

Acessórios para atendimentos emergenciais de estruturas civis em redes de distribuição de energia

Portella, K. F., Joukoski, A., LACTEC; Cabussú, M. S., COELBA; Cerqueira, D. P., COELBA; Medeiros, B. L., LACTEC; Guimarães Júnior, P. V., UFPR/PIPE; Lacerda, L. A., LACTEC; Bomfim, M. A. D., COELBA; Oliveira, P. A., LACTEC;

Resumo –As concessionárias de energia se deparam, hoje, com a necessidade de atingir suas metas de fornecer energia com qualidade ao consumidor, com um mínimo de falhas e faltas elétricas, menor custo e, com isto, tendo que conciliar a sua operação e manutenção com o avançado desenvolvimento das cidades e o caos que normalmente se instala na sua periferia. Assim, tem-se que disputar espaços nas estreitas calçadas das ruas e avenidas com postes e transiúntes a pé e aqueles que trafegam motorizados em velocidades que superam a sua capacidade de restabelecimento da normalidade sob quaisquer avarias ou distrações ocasionadas. Também, para as regiões remotas, passam a idealizar projetos de RDs que possam ser utilizados contemplando as recomendações de normas ambientais locais e da própria engenharia de processos. Sob estas premissas foi elaborado e desenvolvido este trabalho, cujos objetivos foram desenvolver diversos acessórios para a RD, que facilitem a operação e a manutenção do sistema.

Palavras-chave: Concreto com adições, crash-test, verticalidade de postes, postes poliméricos modulados, poste de concreto circular modulado

I. INTRODUÇÃO

O uso de artefatos de concreto armado, tais como postes, cruzetas, contrapostes e placas de estai (bainha), nas redes de distribuição de energia elétrica, RDs, já está bem difundido no país, sendo adotado pela maior parte das concessionárias atuantes no território nacional. As vantagens pelo seu uso, em relação a outros materiais como aço e madeira, também já são conhecidas pela comunidade técnica, o que coloca as boas fábricas de postes e cruzetas de concreto num patamar privilegiado no âmbito da indústria brasileira, tal é a demanda pela produção destes artefatos.

O Estado da Bahia, ainda que venha implementando um programa de eletrificação arrojado, possui até o mo-

mento uma demanda muito grande de serviços a serem realizados, devido, principalmente, à sua extensão territorial.

Neste íterim, um dos aspectos de crucial importância para a expansão das RDs é a acessibilidade aos locais onde se planeja atender. Muitas vezes, as equipes de implantação de postes deparam-se com dificuldades no momento de posicionar os caminhões do tipo "Munck" que transportam os artefatos e auxiliam a sua instalação, principalmente em áreas residenciais de baixa renda, em razão de fatores como pequena largura de ruas e vielas, existência de construções irregulares e fora do alinhamento predial, ou até mesmo a total ausência de vias trafegáveis. Assim, a disponibilidade de postes modulados ou articulados que possam ser montados em campo vêm a ser bastante útil às equipes de expansão de rede.

Outro aspecto problemático diz respeito aos danos em artefatos de concreto atingidos pelo impacto de veículos automotores (acidentes). Em diversas ocasiões, os postes têm tanto a camada de concreto quanto a armadura de aço danificada e, em alguns casos, chegam a perder sua capacidade de auto-sustentação, vindo a cair sobre transeuntes ou veículos estacionados nas redondezas. Geralmente, os maiores danos ocorrem na altura do poste equivalente ao ponto atingido pelo impacto, o que, normalmente, fica na faixa compreendida entre o solo e 2 m de altura. Ocasionalmente, os postes podem quebrar-se durante a realização de serviços de manutenção quando, por exemplo, ocorre a ruptura de algum cabo e o mesmo fica sujeito a um esforço de torção, usualmente não previsto no seu dimensionamento.

Desta forma, a elaboração de sistemas de proteção anti-impacto e de recuperação da estabilidade destes produtos atingidos ou acidentados vêm a contribuir para a redução dos custos de manutenção ou substituição.

