

Rede de Distribuição Subterrânea

18 de abril de 2011

Rede de Distribuição Subterrânea – RDS

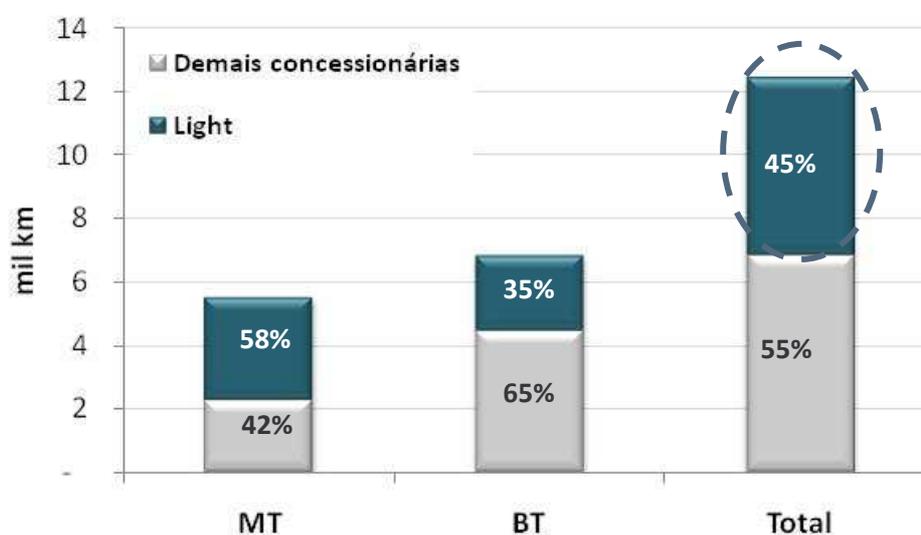
A primeira rede subterrânea em malha reticulada em corrente alternada - CA foi instalada em Memphis, no Tennessee - EUA, em 1907. No Brasil, nos anos 40 a Light já transformava uma parte de sua rede aérea em subterrânea. Contudo, os sistemas subterrâneos em malha reticulada foram implantados somente a partir dos anos 50 (apresenta-se no anexo uma breve introdução a redes de distribuição). Depois de seis décadas, as redes subterrâneas de distribuição de energia elétrica não atingem 2% do total das redes urbanas de média tensão - MT e baixa tensão - BT, conforme apresentado na tabela abaixo.

Tipo	MT (km)	%	BT (km)	%	MT+BT (km)	%
Aérea	293.626	98%	488.724	99%	782.350	98%
Subterrânea	5.541	2%	6.807	1%	12.348	2%
Total	299.167	100%	495.531	100%	794.699	100%

Fonte: ANEEL

Rede subterrânea da Light

Nível de tensão	Malha (mil km)	% (do total brasileiro)
MT	3,2	58%
BT	2,4	35%
Total	5,6	45%

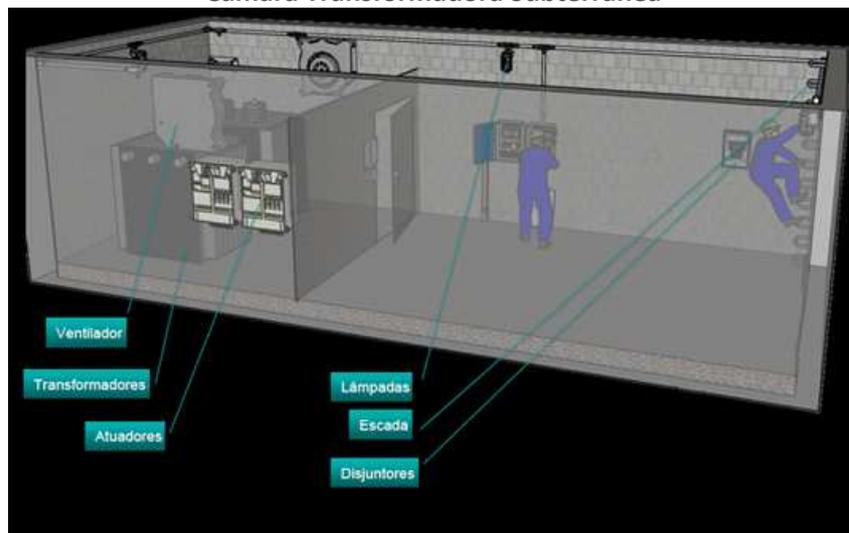


Redes de distribuição subterrânea são formadas por instalações e equipamentos com alta complexidade de implantação, operação e manutenção.

