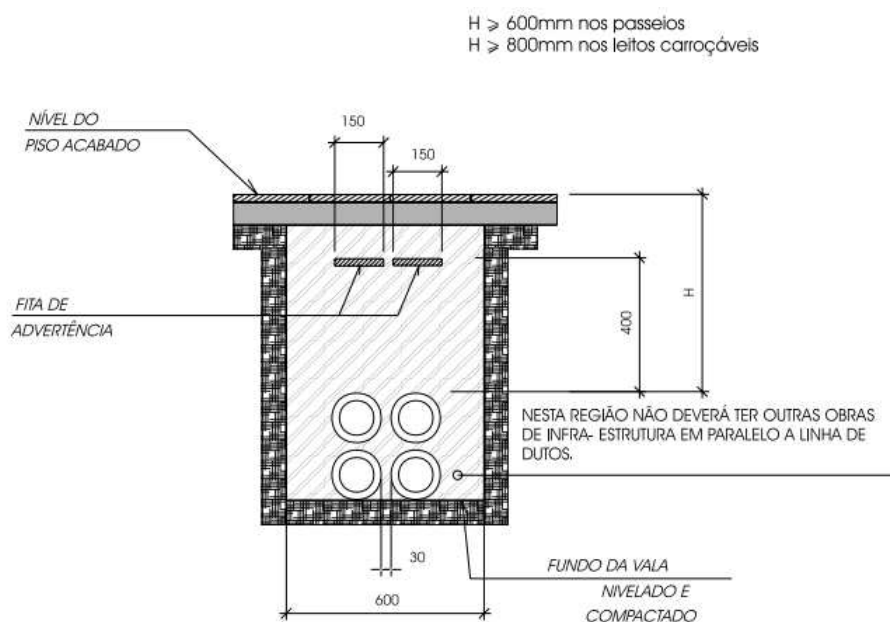


Figura 15.1 – Banco de dutos de polietileno corrugado, diretamente enterrados.

Fonte: Manual da Empresa Elétrica Bragantina S/A.

### 2.9.3 Abertura ou fechamento de valas

A instalação de cabos diretamente enterrados, não localizados nos leitos das vias públicas, pode ser feita em valas com o leito previamente preparado com terra ou areia limpa e devidamente compactada. Instalado o cabo sobre o leito previamente preparado, a vala deve ser preenchida com terra ou areia escolhida e peneirada até, pelo menos, 200 mm acima dos cabos, compactando-se continuamente até o topo. Acima dos cabos, a



uma altura de 400 mm, deve ser colocada uma fita de advertência. Quando necessário, poderão ser instalados, em uma mesma vala e um mesmo nível, 2 ou mais circuitos secundários, com espaços e distâncias entre os "centros" dos cabos de, no mínimo, 150 mm. Nenhuma rede dos serviços de infraestrutura (água, telefone, gás, etc.) pode ser construída em uma faixa considerando 300 mm de cada lado dos cabos dos circuitos secundários. Qualquer cruzamento de linhas destes serviços com cabos secundários diretamente enterrados deverá considerar uma distância mínima de 300 mm.

#### **2.9.4. Caixas de passagem**

Para limitar o comprimento dos trechos com bancos de dutos, em locais não sujeitos a manobras, podem ser construídas caixas subterrâneas, com tampão único de concreto. Considera-se algumas características estabelecidas para sua utilização, como a desnecessidade a utilização de tampões de ferro para entrada de pessoal, visto que a sua necessidade será limitada a condição específica, podem ser construídas em concreto moldado no local ou serem pré-fabricadas, tendo altura suficiente para possibilitar a entrada e saída dos bancos de dutos. A forma e dimensões das caixas são especificadas em função dos cabos que passarão pela mesma, juntamente com os respectivos acessórios, sendo que para pequenas seções (até 70 mm<sup>2</sup>) geralmente podem ser utilizadas caixas com 1,5m x 1,0m, com profundidade compatível com as canalizações de entrada e saída.

Um desenho ilustrativo destas caixas de passagem está apresentado nas figuras 15.2, onde pode ser observada a existência de gavetas nas extremidades das caixas, que facilitam a execução das curvas dos cabos, que devem considerar o raio de curvatura igual ou superior ao mínimo especificado na norma NBR 9511. Para evitar problemas para a entrada de pessoal, caso necessário, recomenda-se evitar a instalação de caixas de passagem em frente a garagens ou locais onde a interdição dos mesmos implique em transtornos indesejáveis.

