

Padrão Compacto Trifásico de Entrada de Energia Elétrica

J.A.Cipoli, B.E.M.Ferreira, L.P.Pasqua, R. M. Moreira, M.Moraes

Resumo - Este trabalho apresenta o resultado obtido no projeto de P&D CPFL Piratininga / Mackenzie - “NOVAS TECNOLOGIAS E MATERIAIS NO DESENVOLVIMENTO DE PADRÕES DE ENTRADA DE ENERGIA”.

As principais características tecnológicas a serem perseguidas foram:

- Tubulações embutidas para rede elétrica, cabos telefônicos e de TV a cabo;
- Alojamentos incorporados ao poste;
- Aterramento integrado com a ferragem do poste;
- Neutro aterrado na entrada do ramal;
- Versatilidade para instalação voltada para a calçada ou no muro lateral;
- Ligação de dois consumidores no mesmo poste;
- Estudo do concreto leve de alto desempenho.

O campo de aplicação é voltado para os consumidores de baixa tensão residenciais, comerciais e industriais até a faixa de 200A.

O trabalho foi realizado no período de Novembro de 2003 a Outubro de 2004, sendo desenvolvidos diversos modelos de padrões de entrada para entrada de energia aérea e um modelo tipo pedestal para ramal de ligação subterrâneo.¹

Palavras Chave – distribuição, energia, medição, normalização, padrões.

I. INTRODUÇÃO

Este informe foi preparado a partir dos estudos e das pesquisas desenvolvidas no Projeto de P&D “NOVAS TECNOLOGIAS E MATERIAIS NO DESENVOLVIMENTO DE PADRÕES DE ENTRADA DE ENERGIA”, ciclo 2002-2003, realizado pela Universidade Mackenzie para a Companhia Piratininga de Força e Luz.

O projeto de P&D teve por objetivo desenvolver e incorporar novas tecnologias e materiais aos padrões de entrada de energia dos consumidores de baixa tensão residenciais, comerciais e industriais.

Do ponto de vista da concessionária, existe o interesse na instalação de um adequado tipo de padrão de entrada de energia, que garanta a qualidade dos serviços, evite ou minimize o “desvio de energia” e elimine o retorno da equipe técnica para ligação de padrões reprovados.

Os consumidores priorizam a facilidade e segurança da

instalação e o custo acessível.

Buscou-se neste desenvolvimento a integração entre a concessionária, a universidade, fabricantes, fornecedores de materiais e consumidores, visando garantir a implantação do produto no mercado e atender os interesses dos diversos setores envolvidos.

Os testes, montagens e construção dos modelos de protótipos foram realizados na fábrica de postes da Concremar, no município de Hortolândia – SP. A etapa de desenvolvimento dos produtos contou com a participação da fábrica de componentes eletro-eletrônicos Moeller Electric com instalações em Campinas - SP.

II. PESQUISAS DO PADRÃO COMPACTO

Existe uma preocupação crescente por parte das concessionárias de energia elétrica com o aumento das perdas comerciais em grandes centros populacionais.

Uma fonte de problemas se situa no padrão de entrada de energia dos consumidores, que apresenta uma grande possibilidade de fraudes.

Esta oportunidade atrai pesquisas e desenvolvimentos de diversas áreas e segmentos, principalmente fabricantes e fornecedores, visando suprir as deficiências de componentes, materiais e equipamentos. Entretanto este quadro ainda carece de projetos que englobem um processo completo, integrando diferentes aplicações em um mesmo produto.

Com este objetivo a equipe técnica do Mackenzie, em conjunto com a equipe técnica da CPFL, definiram para pesquisa e desenvolvimento a entrada de energia de consumidores de baixa tensão.

Durante o desenvolvimento do trabalho, a equipe técnica do Mackenzie efetuou pesquisas junto a vários prováveis fornecedores dos diversos tipos de solução, e efetivou parcerias com empresas, que demonstraram o conhecimento e a capacidade técnica necessárias para executar o desenvolvimento do projeto proposto.

No detalhamento dos protótipos, procurou-se utilizar materiais e acessórios, facilmente encontrados no mercado.

III. ESTUDO DO CONCRETO LEVE DE ALTO DESEMPENHO

O estudo partiu da premissa da utilização de postes de concreto armado, em função de suas características de facilidade de fabricação, aceitação pelo mercado, segurança, durabilidade e baixo custo.