Em algumas regiões do Estado da Bahia têm-se, ainda, o problema da existência de solos instáveis, como é o caso do massapê. Neste tipo de solo, encontra-se especial dificuldade em manterem-se os postes de concreto em posição vertical, alinhado com a RD e apurados, uma vez que, em razão da sazonalidade, tal solo se apresenta sob diferentes características ao longo do tempo, as quais contribuem para a sua movimentação diferencial com conseqüente influência na estabilidade de artefatos ali implantados.

Para a solução ou minimização deste problema, pode-se lançar mão do uso, sob os postes, de fundações apoia-

Este trabalho foi apoiado pela COELBA e desenvolvido pelo LACTEC.
K. F. Portella - LACTEC (e-mail: portella@lactec.org.br).
A. Joukoski - LACTEC (e-mail: alex@lactec.org.br).
M.S.Cabussú - COELBA (e-mail: mcabussu@coelba.com.br).
D. P. Cerqueira - COELBA (e-mail: dcerqueira@coelba.com.br).
B. L. MEDEIROS - LACTEC (e-mail: betina@lactec.org.br).
L. A. de Lacerda - LACTEC (e-mail: alkimin@lactec.org.br).
M. A. D. Bomfim - LACTEC (e-mail: mbomfim@coelba.com.br).
P. A. de Oliveira - LACTEC (e-mail: oliveira@lactec.org.br).
P. V. Guimarães Júnior - LACTEC (e-mail: pv.gui@hotmail.com)

das em solo estável e determinadas após sondagens geotécnicas e estudos específicos.

Outra possibilidade, cuja eficácia deve ainda ser verificada, diz respeito ao uso de placas auxiliares fixadas no trecho de engastamento do fuste dos postes, as quais serviriam para aumentar a área de contato com o solo problemático e, possivelmente, minimizar a movimentação ou inclinação destes artefatos, tornando-os mais estáveis.

II. ESTADO DA-ARTE

No Estado do Paraná, no ano de 2009, a cidade de Londrina tornou-se o primeiro lugar em estatística de postes derrubados por impactos de veículos, chegando a um índice de colisões de 31,13, contra 22,2 da capital Curitiba. Além dos riscos de lesões e de morte dos envolvidos no impacto, houve o prejuízo por danos materiais que foram repassados diretamente ao condutor, no valor de R\$ 1.500,00. No mesmo ano, os dados estatísticos indicaram que cerca de 5 mil residências podem ficar sem energia elétrica por causa de 1 poste danificado, durante 4 h.

No ano de 2008, houve uma média de 32 postes/mês abalroados no Estado. Trabalhos de proteção da RD também foram veiculados na imprensa, destacando-se a colocação de manilha no entorno do poste com enchimento de concreto [19, 20].

No Estado da Bahia foram abalroados 452 postes no ano de 2009, cerca de 1,2 postes por dia [21]. Um exemplo destes está mostrado na Figura 1.



Figura 1. Exemplo de dano físico causado a um poste de seção transversal circular em uma avenida de Salvador, BA.

Marquis [22] concluiu seus estudos para a diminuição das colisões em postes na região de Augusta, nos EUA, estabelecendo distâncias mínimas de afastamento deste tipo de estrutura das avenidas, conforme a velocidade média permitida no local, sendo, como exemplos, a retirada dos mesmos nos locais de alta periculosidade ou de incidências e, para as ruas e avenidas cuja velocidade média dos veículos fica entre 40 e 55 km/h, a distância mínima de afastamento recomendável do poste é de 2,4 m; aumentando para 6 m o afastamento dos mesmos para as regiões cuja velocidade definida é de 80 km/h. Para as ruas e avenidas de Salvador, este tipo de solução é não praticável pelo fato das velocidades médias locais serem da ordem de 60 a 70 km/h, recomendando-se 4,3 m de afastamento. A maioria dos locais de instalação da RD não comporta tais afastamentos da zona de impacto ou colisão. Também, no presente relatório constam anteparos feitos de aço, concreto e outras barreiras para evitar se atingir a estrutura da rede.