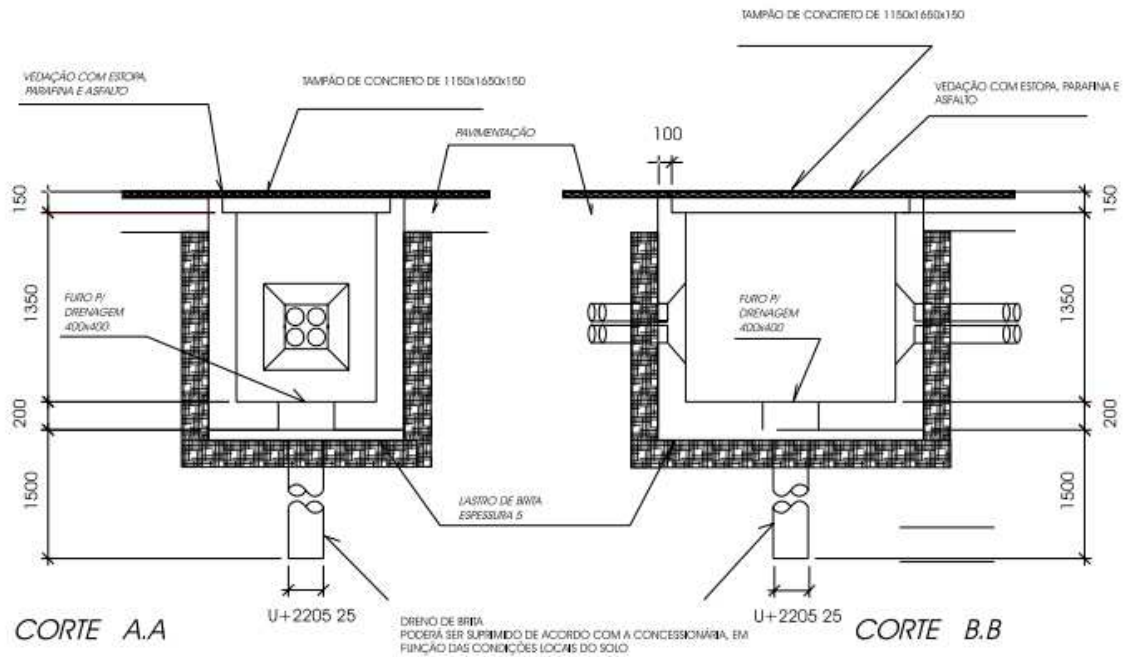


Figura 15.2 – Caixa de passagem (1,50m x 1,00m).

Fonte: Manual da Empresa Elétrica Bragantina S/A.

### 2.9.5 Poços de inspeção - PI

Em locais previstos para utilização de acessórios desconectáveis ou para passagem de alimentadores para seção igual ou superior a  $240 \text{ mm}^2$ , que serão utilizados para execução de inspeções ou manobras, em condições normais ou de emergências, como localização de defeito, isolar trecho com defeito, dentre outros, deverão ser utilizados poços de inspeção, que são caixas subterrâneas, com tampões no teto que facilitem a entrada e saída de pessoal. A altura destes poços de inspeção deve ser especificada considerando a movimentação de um homem em seu interior, sendo normalmente adotados 1,90 m ou mais.

Como um exemplo, tem 2 tipos de poços de inspeção padronizados, pela AES Eletropaulo, a saber, como os para instalação de até 2 ramais primários ( $70 \text{ mm}^2$ ), considerando um destes circuitos com uma ou duas derivações através de desconectáveis e o outro com emenda fixa ou sem emenda, conforme mostra as figuras 15.3 e 15.3.1 e o outro para instalação de acessórios de alimentadores ( $240 \text{ mm}^2$  ou mais), limitando-se ao máximo como podemos visualizar na figura 15.4. Também podem ser utilizados para instalação de chaves seccionadoras sendo que, nestes casos, devem ser feitas alterações nos tetos dos mesmos para possibilitar a instalação e retirada

dos equipamentos, conforme pode ser observado na figura 15.5. O "gargalo" na parte superior dos poços de inspeção, cuja dimensão está indicada como variável deve ser reduzida ao mínimo possível para que seja compatível com as condições do projeto.

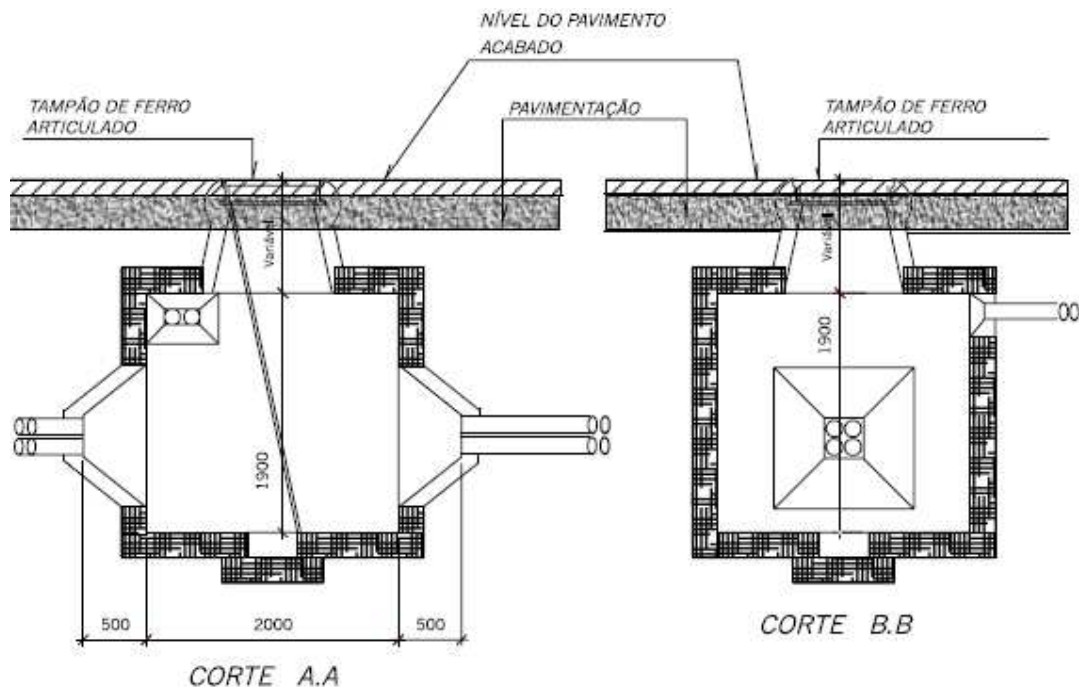


Figura 15.3 – Poço de inspeção (2,00m x 2,00m).