Como parte do trabalho foi realizado um estudo da aplicação de concreto leve de alto desempenho na construção de postes, visando a obtenção de ganhos com a redução do peso do poste.

Foram pesquisados cinco processos de concreto leve de alto desempenho (clad) em utilização na construção civil.

¹ J. A.Cipoli - engenheiro eletricitista formado pela EPUSP/69, atualmente é professor e pesquisador da Universidade Mackenzie, cipoli@lexxa.com.br

B.E.M.Ferreira – engenheiro eletricitista formado pela UNESP/75, atualmente é pesquisador da Universidade Mackenzie.

M. A. de Marco – engenheiro eletricitista formado pela UNIFEI/75, atualmente é pesquisador da Universidade Mackenzie.

L.P.Pasqua – técnico eletricitista, atualmente é pesquisador da Universidade Mackenzie.

R. M. Moreira – engenheiro eletricitista, atualmente é engenheiro do Depto. de Engenharia da CPFL.

M.Moraes – engenheiro eletricitista, FACENS/91, atualmente é engenheiro do Depto. de Engenharia da CPFL.

Foram analisados os seguintes tipos de agregados leves: o poliestireno expandido (isopor), o britaleve (EVA reprocessado), a vermiculita expandida (argila micácea), a cinasita (argila expandida) e a perlita expandida.

Todos apresentam boas características para o desenvolvimento do concreto leve. Para uma granulometria de 1 a 5 mm, a densidade aparente do agregado poliestireno é de 12 a 15 kg/m³, da britaleve é 150 a 170 kg/m³, da vermiculita de 80 a 100 kg/m³, argila expandida (cinasita) de 830 a 890 kg/m³ e da perlita expandida de 90 a 120 kg/m³.

O maior problema encontrado no estudo do concreto leve foi alto custo do agregado leve em relação à pedra britada e a areia, e o custo de armazenagem de alguns agregados, que necessitam de abrigo ao tempo, tais como o poliestireno expandido e as argilas.

O custo de cada tipo de agregado por m³ são os seguintes (fevereiro/2004): Perlita expandida: R\$360,00, Vermiculita expandida: R\$ 120,00, Argila expandida: R\$ 128,00, Britaleve: R\$ 78,70 e Poliestireno expandido: R\$ 260,00.

Dentre os produtos analisados o agregado leve “Britaleve”, que é um material reciclado da indústria de calçados (EVA), apresentou a melhor relação custo/volume, e ainda a vantagem de poder ser armazenado ao tempo, que representa baixo custo de armazenagem. Entretanto após consulta ao fornecedor constatou-se que a menor granulometria disponível do material era de 10 a 15 mm, o que inviabilizou sua utilização.

A vermiculita expandida foi o agregado escolhido para utilização na confecção do poste de concreto leve para padrão de entrada de energia.

A mistura da vermiculita com cimento e água obtém um concreto leve cuja resistência à compressão pode chegar a 0,7 Mpa, e evita trincas ou rachaduras, comuns nos concretos porosos, celulares e sem finos.

Os traços para composição de 1 m³ de concreto leve com vermiculita, são os seguintes:

Traço	Vermiculita - m ³	Cimento - kg
4:1	1,3	450
5:1	1,3	350
6:1	1,3	300
7:1	1,3	250

Com o uso da vermiculita expandida a redução esperada no peso do poste é de cerca de 30%.

Os modelos de padrão de entrada desenvolvidos neste projeto pesam, se construídos pelo método tradicional de concreto armado, pesam em média 580 kg. Utilizando-se o concreto leve obter-se-ia, portanto uma redução de cerca de 170 kg no peso do poste, sem diminuição da resistência mecânica.

Como o custo do processo de fabricação do poste de concreto leve é maior que o do poste de concreto convencional, o principal benefício da aplicação desta técnica está no transporte e manuseio.

IV. MODELOS DE PADRÃO DE ENTRADA

4.1 - Características de construção

O desenvolvimento tecnológico do novo padrão de entrada esteve fundamentado na alteração das seguintes características construtivas:

- Reprojeto do poste de concreto permitindo a eliminação dos eletrodutos externos para a rede

elétrica e introduzindo eletrodutos para as redes de telefonia e TV a cabo.

- Pesquisa do concreto leve visando a redução do peso do poste.
- Desenvolvimento de conexões, interligações e soldas especiais para aplicação nas partes metálicas do poste de modo a assegurar a utilização da sua ferragem como aterramento.
- Re-concepção dos alojamentos dos medidores, da proteção do consumidor
- Adequação para uso de protetores contra surtos e capacitores de potência.