Os cabos são instalados em eletrodutos, agrupados em bancos de dutos enterrados e, no sistema reticulado de baixa tensão, são interligados formando uma malha. Os cabos são dimensionados para partir, por queima livre, para evitar a propagação de curtos-circuitos.

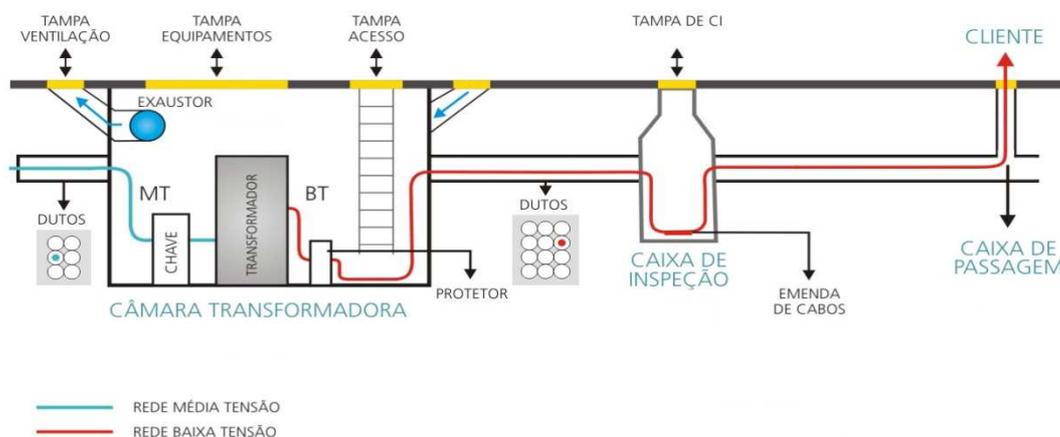
As câmaras transformadoras (CTs) são construídas em concreto armado, situadas em via pública, providas de tampas para inspeção e acesso, em ferro fundido ou concreto, janelas para ventilação forçada e circuito interno exclusivo para iluminação. As CTs abrigam os equipamentos de transformação, chaves de seccionamento e protetores de *network*. Existem bóias para impedir entrada de água pelos dutos de ventilação uma vez que os transformadores não operam debaixo d'água.

Câmara Transformadora Subterrânea



As caixas de inspeção (CIs) são compartimentos subterrâneos para facilitar a passagem de cabos e a confecção de emendas, quando necessário. As CIs são menores do que as CTs e auxiliam na inspeção e na manutenção das redes subterrâneas. As CIs não são hermeticamente fechadas para propiciar a saída de gases, o que, por outro lado, permite a entrada de água.

As caixas de passagem (CPs) são as instalações subterrâneas para derivação dos ramais que atendem os clientes.



Compartilhamento do Subsolo

As redes subterrâneas de distribuição de energia compartilham o uso do subsolo com outras concessionárias de serviço público, como gás canalizado, telecomunicações, água e esgotos, além de galerias pluviais, rede de metrô e demais estruturas alojadas no subsolo das cidades. Em cidades históricas, como o Rio de Janeiro, as redes são antigas, por vezes centenárias.

Enquanto não se conclui o mapeamento da infraestrutura subterrânea do Rio de Janeiro, já em andamento por iniciativa da Prefeitura e adesão das concessionárias de serviço público (Light, Cedae e Ceg), os projetos de urbanização e a construção ou manutenção de outras concessionárias frequentemente interferem nas estruturas (CTs, CIs e CPs) causando danos aos circuitos elétricos subterrâneos.