Fonte: Manual da Empresa Elétrica Bragantina S/A.



Figura 15.3.1– Poço de inspeção pré-moldado.

Fonte: AES Eletropaulo

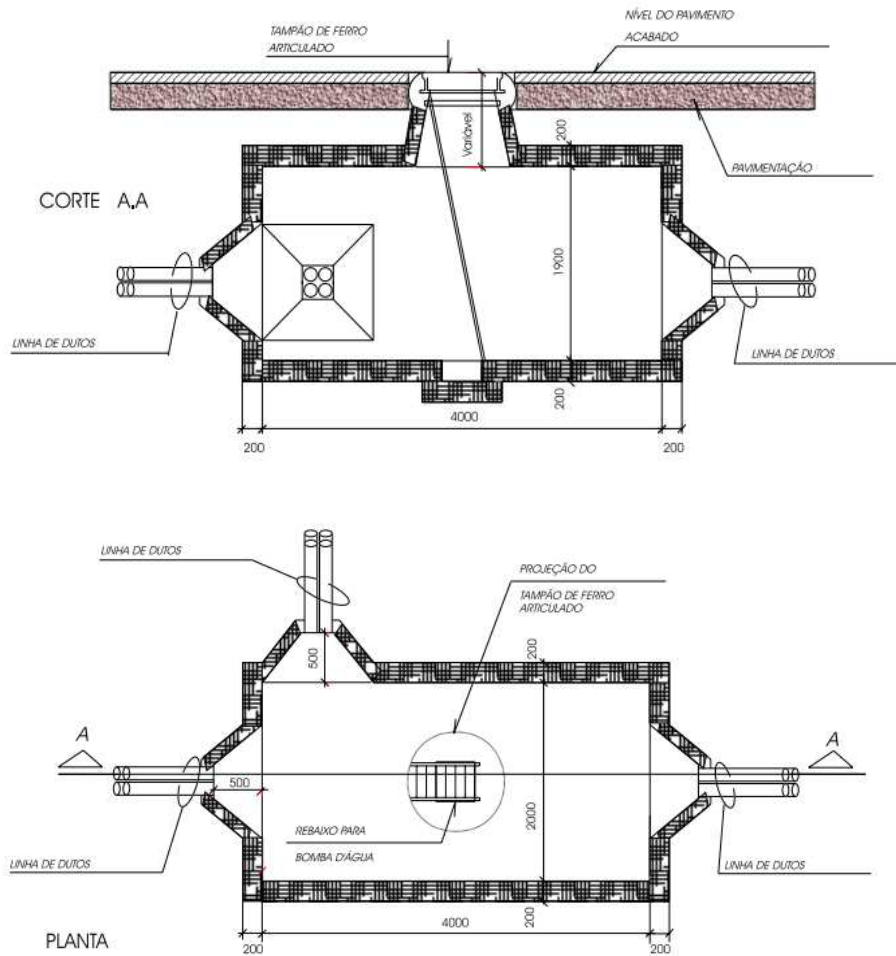
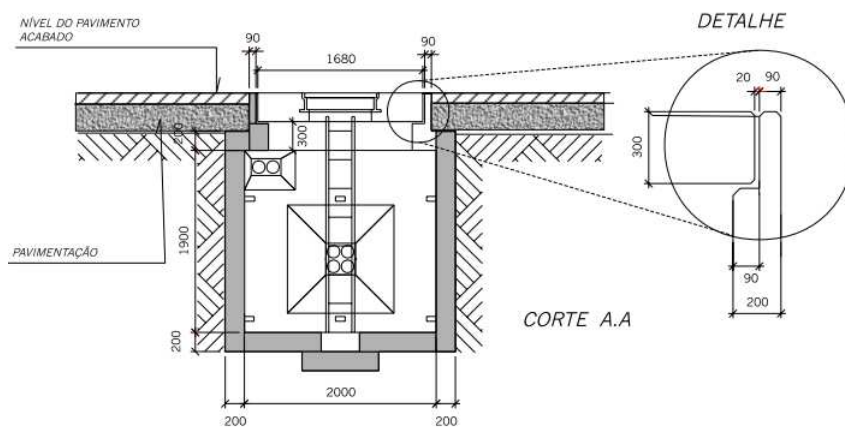


Figura 15.4 – Poço de inspeção (4,00m x 2,00m).

Fonte: Manual da Empresa Elétrica Bragantina S/A.