A incorporação destes desenvolvimentos também buscou atender aos seguintes requisitos:

- Boas características de segurança.
- Redução de custos para o consumidor em pelo menos 20 %.
- Durabilidade, mesmo em ambientes agressivos.
- Redução da possibilidade de fraudes.
- Facilidade de instalação e de leitura dos medidores.
- Sistema confiável de lacre.
- Facilidade de ligação e de corte de energia.
- Viabilidade de instalação de protetores contra surtos.
- Viabilidade de instalação de compensador de reativos.
- Adequação aos padrões de disjuntores DIN e NEMA.
- Viabilização da utilização de cabo antifurto da rede até a ligação do medidor.
- Compatibilização da ligação de cabos telefônicos e de TV's por assinatura.

4.2 Modelos desenvolvidos

Foram desenvolvidos sete modelos de configurações para atendimento às diferentes necessidades dos consumidores, conforme descrito abaixo:

- Padrão tipo 1, para atendimento de um consumidor em instalações com cabos até 35mm² com padrão voltado para a calçada
- Padrão tipo 2, para atendimento de um consumidor em instalações com cabos até 35mm² com padrão instalado em muro lateral
- Padrão tipo 3, para atendimento de dois consumidores em instalações com cabos até 35mm² com padrão voltado para a calçada
- Padrão tipo 4, para atendimento de dois consumidores em instalações com cabos até 35mm² com padrão instalado em muro lateral
- Padrão tipo 5, para atendimento de um consumidor em instalações com cabos até 95mm² com padrão voltado para a calçada
- Padrão tipo 6, para atendimento de um consumidor em instalações com cabos até 95mm² com padrão instalado em muro lateral

7. Padrão tipo P - Pedestal, para atendimento de um consumidor em instalações com cabos até 35 mm² com entrada subterrânea

Todos os acessórios e componentes do padrão de entrada, são materiais homologados pela concessionária e disponíveis no mercado, e ficam instalados em alojamentos no interior do poste de concreto (figura 1).

Para todos os modelos, as tampas da caixa do medidor e da proteção do consumidor foram desenvolvidas em fibra de vidro, com visor de policarbonato (figura 2).

Para o padrão voltado para a calçada, o parafuso de fixação da tampa do medidor é passante ao poste de concreto, de maneira que o lacre seja feito do lado interno ao cliente. O parafuso possui arruela e porca e na sua extremidade, e um furo transversal de 2mm de diâmetro para colocação do lacre.

No padrão para atendimento de dois consumidores o alojamento dos medidores é único, não existindo divisão entre as duas medições. A tampa do alojamento também é feita em uma única peça. Os eletrodutos de entrada são individuais, para cada consumidor.



Figuras 1 e 2 – modelo de padrão com componentes

4.3 – Fôrmas para fabricação de postes

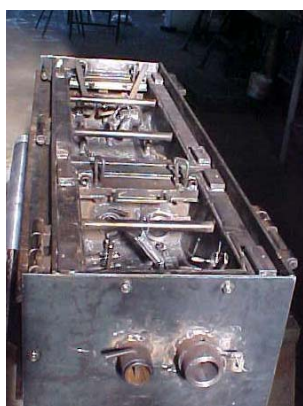


Figura 3 – Corpo central da fôrma tipo I

Foram construídos dois tipos de fôrmas em aço e seus acessórios, para fabricação dos sete modelos de padrão de entrada desenvolvidos.

A fôrma tipo I permite a fabricação de postes de 200 daN e serve para a construção de padrões tipos 1, 2, 3, 4 e P (figura 3).

A fôrma tipo II permite a fabricação de postes de 300 daN e serve para a construção de padrões tipos 5 e 6.

V. TESTES DOS PROTÓTIPOS

5.1- Fabricação

A fabricação de postes de concreto segue as prescrições contidas na Norma NBR - 8451.

5.2- Resistência nominal e comprimento

De acordo com a especificação da CPFL, o poste duplo T de concreto para padrão de entrada deve ter altura de 7,50 metros, e ter resistência nominal de 90, 200 ou 300 daN conforme a característica das instalações do consumidor em baixa tensão.

5.3- Elasticidade

O poste quando submetido a uma tração igual a resistência nominal, não deve apresentar flecha no plano de aplicação dos esforços reais, superiores a 3,5% do comprimento nominal.