O compartilhamento do subsolo, apesar da separação das redes, propicia que gases escoem pelo subsolo e adentram nas instalações subterrâneas, a despeito dos esforços para isolamento e impermeabilização das estruturas por parte das concessionárias. Por essa razão, a Light e a CEG (Companhia de gás canalizado) mantêm equipes mistas realizando inspeções permanentes nas CIs para identificar a eventual presença de gás natural.

As redes sofrem ainda com a depredação e o furto de cabos e outros equipamentos com metais de baixo valor para os infratores, mas fundamentais para o sistema da Light. No sistema reticulado (*network*) o fornecimento de energia não é interrompido automaticamente, como aconteceria com um sistema radial, pois a carga pode ser remanejada, preservando o fornecimento. Essa vantagem acaba sobrecarregando os demais elementos da rede, que só irão apresentar problemas a médio e longo prazo. Dada a complexidade do sistema e a dificuldade de acesso visual, a identificação dos elementos de rede danificados ou furtados requer, além do constante monitoramento, a investigação em laboratório, incluindo a utilização de unidades móveis, para localização de defeitos¹.

¹ Por reflectometria com gerador de onda de choque, computadores, *softwares* específicos etc.

Tipologia dos Incidentes nas Redes Subterrâneas

A grande maioria dos incidentes percebidos na superfície são eventos que não representam risco para a população, embora possam preocupar os transeuntes, principalmente, pouco tempo depois de um grande acidente que tenha deixado a população com compreensível preocupação sobre a segurança das instalações subterrâneas. Mas, o fato é que os cabos de sistemas reticulados (BT) são projetados para romperem, às vezes soltando fumaça, numa situação de curto-circuito. Nesse sentido, é conveniente classificar os sintomas de problemas no sistema subterrâneo de forma a avaliar as causas e os riscos associados.

Fumaça em câmaras e dutos subterrâneos: os cabos do sistema reticulado (BT) são projetados para queima livre, conforme explicado anteriormente, podendo produzir fumaça. Também há emissão de fumaça quando o calor gerado por um curto-circuito numa CI vaporiza a água (ou esgoto) que lá adentrou pela tampa (chuva), dutos ou pelo solo, em geral devido a vazamentos das tubulações de saneamento. Mas, como é difícil para o leigo distinguir esse tipo de incidente, relativamente de menor importância, de algum sintoma de problema mais sério, o correto é chamar a Light em qualquer circunstância.

Fogo em câmaras subterrâneas: pequenos incêndios (arco elétrico) podem ocorrer na malha de distribuição subterrânea quando um equipamento entra em sobrecarga ou quando ocorre um curto-circuito. Tais incidentes têm sua frequência aumentada pelo furto de cabos. Também nesse caso, a Light deve ser chamada.

O deslocamento de tampas e bueiros das CTs e CIs pode ser separado em dois tipos: com e sem presença de combustível.

Sem presença de combustível: quando ocorrem curtos nas CIs ou CTs, há um aquecimento do ar ou da água, que vira vapor, resultando em pressão dentro do recinto maior do que a atmosférica. Nesse caso, observa-se um deslocamento da tampa, em geral discreto, que muito raramente implica em transtorno para transeuntes.

Com presença de combustível: uma fagulha elétrica, que em situações normais não causaria maiores problemas, na presença de combustível em grande quantidade pode gerar explosões, deslocando abrupta e fortemente a tampa da câmara. O combustível pode ser o gás canalizado, os gases provenientes da rede de esgotos ou da decomposição de resíduos ou o óleo isolante dos transformadores, no caso das CTs. As CTs são dotadas de sistema de ventilação e exaustão para evitar o acúmulo de gases em seu interior. Entretanto, entupimento de bueiros, o depósito e acúmulo de resíduos nas tampas, a urbanização desordenada das vias públicas e a ocupação indevida das calçadas por estabelecimentos comerciais (restaurantes, por exemplo) às vezes impedem o funcionamento adequado do sistema.