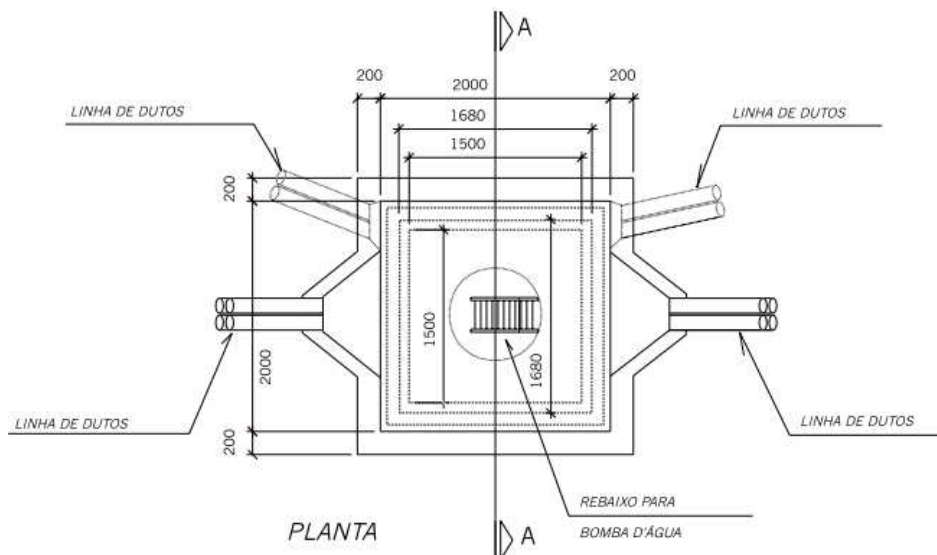


Figura 15.5 – Poço de inspeção modificado (2,00m x 2,00m).

Fonte: Manual da Empresa Elétrica Bragantina S/A.

### 2.9.6 Base para transformador em pedestal

Os transformadores em pedestal devem ser instalados sobre bases de concreto dimensionadas considerando-se:

- largura e comprimento que possibilitem alojar toda a base do transformador, são recomendáveis considerar as dimensões fornecidas pelo fabricante acrescidas de uma folga de cerca de 100 mm;
- altura da base de cerca de 200 mm;
- abertura para entrada dos cabos correspondentes a superfície inferior dos compartimentos de média e baixa tensão;
- espaços necessários para puxamento dos cabos (Nota: dependendo do comprimento do trecho de cabo pode ser recomendável a utilização de uma "caixa subterrânea" na frente da base).

Um desenho correspondente a uma base de transformador em pedestal pode ser observado na figura 15.6.

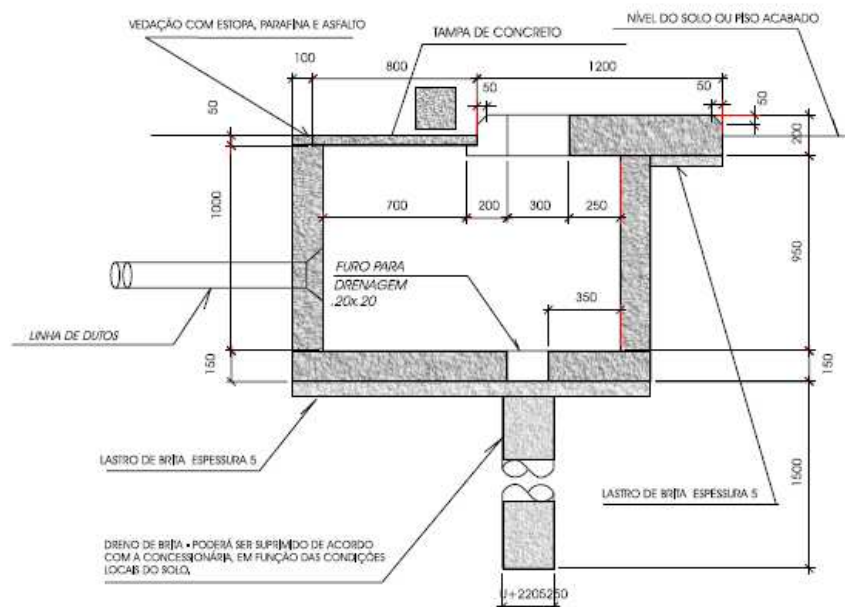


Figura 15.6 – Base de transformador em pedestal.

Fonte: Manual da Empresa Elétrica Bragantina S/A.

### 2.9.7. Base de quadro de distribuição em pedestal

Os quadros de distribuição em pedestal podem ser instalados sobre bases de concreto dimensionadas considerando-se:

- largura e comprimento que possibilitem alojar toda a base do quadro;
- altura da base de cerca de 200 mm;
- abertura para entrada e saída dos cabos, sendo que dependendo do comprimento do trecho de cabo pode ser recomendável a utilização de uma "caixa subterrânea" na frente da base.

Um desenho correspondente a uma base de quadro de distribuição em pedestal pode ser observado na figura 15.7.