A flecha residual medida depois que se anula a aplicação de um esforço correspondente a 140% da resistência nominal, no plano de aplicação dos esforços reais, não deve ser superior a 0,35% do comprimento nominal.

5.4- Trincas

Todos os postes submetidos a uma tração igual à resistência nominal não devem apresentar trincas, exceto as capilares.

As trincas que aparecerem durante a aplicação dos esforços correspondentes a 140% da resistência nominal, depois de retirada deste esforço devem fechar-se ou tornar-se capilares.

5.5- Resistência à ruptura

Resistência à ruptura não deve ser inferior a duas vezes a resistência nominal.

5.6- Cobrimento da armadura

Qualquer parte da armadura longitudinal ou transversal deve ter cobertura de concreto com espessura mínima de 15 mm, com exceção dos furos, quando devem ser totalmente desobstruídos e não devem deixar exposta nenhuma parte da armadura, e a armadura transversal dos postes duplo T, onde se admitem 10 mm como mínimo.

5.7- Afastamento da armadura

O afastamento entre barras, bem como os transpasses nas emendas podem ter disposição, cuja eficiência será comprovada pelos ensaios previstos na Norma NBR- 8451. As extremidades da armadura devem estar localizadas a 20 mm da base e do topo do poste, admitindo-se uma tolerância de mais ou menos 5 mm.

5.8- Absorção de água

O teor de absorção de água do concreto do poste na pode exceder, dos seguintes valores:

- 6,0% para a média das amostras;
- 7,5% para o corpo da prova.

5.9- Penetração de água no compartimento do medidor

A parte correspondente à caixa de medição, deve suportar uma precipitação pluviométrica de 3 mm/min, durante 15 minutos. O jato de água deve ser aplicado perpendicularmente, na direção do visor, sem que haja a penetração de água no interior do compartimento.

5.10- Ensaios de Tipo

Os ensaios de tipo previstos pela Norma NBR 8451 são os seguintes:

- a) acabamento;
- b) dimensões;
- c) posição e dimensões dos furos;
- d) identificação;
- e) elasticidade;
- f) resistência à ruptura;
- g) cobrimento e afastamento da armadura;
- h) absorção de água;
- i) penetração de água no compartimento do medidor.

Os ensaios de tipo foram realizados no laboratório de ensaios da Concremar em Hortolândia – SP.

A tabela 1 e a figura 4 mostram resultados e realização de testes de resistência à ruptura em protótipos.

Tabela 1: Resultado de ensaios em Protótipo tipo 1 – 27/10/2004

Capacidade nominal 200 daN	Admissível	Protótipo 1 (ferro 10 mm) face B	Protótipo 2 (ferro 12,5 mm) face B
Flecha Máxima	262 mm.	98	85 mm.
Flecha Residual	26 mm.	10	7 mm.
Carga Real De Ruptura	≥ 400 daN	410 daN	570 daN



Figura 4. Ensaio de ruptura em protótipo tipo 1

V. PRINCIPAIS INOVAÇÕES

Os modelos desenvolvidos seguem, uma mesma configuração básica de construção e atendem todas as exigências normativas da CPFL para consumidores residenciais, comerciais e industriais com corrente de carga até 200 A.

Os principais benefícios tecnológicos alcançados, em comparação com os modelos tradicionais, quais foram:

- A fiação de entrada passa por eletrodutos de PVC rígido, antichama, embutidos no poste de concreto;

- A entrada de cabos de telefone e TV a cabo passam por eletroduto embutido no poste de concreto;
- O padrão de entrada permite saída subterrânea ou no muro do consumidor;
- O aterramento do neutro é feito na entrada da fiação na chegada do ramal de ligação da concessionária, no alto do poste;
- O aterramento do neutro e da instalação são feitos pelas próprias ferragens internas do poste de concreto. Os resultados das medições de aterramento, utilizando a ferragem interna do poste, ao longo do tempo, demonstraram que em todos os modelos de protótipos desenvolvidos, o valor do aterramento é melhor que o valor obtido nos padrões convencionais ou seja das hastes isoladamente;
- O aterramento da instalação pode ser complementado com hastes de terra conectadas em paralelo, através de ponto de conexão na base do poste;
- Os modelos permitem a instalação do tipo com leitura voltada para a calçada, ou instalação no muro lateral do consumidor.