Outros incidentes no subterrâneo: incidentes em instalações subterrâneas de outras empresas de serviços públicos, tais como pequenos incêndios gerados por pontas de cigarros, podem ser confundidos com incidentes nas redes de energia.

Redes Subterrâneas da Light

A Light possui o maior sistema subterrâneo do Brasil, com uma rede que atende às regiões do Centro, Zona Sul, Barra da Tijuca e parte da Zona Norte. Essas regiões apresentam alta densidade demográfica e caracterizam-se por um subsolo compartilhado por várias empresas de serviços públicos.

Rede de Distribuição Subterrânea da LIGHT

•Regiões:

- ✓ Centro
- ✓ Barra
- ✓ Humaitá
- ✓ Flamengo
- ✓ Botafogo
- ✓ Andaraí
- ✓ Triagem
- ✓ Colégio
- ✓ Catete
- ✓ Copacabana
- ✓ Ipanema
- ✓ Leme
- ✓ Leblon
- ✓ São Conrado
- ✓ Ilha do Governador
- ✓ Ilha do Fundão
- ✓ Jardim Botânico
- ✓ Parfe da Tijuca



Equipamentos	Dados Físicos
Rede de Média Tensão (mil Km)	3,2
Rede de Baixa Tensão (mil Km)	2,4
Câmaras Transformadora	3.891
Caixas de Inspeção	11.500
Transformadores	10.750
Chaves	4.007
Protetores de Rede	2.560

O quadro abaixo compara a frequência de incidentes na rede subterrâneas da Light com a frequência de incidentes da mesma natureza ocorridos em concessionárias norte-americanas².

	Número de compartimentos subterrâneos (CTs + CIs)	Número de incidentes em compartimentos subterrâneos por ano	Taxa de Incidentes ao ano por 1.000 câmaras
Alabama Power	250	5	20
Florida Power and Light	220	3	14
Texas Utilities	3.500	24	7
GPU Enrgy (PA)	286	2	7
Boston Edison	3.000	12	4
ConEdison	275.000	1.219	4
NYSED	250	1	4
Média	25.995	95	4
Tampa Electric	500	1	2
Jacksonville Elctric Authority	1.400	2	1,4
Light S.E.S.A.	15.391	17	1,1
Pepco	57.000	38	0,7
Durquesne Light	1.800	1	0,6
Virginia Power	2.400	1	0,4
Southern Company	2.937	1	0,3

² Conforme relatório apresentado dentro do processo de investigação das explosões ocorridas no sistema subterrâneo de Washington D.C., em dezembro de 2001.

http://www.dcpso.org/pdf_files/pressreleases/SWFinalReport.pdf

Recursos Aplicados na Light

O histórico recente da empresa demonstra o aumento da aplicação de recursos, em especial no sistema elétrico. A Light reconhece a necessidade de manter a tendência crescente, por ainda alguns anos, para garantir a confiabilidade do sistema.



*Orçamento 2011

Plano Light

A Light elaborou um plano de modernização do sistema de distribuição subterrâneo com o objetivo de assegurar a adequada qualidade do serviço aos seus clientes. Paralelamente a Light desenvolve o projeto de georeferenciamento de suas redes.

Georeferenciamento das Redes da Light

O georeferenciamento constitui um conjunto de métodos e técnicas destinados à coleta, tratamento, representação e análise de dados espacialmente localizados. A representação gráfica das redes de distribuição e sua digitalização permitem melhor gestão da carga e ativos da concessionária, em especial do sistema subterrâneo. Ademais, a digitalização das redes de distribuição auxiliam na identificação de falhas, gerenciamento da carga e otimização do sistema.

Nesse sentido, a Light está realizando o levantamento e geoprocessamento de informações relacionadas às redes de Baixa Tensão, uma vez que a Alta e Média Tensão já estão mapeadas digitalmente. O cadastro georeferenciado da Rede Elétrica tem como objetivo o levantamento técnico da base de ativos do sistema elétrico, em coordenadas geográficas, com previsão de se mapearem cerca de 69 mil transformadores, 680 mil postes e 29 mil estruturas da rede subterrânea, com previsão de conclusão em dezembro de 2011, atendendo às determinações do Prodist (ANEEL).