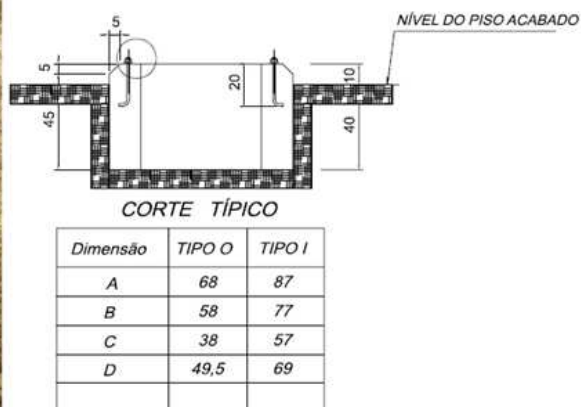


Figura 15.7 – Base de concreto para quadro de distribuição em pedestal (QDP).

Fonte: Manual da Empresa Elétrica Bragantina S/A.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Projeto Básico

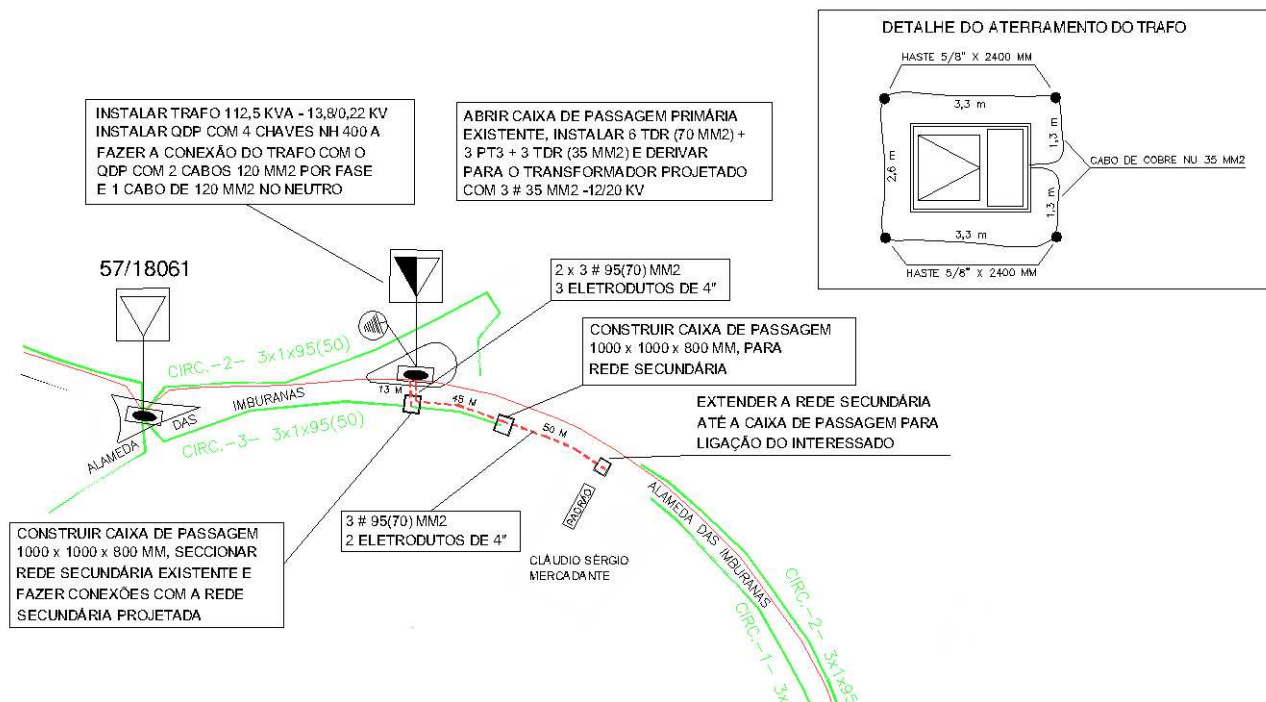


Figura 17 – Projeto realizado para a extensão da rede subterrânea de um Loteamento.

Fonte: Empresa Elétrica Bragantina S/A.

Com a implementação do projeto que pode ser observado através da figura 17, contamos com a instalação de 1 transformador tipo pedestal 112,5 kVA - 13,8/0,22 kV mais a extensão de 108 metros de rede secundária 127/220V e instalação de 1 QDP com chaves NH. Observando que todos os dados para a implantação desta obra estão destacados diretamente no projeto, para que na hora da construção não ajam dúvidas quanto a sua realização. O projetista tem que ser bem detalhista na hora de projetar, pensar em todos os detalhes seguindo as Normas da Concessionária e verificando a melhor forma de atender as necessidades dos clientes.

Também se podem averiguar através da tabela 7 todos os materiais e serviços necessários para a realização da obra projetada a cima, assim como a descrição dos mesmos, quantidade e custo unitário de cada um deles. Na mesma tabela concluiu-se o

valor final do custo total deste projeto. Onde nota-se o alto custo desta obra, mas como se observou durante todo o trabalho tal resultado já era esperado.

Tabela 7 – Materiais e Serviços do Projeto realizado para a extensão da rede subterrânea.

