12/01/2015 - A temporada dos raios está para começar e todo cuidado é pouco

*Por Mauricio Ferraz de Paiva**

Depois que quatro pessoas morreram no início da tarde do dia 29 de dezembro de 2014, ao serem atingidas por um raio, já que a descarga elétrica caiu sobre um quiosque localizado na beira da praia no Canto do Forte, em Praia Grande, no litoral de São Paulo, as pessoas precisam entender os riscos de uma tempestade. Um raio pode produzir uma carga de energia cujos parâmetros chegam a atingir valores de 125 milhões de volts, 200 mil ampères e 25 mil graus Celsius. Geralmente, os raios caem mais de uma vez em um mesmo local quando este apresenta grande incidência de raios. Como exemplo pode-se citar o monumento Cristo Redentor, que é atingido anualmente por uma média de seis raios (ou mais). Eles são descargas elétricas de grande intensidade que conectam as nuvens de tempestade na atmosfera e o solo. Em geral possuem intensidades da ordem de 10 kA e percorrem distâncias da ordem 5 km. Qual a diferença entre relâmpagos e raios? Relâmpagos são todas as descargas elétricas geradas por nuvens de tempestades, independentemente se conectam ou não o solo. Já os raios são somente as descargas que se conectam ao solo.

Na verdade, a melhor proteção contra raios é oferecida pelo para-raios, aparelho relativamente simples desenvolvido por Benjamin Franklin em 1752. Consta de três elementos principais – um mastro com captador, um aterramento e um cabo de ligação preso a isoladores. Não obstante a simplicidade, os parâmetros obedecem a especificações técnicas que obrigam a contratação de pessoal ou firma com qualificações adequadas para a instalação do para-raios. A zona de atuação do para-raios faz um ângulo de 55º com a ponta do captor formando um cone de segurança. O único tipo de para-raios permitido é o Franklin, já que o radioativo está proibido desde 1989.

Durante a formação de uma tempestade, verifica-se que ocorre uma separação de cargas elétricas, ficando as nuvens mais baixas eletrizadas negativamente, enquanto as nuvens mais altas se eletrizam positivamente. Várias experiências realizadas por pilotos de avião voando perigosamente através de tempestades, comprovaram a existência desta separação de cargas. Pode-se concluir que existe, portanto, um campo elétrico entre as nuvens mais baixas e mais altas. A nuvem mais baixa, carregada negativamente, induz na superfície terrestre uma carga positiva, criando um campo elétrico entre elas.

À medida que vão se avolumando as cargas elétricas nas nuvens, a intensidade destes campos vai aumentando, acabando por ultrapassar o valor da rigidez dielétrica do ar. Quando isso acontece, o ar torna-se condutor e uma enorme centelha elétrica (relâmpago) salta de uma nuvem para outra ou de uma nuvem para a Terra. Essa descarga elétrica aquece o ar, provocando uma expansão que se propaga em forma de uma onda sonora que chega diretamente da descarga, como também pelas ondas refletidas em montanhas, prédios, etc.

A NBR 5419 (NB165) de 07/2005 - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas acaba de ser confirmada e fixa as condições exigíveis ao projeto, instalação e manutenção de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) de estruturas, bem como de pessoas e instalações no seu aspecto físico dentro do volume protegido. Um sistema de proteção contra relâmpagos tem como objetivo blindar uma estrutura, seus ocupantes e seus conteúdos dos efeitos térmicos, mecânicos e elétricos associados com os relâmpagos.