Ademais, a Light firmou convenio, em fevereiro de 2011, com a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro e demais concessionárias de serviço público que possuem instalações no subsolo (Cedae e CEG) para o mapeamento digital do subsolo. A integração dos registros vai produzir uma ferramenta de gestão para permitir intervenções mais ágeis e eficazes, evitando que as obras de uma empresa danifiquem estruturas já existentes das outras concessionárias. Com

base no cadastro, também será possível licenciar obras com maior rapidez e direcionar os investimentos públicos.

O plano de modernização do sistema de distribuição subterrâneo foi dividido em quatro partes: i) Capacitação de mão de obra; ii) Plano de Manutenção Preventiva do Subterrâneo; iii) Monitoramento da Rede Subterrânea; iv) Contratação de Consultoria com *expertise* em sistemas subterrâneos para avaliação dos planos de ação para o sistema subterrâneo.

Mão de Obra

Em função da complexidade e especificidades da operação e manutenção do sistema subterrâneo, a Light decidiu contratar diretamente 190 novos eletricitistas, triplicando a equipe dedicada à rede subterrânea. Esses novos funcionários passaram por treinamento específico ao longo do segundo semestre de 2010, o que significou 37 mil horas de treinamento.

Plano de Manutenção Preventiva do Subterrâneo

O plano de manutenção preventiva elaborado, com a ampliação dos recursos para revitalização e operação das redes, foi apresentado à ANEEL no início de 2010 e teve o seu escopo ampliado a partir de abril 2010. Seus resultados vêm sendo acompanhados continuamente.

Conforme dados apresentados na tabela abaixo, em 2010, a Light superou as metas pactuadas com a ANEEL, triplicando as ações preventivas em comparação ao realizado em 2009, o que denota o esforço da Companhia em reduzir estruturadamente às ocorrências no subterrâneo, com a maior agilidade possível.

Atividades	Meta 2010	Realizado 2010	Resultado Acima da Meta 2010
Substituição e Manutenção de Transformadores	339	410	21%
Reposição de Malha de BT (km)	26	29	12%
Reposição de Malha de Aterramento (km)	6	22	267%
Substituição de Chave a Óleo	90	103	14%
Manutenção de Chave a Óleo	30	42	40%
Substituição de Bóias	1.432	1.625	13%
Instalação de Indicador de Defeito	60	62	3%
Instalação de Travas/Parafusos de Segurança em CT's	500	595	19%
Ação de Estanqueidade	300	1.136	279%
Ação de Instalação/Reforma em Motor de Ventilador	174	314	80%
Manutenção de Protetor	2.582	2.702	5%
Substituição de Protetor	60	89	48%
Furação de Tampas	1.150	1.413	23%
Inspeção de CT	14.000	14.243	2%
Ensaio em Cabos de MT	27	27	0%
Inspeção de Gás	8.000	8.000	0%
Inspeção em CI (Light + Convênio Light - CEG)	11.000	11.217	2%

Para o ano de 2011 foi dada a continuidade às ações de manutenção preventiva, conforme tabela abaixo.

Atividades	Meta 2011	Realizado até Mar/11	% realizada Meta 2011
Substituição e Manutenção de Transformadores	700	112	16%
Reposição de Malha de BT (km)	28	4	14%
Reposição de Malha de Aterramento (km)	12	2	16%
Substituição de Chave a Óleo	200	6	3%
Manutenção de Chave a Óleo	200	41	21%
Instalação de Indicador de Defeito	400	62	16%
Instalação de Travas/Parafusos de Segurança em CT's	2.000	90	5%
Manutenção de Protetor	2.582	1.083	42%
Substituição de Protetor	280	35	13%
Inspeção de CT	14.500	2.835	20%
Ensaio em Cabos de MT	44	2	5%
Inspeção em CI (Light + Convênio Light - CEG)	16.000	3.430	21%