A. TIPOS DE POSTES PARA RD

Três tipos de materiais são atualmente utilizados em estruturas tipo poste para as RDs, sendo os poliméricos, destacando-se nesta classe os artificiais com matriz polimérica à base de resinas (sendo as mais comuns as poliésteres) contendo em seu interior fibras de vidro dispostas em malha e longitudinalmente; os naturais, evidenciando-se neste caso os postes de madeira; os postes de concreto, que têm como vantagens a possibilidade de fabricação local e na quantidade desejada; e os metálicos, pela facilidade de transporte, modulação e peso mais acessíveis. Dentre as propriedades mais relevantes para este tipo de estrutura, são evidenciadas a quantidade disponível, a durabilidade, o peso, a resistência e a facilidade de transporte e montagem. Na Bahia, optou-se pelo uso de postes de concreto pela rapidez e facilidade de entrega. Também, verificou-se a influência danosa de microorganismos em postes de madeira instalados na região. Outro fato constatado foi a quantidade de postes de madeira com fendas longitudinais e prejudiciais à sua resistência, quando comprado e transportado de outras regiões do país.

III. EXPERIMENTAL

A. FABRICAÇÃO DE ACESSÓRIOS PARA JUNÇÃO DE POSTES MODULARES DE CONCRETO

Foram estudados acessórios para a junção de postes modulares correspondentes a uma luva externa e uma cunha interna, ambas em concreto, conforme ilustração apresentada na Figura 2. Também, foram estudados modelos para o aproveitamento de postes circulares e tipo duplo T, já fabricados e seus respectivos dispositivos de junção.

Para os postes tipo duplo T fabricados para a COELBA, foram verificadas em campo as dimensões da sua seção transversal, a fim de que se pudesse calcular os esforços estruturais a que o mesmo estivesse sujeito quando da separação das partes. Este procedimento foi efetuado por corte com ferramenta manual com disco diamantado e as respectivas medidas efetuadas com paquímetro. Também, foi feita a identificação da armadura de aço existente na seção.

Traços de concreto melhorados e com resíduos poliméricos foram produzidos para a verificação de seus desempenhos quanto às suas propriedades mecânicas e uso em postes e nestes dispositivos.



Figura 2. Modelo de luva idealizado para a junção de módulos de postes (produto sob solicitação de registro de patente junto ao I.N.P.I.).

B. ARTEFATOS DE CONCRETO NA BAHIA

Todos os materiais básicos (cimento e agregados) empregados foram os mesmos utilizados no dia-a-dia das fábricas locais. A sílica ativa e o metacaulim foram adquiridos na região de Salvador, enquanto que a borracha de pneu foi levada de Curitiba.

Antes da concretagem dos postes uma barra de aço (vergalhão) foi fixada por meio de solda à armadura de cada um dos artefatos, de maneira a ficar exposto um pedaço com aproximadamente 2 cm, conforme ilustrado na Figura 3. Esta barra serviu como ponto de contato (eletrodo de trabalho) para a medição do potencial elétrico da armadura durante o envelhecimento natural da estrutura.



Figura 3. Foto ilustrativa do eletrodo mantido externo ao concreto para a realização de medidas eletroquímicas como do potencial de corrosão da armadura.

A primeira dosagem efetuada seguiu o traço padrão de concreto “R”, ou seja, sem a utilização de quaisquer adições. Os dados deste traço (“slump” de referência= 20 a 40 mm) encontram-se apresentados na sequência: 2 sacos de 50 kg de cimento CII-Z 32 RS, totalizando 100 kg; 2 carros de areia de 76,6 l, totalizando 153,2 l ou 190 kg; 2 carros de brita de 105 l, totalizando 210 l ou 310,8 kg; e 51 l (51 kg) de água (umidade da areia: 0,5%; umidade da brita: 0,18%).

As duas misturas subsequentes foram executadas com a adição de sílica ativa “S” e de metacaulim “M”, respectivamente, ambas com teor de 8% de adição em relação ao peso de cimento e em substituição parcial ao mesmo. No quarto e último traço “B” foi efetuada a adição de borracha de pneu granulada, em teor de 2,5% em relação ao peso de areia e em substituição parcial à mesma.

Em todos os traços, exceto o R, foi necessário o uso de aditivo plastificante, em teores de 1,0 a 1,2% em relação ao peso de material cimentício.

Foram fabricados, ao todo, 16 postes e 16 cruzetas, sendo 4 postes e 4 cruzetas de cada traço.

C. ESTUDOS PRELIMINARES PARA FABRICAÇÃO DOS ARTEFATOS

Duas propostas para postes modulares foram avaliadas: i) poste modular em fibra de vidro com resina; e ii) poste modular em concreto.