O sistema atua de modo que a descarga atmosférica possa entrar ou sair do solo sem passar através das partes condutoras da estrutura ou através de seus ocupantes, danificando-os ou causando acidentes. Um sistema de proteção contra relâmpagos não impede que o relâmpago atinja a estrutura, ele promove um meio para controlar e impedir danos através da criação de um caminho de baixa resistência elétrica para a corrente elétrica fluir para o solo. A ideia de proteger prédios e outras estruturas dos efeitos diretos dos relâmpagos através do uso de condutores foi pela primeira vez sugerida cerca de dois séculos atrás por Benjamin Franklin.
Os principais componentes de um sistema de proteção contra relâmpagos ou sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) são: terminais aéreos; condutores de descida; terminais de aterramento; e condutores de ligação equipotencial. Os terminais aéreos, conhecidos como para-raios, são hastes condutoras rígidas montadas em uma base com o objetivo de capturar o relâmpago.
Eles devem ser instalados nos pontos mais altos da estrutura. Algumas vezes, estas hastes são interligadas através de condutores horizontais. Os condutores de descida são cabos que conectam os terminais aéreos aos terminais de aterramento. Os terminais de aterramento são condutores que servem para conectar os condutores de descida ao solo.
Eles são tipicamente condutores de cobre ou revestidos com cobre enterrados no solo. O nível de aterramento depende bastante das características do solo. Os condutores de ligação equipotencial, por sua vez, são condutores que visam igualar o potencial entre os diferentes condutores para impedir descargas laterais.
O relâmpago é uma corrente elétrica muito intensa que ocorre na atmosfera com típica duração de meio segundo e típica trajetória com comprimento de 5 a 10 quilômetros. Ele é consequência do rápido movimento de elétrons de um lugar para outro. Os elétrons se movem tão rápido que fazem o ar ao seu redor iluminar-se, resultando em um clarão, e aquecer-se, resultando em um som (trovão).
Apesar de estarem normalmente associados a tempestades, também podem ocorrer em tempestades de neve, tempestades de areia, durante erupções vulcânicas, ou mesmo em outros tipos de nuvens, embora nestes casos costumem ter extensões e intensidade bem menores. Quando a descarga conecta-se ao solo é chamada de raio que é formado por mais de uma descarga e algumas delas podem atingir o solo em locais diferentes. Em cerca de 50% dos raios negativos mais de um ponto é atingido no solo.
Diferentemente do que se acredita, a energia dos relâmpagos não é muito grande. Considerando que um relâmpago nuvem solo transporta uma carga elétrica média de 10 C, e que a tensão ao longo do canal é em torno de 100 milhões de volts, então a energia elétrica total do relâmpago é de 109 J, ou seja, cerca de 300 kWh. A maior parte da energia do relâmpago (mais de 95%) é gasta na expansão do ar nos primeiros metros ao redor do canal, sendo o restante convertida em energia térmica (cerca de 1%), energia acústica (cerca de 1%) e energia eletromagnética (cerca de 0,1% sobre a forma de sferics e cerca de 1% na forma de luz).
Portanto, cerca de 1% da energia total do relâmpago pode ser aproveitada no solo. Uma torre com uma altura em torno de 100 m instalada em um local apropriado para captar os relâmpagos, ela provavelmente seria atingida por algo em torno de dez a 20 relâmpagos por ano. Em suma, isto representaria algo em torno 50 kWh por ano, o que seria suficiente para o consumo de apenas uma única residência. Portanto, podemos concluir que, do ponto de vista da utilização como uma fonte de energia, a utilização de relâmpagos nuvem solo é inviável.
A manufatura reversa é o sentido contrário da fabricação, portanto cada parte de um aparelho

é separada e identificada sendo colocada em um recipiente conforme seu tipo. O resultado é que a acumulação de determinado material deixa de ser uma peça qualquer e se transforma em uma matéria prima, ou que contenha conteúdo valorizável por algum processo, passando a ser uma commodity com preço de mercado regulado. Podem ser plásticos em suas variadas composições, metálicos em seus vários tipos, incluindo os parafusos, molas, contatos e mais celulose, emborrachados, vidro, madeira, placas eletrônicas, peças e componentes reaproveitáveis.

Portanto, basicamente, a manufatura reversa é o desmontar e separar as partes que compõe quaisquer aparelhos e sua seleção por tipo, de forma ordenada e técnica para que sejam reciclados. Assim economiza-se matéria prima primária retirada da natureza. E uma vez processada a matéria prima, sua reciclagem tem menor custo, possibilitando um novo ciclo economicamente viável e adequado para a preservação ambiental.