O produto final atendeu não somente os objetivos do projeto, como também contemplou outros benefícios não inicialmente previstos, tais como:

- Permite a ligação no mesmo poste de dois consumidores no mesmo terreno, em instalações com cabo de entrada até 35 mm²;
- Atende também consumidores com entrada de energia subterrânea, com o modelo tipo pedestal, cuja maior aplicação ocorre em condomínios residenciais.

VI. PROGRAMA PILOTO E COMERCIALIZAÇÃO

A CPFL e o Mackenzie iniciarão em 2005, a implantação do projeto piloto, que prevê a instalação de algumas unidades em áreas residenciais, comerciais e industriais situadas na área de concessão da CPFL, quando serão avaliadas as questões técnicas, logísticas e comerciais, decorrentes do fornecimento de materiais e componentes, transporte e instalação do padrão.

Após o término do programa piloto os produtos serão homologados pela CPFL e liberados para comercialização em regime de licenciamento com distribuidores.



Figura 5 – Padrão Compacto Trifásico em fabricação

Os produtos alcançados podem ser considerados de amplo sucesso em função dos seguintes aspectos:

- Reduzem a possibilidade de fraudes, diminuem o comprimento dos cabos condutores e reduzem a mão de obra de instalação.
- Eliminam a necessidade de contratação pelo consumidor, de mão de obra especializada de instalação, e garante a boa qualidade da montagem, eliminando o retorno da concessionária devido a instalações reprovadas.
- Garantem e facilitam a implantação do aterramento, reduzindo os custos, e aumentando a confiabilidade do aterramento. Cabe destacar que além da ferragem do poste, poderá ser instalado em paralelo, uma ou mais hastes de terra.
- A conexão de ancoragem do ramal eliminou as ferragens e o isolador atualmente padronizado, facilitando a instalação e reduzindo os custos dos materiais.

VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Livros:

- [1] S. de Medeiros Filho, Medição de Energia Elétrica - Ed. Universitária da Universidade Federal de Pernambuco
[2] A. A. M. Cotrim, Instalações Elétricas - Ed. Mac Graw Hill

Relatórios Técnicos:

- [1] Critérios e Medidas de Proteção para Instalações Elétricas de Baixa Tensão, RELATÓRIO CODI - 22.06
[2] Diretrizes para Proteção de Consumidores Ligados em Redes Aéreas Primárias de Distribuição, RELATÓRIO CODI - 22.01
[3] Comportamento Mecânico do Concreto Leve com Poliestireno expandido visando a sua utilização em Pré-Moldados- C. S. Kazmierczak e outros - UNISINOS
[4] Propriedades mecânicas dos Microconcretos leves de alto desempenho para Pré-fabricados de pequena espessura – DCEM – USP São Carlos
[5] ISOPET – A tecnologia do concreto aliada ao meio ambiente – CEFET
[6] Propriedades mecânicas dos microconcretos leves de alto desempenho para pré-fabricados de pequena espessura – J. ^a Rossignolo e outros – LCC.EESC - USP

Normas:

- [1] Disjuntores de Baixa Tensão - NBR 5361
[2] Disjuntores para proteção de sobrecorrentes para instalações domésticas e similares - NBRIEC 60898
[3] Postes de concreto armado para redes de distribuição de energia elétrica – Especificação - NBR 8451
[4] Determinação da elasticidade, carga de ruptura, absorção de água e da espessura do revestimento em postes e cruzetas de concreto armado - NBR 6124 - MB 221
[5] Postes de concreto armado para redes de distribuição de energia elétrica – Padronização - NBR 8452 - PB1081
[6] Medidor de energia ativa - NBR 8377 - EB 1479
[7] Medidor de energia ativa - NBR 8378 - MB 1956
[8] Medidor-padrão de energia elétrica monofásico - NBR 6997 NB 448
[9] Instalações Elétricas de Baixa Tensão - NBR 5410
[10] Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – CPFL - NTU 01
[10] NBR 8182 – Cabos de potência multiplexados auto sustentados com isolamento sólida extrudada de polietileno termoplástico (PE) ou termofixo (XLPE) para tensões até 1 kV - Especificação
[10] Padrões e Especificações de Entradas de Serviço de Instalações Consumidoras Ligadas Em Tensão Secundária de Distribuição - Prédios Isolados - CODI-06.03
[11] Sistema de Lacração de Medição e Instalações Consumidoras - CODI-07.10
[12] Procedimentos para Prevenção e Combate ao Furto de Energia - ABRADDEE-05.03
[13] Critérios para Aterramento de Sistemas Aéreos de Distribuição -