Monitoramento da Rede Subterrânea

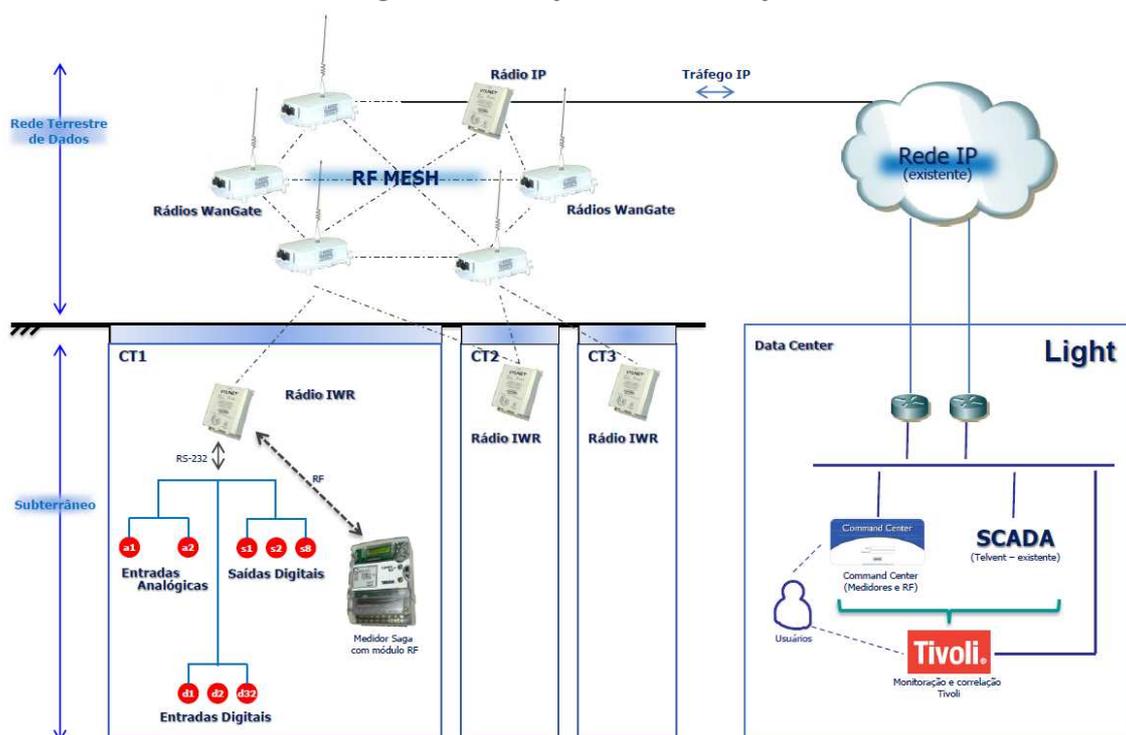
O projeto de automação das Câmaras Transformadoras Subterrâneas (CTs) consiste na utilização de equipamentos de comando e supervisão das CTs que se comunicarão com o Centro de Operação (CO) da Light, permitindo o monitoramento e a operação de equipamentos remotamente.

O sistema é composto por três elementos principais: i) Sistema de Supervisão das Câmaras – composto por Unidade Terminal Remota e sensores para as grandezas monitoradas; ii) Rede de Comunicação – composto pelos rádios instalados nas câmaras e pelos rádios externos que permitem o tráfego das informações coletadas até o CO; iii) Centro de Operação – composto pelos servidores que receberão as informações coletadas e as disponibilizarão para os operadores, bem como, pelo aplicativo de gerenciamento da rede de comunicação

Os principais objetivos do projeto são o aumento da confiabilidade e da segurança operacional do sistema subterrâneo, redução de atos de vandalismo, direcionamento de ações preventivas quanto a riscos de falhas de equipamentos e aumento da qualidade do fornecimento de energia para os clientes.

O projeto de automação das CTs abrange a aquisição de equipamentos, *softwares*, infraestrutura de comunicação, testes e serviços necessários à implantação da automação, sua integração ao CO e ao sistema de gerenciamento da infraestrutura e comunicação da Light.