<b>Material</b>	<b>Quant.</b>	<b>V. Unit</b>	<b>Total</b>
CONECTOR PAR FEN SEP 1AWG-250MCM/8AWG	8,00	5,68	45,44
FITA ISOL BT PVC BR 750V 19X20M	3,00	2,50	7,50
QUADR DIST PED AC0,6KV 1600A 25KA 6CFU	1,00	11.160,00	11.160,00
ABRACADEIRA ACO GALV UNHA CABO 25MM <sup>2</sup>	20,00	1,10	22,00
ABRACADEIRA PA 3MM 250X7MM PT	1,00	26,00	26,00
ARRUELA LISA CIRC LT POL 13,5X28X2MM	20,00	1,50	30,00
BARRA CHATA COBRE ELETR 9,52X50,5X1000MM	1,00	360,00	360,00
CABO CU MOLE 120MM <sup>2</sup> 0,6~1kV PVC PT	60,00	29,00	1.740,00
CABO CU MOLE 35MM <sup>2</sup> 12~20kV XLPE PT BLI	20,00	20,00	400,00
CABO CU MOLE 70MM <sup>2</sup> 0,6~1kV PVC PT	140,00	17,00	2.380,00
CABO CU MOLE 95MM <sup>2</sup> 0,6~1kV PVC PT	420,00	20,99	8.815,80
CABO CU NU MDURA 35MM <sup>2</sup> 19FIOS	5,00	25,00	125,00
CHUMBADOR ACO EXP GALV M6 X 1,0 X 35MM	15,00	1,80	27,00
CHUMBADOR ACO EXP S/PARAF GALV M12	30,00	3,50	105,00
CON CUNHA ATER CU 160X25MM <sup>2</sup>	6,00	5,84	35,04
CONECTOR PAR FEN SEP 2-2/0AWG/10-2/0AWG	10,00	13,00	130,00
ELETRODUTO NAO MET MANG CORRUG POLIET 4"	270,00	4,10	1.107,00
FITA ISOL ADVERT AT POL AM S/NIV 100X50M	130,00	0,34	44,20
FITA ISOL ANTICHM PVC PT 750V 19X20M	15,00	6,40	96,00
FITA ISOL AUTOFUSAO BO PT 1000V 25X3M	10,00	73,53	735,30
FITA ISOL AUTOFUSAO EPR PT 750V 19X10M	8,00	7,40	59,20
FITA ISOL BT PVC AZ 750V 19X20M	3,00	3,55	10,65
FITA ISOL BT PVC VM 750V 19X20M	3,00	2,50	7,50
FUSIVEL NH RETARDADO 02 250 A 500 V	12,00	19,30	231,60
HASTE ATER SPL ACO CU 16MM 2,4M 50MIC	4,00	14,32	57,28
LENCOL BORR NAT 2.00 M X 1.50 M, 5 MM	2,00	140,00	280,00
PARAF PRIS RED CU ROSC M12X1,75X1.000MM	1,00	122,00	122,00
PARAFUSO CAB SEXTAVADA BZ 6X45MM	10,00	5,10	51,00
PORCA SXT BZ BSF 12MM	0,20	3,00	0,60
SELA PORC 100X75X61MM	20,00	16,80	336,00
SUPORTE CABO AC 2 S PORC 140 DAN HORIZ	4,00	46,00	184,00
SUPORTE CABO AC 3 S PORC 140 DAN HORIZ	4,00	49,00	196,00
SUPORTE VERTICAL AC 914 MM 07 FUROS	4,00	52,51	210,04
TACO FIX CABO FIBRA VIDRO 350X35X45MM 3F	2,00	27,00	54,00
TERMINAL COMPRES CU EST PINO 1F 120MM <sup>2</sup>	0,20	360,00	72,00
TERMINAL COMPRES CU EST PINO 1F 70 MM <sup>2</sup>	0,10	196,70	19,67
TERMINAL COMPRES CU EST PINO 1F 95 MM <sup>2</sup>	0,10	220,00	22,00
TERMINAL DESCONEC COT 25kV 200A 35MM <sup>2</sup>	6,00	295,00	1.770,00
TERMINAL DESCONEC RETO 25kV 200A 35MM <sup>2</sup>	3,00	355,00	1.065,00
TERMINAL DESCONEC RETO 25kV 200A 70MM <sup>2</sup>	3,00	355,00	1.065,00
TERMINAL DESCONEC T 25KV 200A 35MM <sup>2</sup>	3,00	750,00	2.250,00
TF D 3F 15KV 112,5KVA 220/127V 3T PEDEST	1,00	21.200,00	21.200,00



RDS ABERT FECH CAIXA LIGACAO EXIST	2,00	342,23	684,46
RDS ABERT VALA LANC DUTO MT 1,8X0,8M	108,00	24,53	2.649,24
RDS CONFECCE BASE QDP ALVENARIA	1,00	1.967,09	1.967,09
RDS CONFECCE BASE TRAF0 PEDEST ALVENARIA	1,00	3.946,99	3.946,99
RDS CONFECCE CX PASSAG 1X1M ALVENARIA	2,00	2.587,73	5.175,46
RDS INST ATERRAMENTO TRAF0	1,00	684,77	684,77
RDS INST BARRAM LIGACAO TRAF0 QDP	1,00	276,08	276,08
RDS INST CONEC DISPOS DESCONECTAV MT	12,00	354,00	4.248,00
RDS INST QDP BASE PEDESTAL <34,5kV	1,00	1.877,18	1.877,18
RDS INST TRANSF BASE PEDESTAL	1,00	4.365,59	4.365,59
RDS LANCAR CONDUTOR RD BT ELETROD SUBTER	121,00	12,92	1.563,32
RDS LANCAR CONDUTOR RD MT ELETROD SUBTER	10,00	14,27	142,70
RDS LANCAR ELETR RD MT BT VALA ABERTA	260,00	9,55	2.483,00
RDS REFAZ ASFALT RECOMP CAMADA ASFALTICA	8,00	877,61	7.020,88
RDS REFAZ CALCADA RESIDENCIAL PARALELEP	4,00	195,44	781,76
RDS REFAZ GRAM RECOMP GRAMADO	100,00	12,46	1.246,00
<b>Total =</b>			<b>R\$95.767,34</b>