A avaliação do desempenho das duas propostas foi efetuada em uma bancada de testes tradicional.

Foi verificado nas fábricas locais a possibilidade de se produzirem postes bi-partidos em concreto. Para tanto, foram disponibilizadas fôrmas de postes duplo T, para a realização dos testes e moldagem experimental dos artefatos.

D. SISTEMA DE PROTEÇÃO DE COLISÕES EM POSTES

Para a realização dos testes de impacto em postes foi desenvolvido um dispositivo circular com diâmetro superior ao dos postes em material compósito, sendo a sua matriz constituída de resina poliéster com fibras de vidro dispostas em malha e longitudinais.

Entre o vazio do sistema de proteção (luva) e o poste, foram estudados materiais de enchimento como areia, argamassa polimérica, areia com EVA e pneus, conforme ilustrado na Figura 4.

Complementando os ensaios para as luvas de proteção de impactos foram realizados testes de compressão em pedaços destas cortadas em anéis a partir de um segmento do material. O sentido de aplicação da carga se assemelhou ao de um impacto sobre o dispositivo, ou seja, radial. Esse ensaio teve o intuito de avaliar, embora grosseiramente, a magnitude do carregamento capaz de danificar o dispositivo. A rigor, a resistência do dispositivo é superior aos valores que foram apresentados, uma vez que a contribuição proveniente da continuidade do duto (sentido longitudinal) não foi considerada.



Figura 4. Preenchimento do sistema anti-impacto com material compósito.

1) Ensaio de “crash-test” em postes de concreto

Com o objetivo de simular o impacto de veículos contra postes de concreto, optou-se por fazer ensaios de “crash-test” em uma via permanente com vagonete adaptada trafegando sobre trilhos. A quantidade de energia despendida no impacto é equivalente a de um veículo de 1 t trafegando a 45 km/h. Desta forma, a energia cinética deste impacto foi calculada pela Equação 1, dada a seguir, sendo equivalente a 78 kJ.

$$E_c = \frac{mv^2}{2} \quad (1)$$

Para o teste, foi proposta a construção de uma via permanente em declive com 60 m de extensão e 15% de caimento com a ação da componente da gravidade acelerando a vagonete no seu percurso até o poste.

2) Projeto da via permanente

Na escolha do local para a construção da via permanente foi levado em consideração o atendimento aos requisitos necessários para a realização do ensaio (declividade e segurança), provendo acessibilidade para um caminhão “Munck” para o transporte e a instalação dos postes. Uma imagem da via está apresentada na Figura 5.

A vagonete foi dimensionada de modo a poder resistir à repetição dos impactos. Para isto, foram previstas na sua caçamba chapas de aço com 9,5 mm de espessura reforçadas com um pára-choque em perfil I, provido de enrijecedores a cada 20 mm. O chassi e o rodado ferroviário foram preservados do impacto direto com o provimento de um grau de liberdade independente destes em relação à caçamba. Este movimento independente entre os conjuntos caçamba e chassi foi ainda amortecido com o emprego de molas.

E. PLACAS DE ESTAI OU BAINHAS PARA FIXAÇÃO DO ALINHAMENTO DE POSTES EM SOLO TIPO MASSAPÊ

Para a modelagem de placas estai ou bainha, para minimizar o efeito da deformação do solo sobre a base do poste, foram estudadas quatro configurações distintas: em manilha, contendo no seu interior areia natural lavada, por ser uma das formas utilizadas pela equipe de manutenção da COELBA para as situações de grande deformação de solo; e outras três envolvendo geometrias diferenciadas.



Figura 5. Local produzido para a realização do ensaio de “crash-test”.

Os testes de deformação do alinhamento dos postes foram efetuados após um período de chuvas intensas na cidade, fazendo com que o solo ficasse na condição de saturado em água, de forma a simular o terreno com solo massapê da região da Bahia.

Para a execução dos testes, 1 cabo de aço foi preso no topo do poste, próximo à cruzeta, sendo a outra extremidade engatada em uma tirfor e em um dinamômetro digital, marca Filizola, para a medida contínua da tensão aplicada no poste.