Diagrama da Solução de Comunicação



O plano prevê a preparação para automação de 1.170 CTs até julho de 2011. Durante o segundo semestre de 2011 será concluída a automação dessas CTs com a instalação de: detectores de intrusão, sensores de alagamento, sensores de ventilação, sensores de gás, sensores do protetor *network*, sensores de temperatura, unidades terminais remotas de supervisão e rádios.

Contratação de consultoria com expertise em sistemas subterrâneos

A Light contratou a Kema³ para analisar o plano de ação de curto prazo para o sistema de distribuição subterrâneo. O escopo dos serviços inclui: (i) análise dos objetivos do plano de manutenção; (ii) atividades de campo com especialistas da Kema; (iii) avaliação do programa de manutenção preventiva e do programa de implantação dos novos projetos; e (iv) análise da gestão da manutenção.

Está previsto o apoio de especialistas em sistemas subterrâneos *network* e radiais utilizados nos EUA, dada sua semelhança com os padrões do sistema Light. O diagnóstico deverá estar concluído no primeiro semestre de 2011.

³ A Kema é uma empresa holandesa de consultoria técnica e empresarial para empresas de energia elétrica, que atua em mais de 80 países.

Observações Finais

No dia 01 de abril de 2011, quando ocorreu o sério acidente com a câmara transformadora em Copacabana, a Light já havia preparado 1040 CTs para modernização, das 1170 originalmente selecionadas. Tendo em vista a ocorrência, a Light decidiu:

a) Antecipar, de julho para maio de 2011, a preparação das 130 CTs remanescentes. Importante ressaltar que essas 130 CTs, e todas as demais CTs da Light, são periodicamente inspecionadas (em média a cada de três meses), não procedendo a notícia de que estariam prestes a explodir.

b) Concluir, até o final de 2011, a modernização das 1170 CTs, com a instalação dos equipamentos de monitoração e controle.

c) Concluir, até o final de 2013, a modernização das demais CTs.

d) Contratar o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPTEL para ajudar a Light a diagnosticar as causas da explosão, sem prejuízo da perícia técnica oficial, presentemente em elaboração pelo Instituto Carlos Éboli, da Secretaria de Segurança do Governo do Estado do Rio de Janeiro.

ANEXO

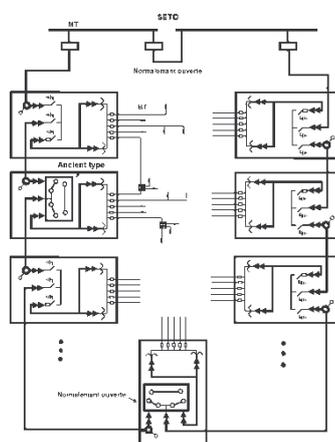
Redes de Distribuição

A rede de distribuição de energia elétrica é o segmento do sistema elétrico, composto pelas redes elétricas primárias (média tensão - MT), e redes secundárias (baixa tensão - BT), cuja construção, manutenção e operação é responsabilidade das companhias distribuidoras de eletricidade.

As redes primárias são circuitos elétricos trifásicos ligados diretamente às subestações de distribuição⁴. As redes de distribuição secundárias são circuitos elétricos derivados de transformadores abaixadores ligados aos consumidores de baixa tensão, tais como consumidores residenciais e comerciais. As redes de distribuição podem ser tanto aéreas, com a instalação dos equipamentos de transformação em postes e o cabeamento aparente ou redes subterrâneas, sistema composto por câmaras de transformação (CT's), caixas de inspeção e passagem e dutos para o cabeamento no subsolo.

Em virtude do volume de investimentos e dos custos associados a operação e manutenção das redes subterrâneas, essa opção de redes é implantada apenas em áreas urbanas com média ou alta densidade de carga, onde a utilização da rede aérea é inviável tecnicamente, por motivações regulatórias ou solicitação de governos locais (p. ex., projetos de revitalização urbana).

As redes de distribuição podem ainda ser classificadas conforme a configuração do sistema, podendo ser divididas em dois grandes grupos radial com recurso (Anel) ou reticulado. O sistema radial caracteriza-se por uma linha principal instalada desde a fonte até as cargas possuindo na maioria dos casos interligações com outros circuitos de mesma tensão⁵.