### 3.2. VANTAGENS

A implantação de redes subterrâneas apresenta benefícios associados tanto para a concessionária de energia quanto para a população, com impactos positivos ainda maiores quando estes enterramentos de rede estão associados à reurbanização e à revitalização da localidade. Dentre as vantagens associadas relativamente aos ganhos para a população tem-se:

- Proteção da rede contra tempestades e fenômenos naturais, resultando em menores custos de operação e manutenção corretiva.
- Valorização dos imóveis.
- Aumento do movimento comercial nas regiões.
- Satisfação dos clientes pela qualidade de energia.
- Satisfação das partes interessadas (Copel, comunidade, prefeituras).
- Integração com o meio ambiente, pois não há necessidade de podas e pela baixa poluição visual.
- Redução da gravidade de acidentes envolvendo carros.
- Melhora significativa da acessibilidade das Pessoas Portadoras de Necessidades Especiais (PPNEs).

Podem-se observar alguns locais que já utilizam a rede subterrânea há muito tempo como é o caso do centro da cidade São Paulo.



**Av. 9 de Julho**



**R. Oscar Freire**



**Av. Paulista**



**Av. Brig. Faria de Lima**



**Rua 25 de Março**

### **3.3. COMPARAÇÃO DE SISTEMAS**

Ao comparar o sistema de uma conversão de rede aérea para subterrânea observado na figura 16, é visivelmente surpreendente a mudança no local, esteticamente pode-se notar a largura ampliada da calçadas como o fato da implantação de arborização hurbana que antes não havia com tanto esuto no local, também não podemos deixar de destacar a valorização dos imóveis com a retirada da poluição visual da rua.



















Figura 16 - Conversão da Rua Vitório Fasano.

Fonte: AES Eletropaulo

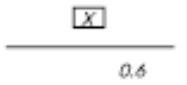
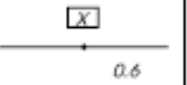
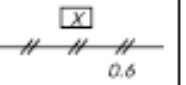




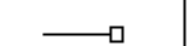

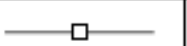
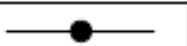
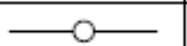

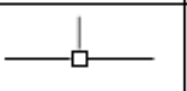

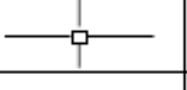
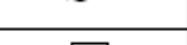
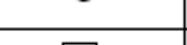
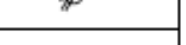




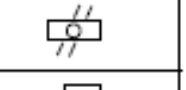
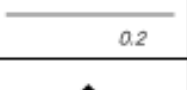
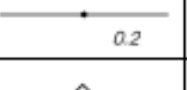
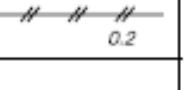
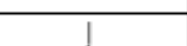
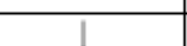

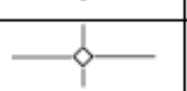


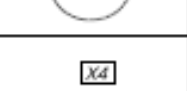
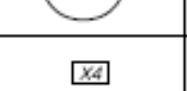
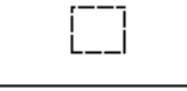

### **3.4. SIMBOLOGIA PARA PROJETO DE REDES SUBTERRÂNEAS**

### 3.4.1. Legendas para projetos de obras civis.

<i>DESCRIÇÃO</i>	<i>PROJETADO</i>	<i>EXISTENTE</i>
<i>CANALIZAÇÃO SUBTERRÂNEA CENTRAL (LINHA DE DUTOS)</i>		
<i>CANALIZAÇÃO SUBTERRÂNEA DE DERIVAÇÃO (LINHA DE DUTOS)</i>		
<i>CANALIZAÇÃO SUBTERRÂNEA-TRAVESSIAS (LINHA DE DUTOS)</i>		
<i>VALAS PARA CABOS DIRETAMENTE ENTERRADOS</i>		
<i>MINI POÇO DE INSPEÇÃO</i>		
<i>CAXA DE PASSAGEM(1.50x1.00m)</i>		
<i>BASE DE PEDESTAL PARA TRANSFORMADOR</i>		
<i>BASE DO QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO EM PEDESTAL</i>		
<i>POSTE</i>		

Fonte: <http://www.aeseletropaulo.com.br>.