Uma típica nuvem de tempestade contém algo em torno de meio milhão de toneladas de gotículas de água e partículas de gelo de diferentes tamanhos, das quais cerca de 20% atingem o solo sob a forma de chuva. O restante evapora ou fica na atmosfera sob a forma de nuvens. Dentro da nuvem estas partículas tendem a ser levadas para cima por fortes correntes de ar ascendentes com velocidades que variam desde alguns poucos quilômetros por hora até 100 km/h. Ao mesmo tempo, devido à gravidade, elas tendem a cair.

Pesquisas já indicaram visíveis aumentos de incidência de raios em áreas urbanas. Essa maior incidência de raios está relacionada ao aumento de temperatura (fenômeno conhecido como “ilha de calor”) e de poluição nos centros urbanos. Um raio, composto por várias descargas, pode durar até dois segundos, embora em geral dure cerca de meio a um terço de segundo. No entanto, cada descarga que compõe o raio dura apenas frações de milésimos de segundos.

O trovão é o som produzido pelo rápido aquecimento e expansão do ar na região da atmosfera onde a corrente elétrica do raio circula. Embora o som ensurdecedor de um trovão assuste a maioria das pessoas, em geral ele é inofensivo.

Contudo, o deslocamento de ar pode derrubar uma pessoa que esteja muito perto do local de incidência do raio, podendo até causar sua morte. A intensidade de qualquer som é geralmente dada em decibéis. Um trovão intenso pode chegar a 120 decibéis, uma intensidade comparável à que ouve uma pessoa que está nas primeiras fileiras de um show de rock.

Para saber se um raio caiu perto, observe a luz produzida pelo raio que chega quase que instantaneamente à visão de quem o observa. Já o som (trovão) demora um bom tempo, pois a sua velocidade é menor. Para obter a distância aproximada em quilômetros, basta contar o tempo (em segundos) entre o momento que se vê o raio e se escuta o trovão e dividir por três. Um trovão dificilmente pode ser ouvido se o raio acontecer a uma distância maior do que 20 quilômetros.

A chance de uma pessoa ser atingida diretamente por um raio é muito baixa, sendo em média menor do que um para um milhão. Contudo, se a pessoa estiver numa área descampada embaixo de uma tempestade forte esta chance pode aumentar em até um para mil. Entretanto, não é a incidência direta do raio a maior causadora de mortes e ferimentos. Geralmente isso acontece por efeitos indiretos associados a incidências próximas ou efeitos secundários dos raios.

As descargas também provocam incêndios ou queda de linhas de energia, o que pode atingir uma pessoa. A corrente do raio pode causar queimaduras e outros danos a diversas partes do corpo. A maioria das mortes de pessoas atingidas por raio é causada por parada cardíaca e respiratória. Grande parte dos sobreviventes sofre por um longo tempo de sérias sequelas