Uma das pontas de um outro cabo foi amarrado na cruzeta e a outra extremidade a um peso suspenso para a verificação da verticalidade e alterações angulares provenientes da deformação do poste em relação ao solo. Uma foto ilustrativa do sistema de deformação em solo encharcado, encontra-se mostrada na Figura 6.



Figura 6. Figura ilustrativa do sistema forçado de deformação da estrutura em concreto, poste tipo duplo T, em solo encharcado.

As medidas de deformação foram feitas a cada força equivalente a 10 daN aplicada ao cabo desde o repouso (0 daN) até a carga nominal do poste, equivalente a 150 daN, a 30 cm do solo e paralelamente a este. A sua verticalidade e flexão foram medidas a partir da inclinação do fio de prumo ao poste, a cada carga aplicada.

Os valores foram tabelados e avaliados na forma gráfica.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No desenvolvimento do projeto, tiveram-se os seguintes produtos e desempenhos: 1) uma fôrma para emendas de postes de concreto circulares, tipo modulado, para a realização de emendas em campo pela equipe de manutenção de RD.

Duas novas peças, uma luva externa ou anel e uma cunha interna, unidas por um graute de alta resistência inicial, veio a facilitar o transporte dos postes de dupla seção em caminhões de menor porte, diminuindo-se o peso de cada seção.

Os resultados experimentais de resistência à flexão demonstraram que o poste modulado emendado resistiu sem rompimento a cerca de 2 vezes a resistência nominal do pos-

te inteiro, sem emenda. A idéia do produto está sendo registrada para a solicitação e pedido de patente no I.N.P.I., devendo ser usada, também, para a recuperação prática de postes abalroados; 2) moldes de concreto para sustentação da verticalidade de postes em solos tipo massapê. O sistema com manilha e areia foi idealizado e testado até a carga nominal do poste de 150 daN, comparativamente ao da referência, sem base adicional. O sistema de manilha com areia interna teve um bom desempenho (cerca de 1/3 da deformação da referência) e teve sua melhor praticidade de uso em campo; 3) ferrovia para “crash-test” (Figura 7). Foi projetada e montada uma ferrovia com comprimento de 60 m com 15% de caimento, onde uma vagonete com 970 kg e carga adicional de 600 kg percorreu a sua extensão chegando a colidir contra o alvo, um poste com sistema ou não de proteção tipo “guard-rail”, a uma velocidade final de até 52,8 km/h e energia cinética de colisão de 108 kJ.

O produto serviu para os objetivos propostos de simular o impacto de um veículo tipo 1000 cilindradas colidindo contra um poste da RD, a velocidade próxima de 40 km/h. Este produto está sob análise para solicitação de registro de patente no I.N.P.I.; 4) anel de proteção contra impacto.

Foram desenvolvidos e testados diversos anéis em PRFV, preenchidos com mistura de uma carga em areia e E.V.A. para a proteção contra colisões em postes da RD. Os resultados mostraram que este tipo de sistema foi viável por absorver boa parte da energia da colisão, podendo ser utilizado em diâmetros maiores e compatíveis com o local de impacto.



Figura 7. Frames do momento do impacto no poste de fibra.

A vantagem adicional observada foi que no momento da colisão (Figura 8), a estrutura se deformou sem lançar pedaços de material como é o caso das estruturas de concreto tipo manilha que vêm sendo utilizadas nesta prática. Este produto também está sob análise para a solicitação de registro

de patente no I.N.P.I.; 5) postes em PRFV modulados e com recobrimento de gel anti UV. Foram testados postes em PRFV quanto à sua praticidade de transporte terrestre e fluvial, no caso, marítimo, com ótimo desempenho, chegando a economizar metade do tempo de transporte e mais de 3 vezes o seu tempo de instalação. O transporte dos mesmos pode ser visualizado na Figura 9. O sistema modulado permitirá transportar cerca de 90 kg por módulo, não havendo necessidade do uso de caminhões nas regiões remotas montanhosas ou em ilhas; 6) finalmente, foram desenvolvidos postes e cruzetas de distribuição contendo resíduos como insumos, como os postes com 4,75% em peso de borracha de pneu e outros dois contendo 8% de metacaulim e, também, 8% de sílica ativa. O desempenho mecânico dos produtos desenvolvidos foi similar ao de referência, mas, com até 26% a menos de coeficiente de absorção de água. Esta propriedade passa a ser importante nas regiões de alta agressividade salina, pela diminuição do processo de difusão por poros no seu interior. Na Figura 10, encontram-se ilustrados os produtos desenvolvidos e estudados quanto ao seu desempenho em região de alta salinidade, pela proximidade à orla marítima da Bahia. O poste em compósito foi avaliado durante o período de exposição, somente, por inspeção visual e, os de concreto, via potencial de corrosão da armadura.