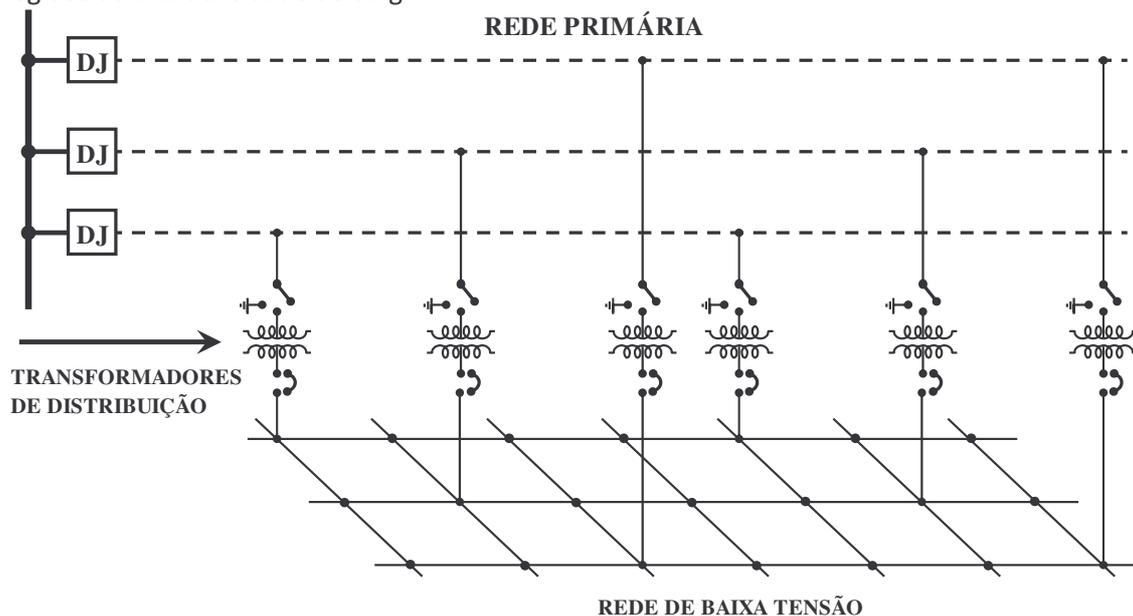
O sistema reticulado, também conhecido como *network*, é caracterizado por vários circuitos de média tensão alimentando transformadores de distribuição, sendo que no caso da LIGHT admite-se por projeto a falha em até dois circuitos sem interrupção de fornecimento⁶. Essa

⁴ Nesses circuitos estão instalados os transformadores de distribuição, cuja função é rebaixar o nível de tensão primário para o nível de tensão secundário (p. ex., para rebaixar de 13,8 kV para 220 volts)

⁵ O sistema é dimensionado para atender cargas espacialmente dispersas, onde não existe possibilidade de interligação com outros circuitos supridos pela mesma ou outra fonte

⁶ Tal configuração aumenta a confiabilidade do fornecimento de energia, pois evita a interrupção de dois transformadores adjacentes no caso de desligamento de um alimentador de média tensão

configuração é utilizada para atendimento aos consumidores de baixa tensão localizados em regiões de alta densidade de carga⁷.



Os recursos que asseguram maior confiabilidade do sistema reticulado proporcionam seu funcionamento a despeito da ruptura, curto circuito ou roubo de equipamentos. Nesse sentido, o reticulado pode passar por contingências sem a suspensão do fornecimento de energia e sem indicação imediata de defeitos ou sobrecargas.

⁷ Na rede de baixa tensão, para evitar que defeitos nos cabos e conexões se propaguem por todo o sistema, os circuitos reticulados são protegidos por fusíveis e cabos com queima livre, de forma que, no caso de defeito nos ramos de baixa tensão, o desligamento fique limitado somente ao respectivo trecho secundário, e a corrente elétrica deslocada automaticamente para outros circuitos da rede.