psicológicas e orgânicas.
Para evitar acidentes com relâmpagos as seguintes regras de proteção pessoal, devem ser seguidas: se possível, não saia para a rua ou não permaneça na rua durante as tempestades, a não ser que seja absolutamente necessário. Nestes casos, procure abrigo nos seguintes lugares: o carros não conversíveis, ônibus ou outros veículos metálicos não conversíveis; em moradias ou prédios, de preferência para as que possuam proteção contra raios; em abrigos subterrâneos, tais como metrôs ou túneis, em grandes construções com estruturas metálicas, ou em barcos ou navios metálicos fechados.
Se estiver dentro de casa, evite: usar o telefone com fio ou celular ligado à rede elétrica (utilize telefones sem fio); ficar próximo de tomadas e canos, janelas e portas metálicas; e tocar em qualquer equipamento elétrico ligado a rede elétrica. Se estiver na rua, evite: segurar objetos metálicos longos, tais como varas de pesca e tripés; empinar pipas e aeromodelos com fio; andar a cavalo.
Se possível, evite os seguintes lugares que possam oferecer pouca ou nenhuma proteção contra raios: pequenas construções não protegidas, tais como celeiros, tendas ou barracos; veículos sem capota, tais como tratores, motocicletas ou bicicletas; estacionar próximo a árvores ou linhas de energia elétrica. Se possível, evite também certos locais que são extremamente perigosos durante uma tempestade, tais como: topos de morros ou cordilheiras; topos de prédios; áreas abertas, campos de futebol ou golfe; estacionamentos abertos e quadras de tênis; proximidade de cercas de arame, varais metálicos, linhas aéreas e trilhos; proximidade de árvores isoladas; estruturas altas, tais como torres, linhas telefônicas e linhas de energia elétrica.
Se você estiver em um local sem um abrigo próximo e sentir que seus pelos estão arrepiados, ou que sua pele começou a coçar, fique atento, já que isto pode indicar a proximidade de um raio que está prestes a cair. Neste caso, ajoelhe-se e curve-se para frente, colocando suas mãos nos joelhos e sua cabeça entre eles. Não fique deitado.
Um sistema de proteção contra relâmpagos tem como objetivo blindar uma estrutura, seus ocupantes e seus conteúdos dos efeitos térmicos, mecânicos e elétricos associados com os relâmpagos. O sistema atua de modo que a descarga atmosférica possa entrar ou sair do solo sem passar através das partes condutoras da estrutura ou através de seus ocupantes, danificando-os ou causando acidentes. Um sistema de proteção contra relâmpagos não impede que o relâmpago atinja a estrutura, ele promove um meio para controlar e impedir danos através da criação de um caminho de baixa resistência elétrica para a corrente elétrica fluir para o solo.
Os principais componentes de um sistema de proteção contra relâmpagos ou sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) são: terminais aéreos; condutores de descida; terminais de aterramento; e condutores de ligação equipotencial. Os terminais aéreos, conhecidos como para-raios, são hastes condutoras rígidas montadas em uma base com o objetivo de capturar o relâmpago.
Eles devem ser instalados nos pontos mais altos da estrutura. Algumas vezes, estas hastes são interligadas através de condutores horizontais. Os condutores de descida são cabos que conectam os terminais aéreos aos terminais de aterramento. Os terminais de aterramento são condutores que servem para conectar os condutores de descida ao solo.
Eles são tipicamente condutores de cobre ou revestidos com cobre enterrados no solo. O nível de aterramento depende bastante das características do solo. Os condutores de ligação equipotencial, por sua vez, são condutores que visam igualar o potencial entre os diferentes

condutores para impedir descargas laterais.
As descargas laterais, também conhecidas como correntes de sobretensão, são causadas por diferenças de potencial entre a corrente, percorrendo o condutor, e objetos próximos. Elas são resultados da resistência finita dos condutores à passagem de corrente elétrica e à indução magnética. Para estruturas com alturas superiores a 20m, esta teoria não é aplicável. Nestes casos, aplica-se a teoria conhecida como teoria da esfera rolante.
Esta teoria é baseada no conceito de distância de atração, que é a distância entre a ponta do líder escalonado e o ponto de queda do relâmpago no solo no instante da quebra de rigidez dielétrica do ar próximo ao solo. A zona de proteção calculada por esta teoria é em geral menor que aquela obtida pela teoria do cone de proteção.
A chance de uma pessoa ser atingida diretamente por um raio é muito baixa, sendo em média menor do que um para um milhão. Contudo, se a pessoa estiver numa área descampada em baixo de uma tempestade forte esta chance pode aumentar em até um para mil. Entretanto, não é a incidência direta do raio a maior causadora de mortes e ferimentos.
Geralmente isso acontece por efeitos indiretos associados a incidências próximas ou efeitos secundários dos raios. As descargas também provocam incêndios ou queda de linhas de energia, o que pode atingir uma pessoa. A corrente do raio pode causar queimaduras e outros danos a diversas partes do corpo. A maioria das mortes de pessoas atingidas por raio é causada por parada cardíaca e respiratória. Grande parte dos sobreviventes sofre por um longo tempo de sérias sequelas psicológicas e orgânicas.

* Mauricio Ferraz de Paiva é engenheiro eletricista, especialista em desenvolvimento em sistemas, presidente do Instituto Tecnológico de Estudos para a Normalização e Avaliação de Conformidade (Itenac) e presidente da Target Engenharia e Consultoria - mauricio.paiva@target.com.br

INFORMAÇÕES PARA IMPRENSA
HAYRTON RODRIGUES DO PRADO FILHO