Figura 8. Sistema de proteção anti-impacto desenvolvido e sua deformação após o teste de colisão efetuado.



Figura 9. Transporte de postes em compósito via marítima.



Figura 10. Conjunto de postes em concreto e composto sendo estudado em estação de intemperismo natural localizada a 150 m da praia, na região de Saúpe, BA.

V. CONCLUSÕES

No presente estudo foram idealizados e desenvolvidos 4 acessórios para emprego direto nas RDs, sendo observado que por serem produtos de engenharia, testes adicionais deverão ser realizados para a certificação de sua eficácia em campo.

Todos os produtos idealizados tiveram seus desempenhos testados nas condições de solicitações externas normalmente impostas e com resultados promissores, sendo efetuada a solicitação de registro de patente junto ao I.N.P.I.

VI. AGRADECIMENTOS

No presente estudo foram utilizados mão de obra, materiais e infraestrutura adicionais aos do LACTEC e COELBA. Assim, a equipe do projeto vem a público agradecer às empresas PETROFISA S. A., bem como ao CNPq/PQ e CNPq/PIBITI pelo fomento em bolsas de estudo fornecidas.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] V. M. JOHN, A. JUST, C. B. DELGADO, T. C. ANDRADE. "Avaliação de desempenho em postes de energia elétrica em concreto armado (região não agressiva)."
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8451. "Postes de concreto armado para redes de distribuição de energia elétrica - Especificação", 1998. 13 p.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8452. "Postes de concreto armado para redes de distribuição de energia elétrica - Padronização", 1998. 10 p.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8453. "Cruzeta de concreto armado para redes de distribuição de energia elétrica - Especificação", 1984. 12 p.
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8454. "Cruzeta de concreto armado para redes de distribuição de energia elétrica - Dimensões", 1984. 6 p.
- [6] A. CIPOLI. "Engenharia de Distribuição". Editora Quality Mark, 1993.
- [7] W. D. CALLISTER JR. "Ciência e Engenharia de Materiais". Editora LTC, 2000.
- [8] L. H. VAN VLACK. "Princípios de Ciência e Tecnologia dos Materiais". Editora Campus, 4a. Edição, 1994.
- [9] J. Mc GREGOR. "Reinforced Concrete: Mechanics and Design". Editora Prentice Hall, 2004.
- [10] P. B. FUSCO. "Estruturas de Concreto - Solicitações Normais". Editora LTC, 1985.
- [11] J. C. MC CORMAC. "Structural Steel Design: LFRD Method". Editora Prentice Hall, 2003.
- [12] W. PFEIL. "Estruturas de Aço - Dimensionamento Prático". Editora LTC, 1995.
- [13] COELBA. "Normas e instruções de padrões de estruturas para linhas de distribuição rural".
- [14] CCON. "Normas e instruções de padrões de estruturas para linhas de distribuição rural".
- [15] CODI. "Normas e instruções de padrões de estruturas para linhas de distribuição rural".

- [16] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. "Normas para padrões de linhas de distribuição rural".
- [17] I. CAMARGO. "Noções Básicas de Engenharia Econômica - Aplicações ao Setor Elétrico". Finatex, 1998.
- [18] COELBA. "Especificação de Estruturas de Concreto Armado", 2ª Ed., VR01.02-00.015, 2008.
- [19] <http://portal.rpc.com.br/jl/online/conteudo.phtml?tl=1&id=994156&tit=Postes-terao-protecao-contra-acidentes>
- [20] <http://www.sintrascoopa.com.br/?p=15738>, acessado em 28/04/2010.
- [21] <http://correio24horas.globo.com/noticias/noticia.asp?codigo=53464&mdl=50>, acessado em maio de 2010.
- [22] Marquis, Brian. Utility pole crash modeling. Report ME 00-8, Maine Department of Transportation, Augusta, EUA, 2001.