### 3.4.2. Legendas para projetos de redes elétricas.

DESCRIÇÃO	PROJETADO	EXISTENTE	RETIRAR
CABO PRIMÁRIO			
TERMINAL EXTERNO DE MT EM POSTE			
TERMINAL DE MT DESCONECTÁVEL			
EMENDA DE MT DESCONECTÁVEL RETA			
EMENDA DE MT FIXA RETA			
EMENDA DE MT DESCONECTÁVEL DE DERIVAÇÃO SIMPLES			
EMENDA DE MT DESCONECTÁVEL DE DERIVAÇÃO DUPLA			
INDICADOR DE DEFEITO			
TRANSFORMADOR EM PEDESTAL COM FUSÍVEIS INTERNOS (2)			
QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO EM PEDESTAL			
CABO SECUNDÁRIO			
EMENDA DE BT FIXA RETA			
EMENDA DE BT DE DERIVAÇÃO SIMPLES			
EMENDA DE BT DE DERIVAÇÃO DUPLA			
POÇO DE INSPEÇÃO			
CAIXA DE PASSAGEM			

Fonte: <http://www.aeseletropaulo.com.br>.

## **4. NOVIDADES DA TECNOLOGIA**

Anualmente realiza-se um Fórum Internacional de Produtos, Serviços e Tecnologias para Redes Subterrâneas de Energia Elétrica, este ano pode contar com a 7ª Exposição, realizado nos dias 20, 21 e 22 de junho de 2011, no Centro de Convenções Frei Caneca, em São Paulo, o qual quem esteve presente pode participar de um *workshop* internacional, além de uma exposição. Evento este realizado anualmente, segundo a revista GTD o encontro tem como objetivo debater o emprego de sistemas de distribuição de energia elétrica mais confiáveis e adequados aos ambientes urbanos, tendo na indústria nacional suporte para atender as principais tecnologias necessárias na implantação das redes subterrâneas.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.**

Conclui-se que apesar de apresentar custo de implantação superior às redes aéreas, as redes subterrâneas são mais vantajosas em relação à confiabilidade do sistema, também apresentam gasto inferior com manutenções, não afetam a poluição visual de cidades, vindo assim a eliminar com o impacto visual que os fios causam nas paisagens de qualquer local, com tudo também contribuem para a conservação do meio ambiente.

O uso da rede subterrânea já é viável em diversas ocasiões, devendo cada caso ser estudado e ter sua viabilidade analisada, visto que, em muitos deles, torna-se vantajoso fazer um investimento mais alto, para depois contar com uma manutenção menos frequente, um sistema de alta confiabilidade sem oferecer riscos para as populações humanas e vegetais da área.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Folha [O Estado de S. Paulo](http://www.estadao.com.br), Disponível em: <http://www.estadao.com.br>. Acesso em julho de 2011.
- [2] ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica; **Resolução nº 24**, Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em abril de 2011.
- [3] PIRELLI. Fios e Postes desapareçam! **Revista Pirelli Club**, n.13, fev. 2001.
- [4] QUEIROZ Levi Góes de. **Análise Regulatória de Alternativas Para Distribuição de Energia Elétrica na Rede Primária em Áreas Urbanas**. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia, Universidade de Salvador. Bahia, 2003.
- [5] VELASCO, Giuliana Del Nero. **Arborização Viária X Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica: Avaliação de Custos, Estudo das Podas e Levantamentos de Problemas Fitotécnicos**. São Paulo: USP, 2003. Dissertação de Mestrado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2003.
- [6] **INFRAESTRUTURA URBANA**, Disponível em: <<http://www.infraestruturaurbana.com.br/solucoes-tecnicas/2/artigo213740-1.asp>>. Acesso em agosto de 2011.
- [7] KAGAN, Nelson et al. **Introdução aos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- [8] ELETROBRÁS. **Centrais Elétricas Brasileiras**. Memória da eletricidade no Brasil. Cronologia da História da energia elétrica no Brasil. 2003. Disponível em: <<http://www.eletrobras.gov.br>>, Acesso em agosto de 2011.
- [9] **Análise de Ferro-ressonância em transformadores em pedestal da Eletropaulo** – Antônio J. Montgeiro, Dolton O. C. Brasil, Eduardo L. Ferrari, Plácido A. Brunheroto, Regina L. Lamy (artigo).
- [10] **AES Eletropaulo** - Disponível em: < <http://www.aeseletropaulo.com.br/>>, Acesso em agosto de 2011.

[11] AGÊNCIA Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. **Nota Técnica ANEEL nº175**. ANEEL, 2008.

[12] **ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 9050**– Acessibilidade a Edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, 2007.

[13] PELOSO Everton Luís e Silva; Boccuzzi, Cyro Vicente. **Redes de Distribuição de Energia**: quem deve pagar por elas — Revista Eletricidade Moderna Fevereiro 2010.

[14] BANDEIRANTE ENERGIA DO BRASIL – **Padrões e Especificações Técnicas – Norma ID-4005**. Disponível em: <<http://www.bandeirante.com.br>>. Acesso em setembro de 2011.

[15] **GRUPO REDE** – Site da companhia. Disponível em: <<http://www.gruporede.com.br>>. Acesso em agosto de 2011

[16] **COPEL Companhia Paranaense de Energia** - Site da companhia. Disponível em: <<http://www.copel.com>.> Acesso em setembro de 2011.

[17] COMITÊ DE DISTRIBUIÇÃO. **Coexistência dos Sistemas elétricos de distribuição e arborização**. Rio de Janeiro, 1990. 64p. (Relatório SCOM 37.02).