

Análise do efeito de descargas elétricas atmosféricas em tanque de armazenamento com isolamento térmico

1. Introdução

A presença de correntes elétricas sobre o teto de um tanque de armazenamento de combustível pode ter origem em raios que atingem diretamente o teto, porém são mais frequentes as devidas à indução no teto, provocadas por queda de raios próximos ao tanque.

Quando uma descarga atmosférica atinge um tanque de armazenamento, podem acontecer:

- A condução da corrente da descarga atmosférica através do teto metálico ou, quando for o caso, pelo Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas - SPDA, se existir, sem causar nenhum problema.
- Perfurações nas chapas metálicas e conseqüentemente incêndio e/ou explosões;
- A geração de pontos quentes nas chapas metálicas, sem perfuração, mas com conseqüentemente incêndio e/ou explosões.

Nota:

Conforme a Norma brasileira ABNT NBR 5419 ponto quente é o aquecimento em uma chapa metálica no lado oposto ao ponto de impacto e susceptível de causar inflamação de gases ou vapores em áreas classificadas.

- Descargas em pontos críticos do tanque (partes isolantes, sensores, fiações etc.), devido à diferença de potenciais criada pela passagem da corrente da descarga ou por efeitos de indução dessa corrente; dando início a incêndios e/ou explosões,

O raio ao atingir o teto metálico, fixo ou flutuante, a corrente elétrica flui sobre a superfície externa do teto em direção à borda do teto e através do costado, também metálico, do tanque para o solo ou sistema de malha de aterramento elétrico.

Por outro lado, antes de uma eventual queda de raio, cargas elétricas se acumulam no céu, e por indução, uma carga positiva pode ser induzida na superfície do costado e no teto do tanque. Isso acaba por criar uma diferença de potencial entre o teto e o costado, o que pode resultar em corrente elétrica fluindo sobre o teto.

No caso do teto flutuante, há uma peculiaridade, pois na borda existe uma descontinuidade, devido ao espaço vazio entre o costado e o teto do tanque, que impede que a corrente flua, daí ser necessários dispositivos que garantam a conexão elétrica, entre o teto flutuante e o costado

Pela Norma brasileira ABNT NBR 5419 os tanques de teto metálico são considerados auto protegidos, desde que contemplem simultaneamente os seguintes requisitos:

1. Todas as juntas entre as chapas metálicas do teto, costado e fundo, devem ser soldadas;
2. As tubulações externas ligadas aos bocais do tanque devem ser conectadas a um sistema de aterramento elétrico;
3. Todas as tubulações que penetram no tanque devem ser eletromecanicamente ligadas a ele no ponto de entrada, de modo a assegurar equalização de potencial;
4. Nos demais bocais ligados a acessórios, instrumentos, amostradores do produto, e tubulações que penetram no tanque, deve haver ter ligação elétrica com o costado ou o teto do tanque;
5. O teto flutuante deve ter conexão elétrica contínua com o costado do tanque;
6. O tanque deve estar devidamente aterrado para propagar a descarga elétrica para o solo.
7. O teto metálico não deve ter revestimento externo com material isolante elétrico;

Nota:

Conforme a Norma ABNT NBR 5419, “1 mm de asfalto, 0,5 mm de PVC ou camada de pintura para proteção contra corrosão ou com função de acabamento não são considerados com o isolante para correntes impulsivas.”

8. O teto deve ter uma espessura de chapa mínima de 4 mm, no caso de aço Carbono e aço Inoxidável (para as chapas de liga de Alumínio a espessura mínima é 7 mm), para prevenir o ponto quente e impedir perfuração, em qualquer região do teto, devido à incidência de descarga atmosférica, e deve ser construído de chapas totalmente soldadas.

Nota:

Outra consideração importante é saber a espessura residual mínima das chapas de metal necessária, para fornecer proteção adequada contra punção e pontos quentes, contra os raios diretos, conforme a tabela a seguir da Norma brasileira ABNT NBR 5419.

Tabela - Espessura mínima de chapas metálicas em sistemas de captação segundo Norma ABNT NBR 5419 - Dimensões em milímetros

Material	Captore		
	NPQ	NPF	PPF
Aço galvanizado a quente	4	2,5	0,5
Cobre	5	2,5	0,5
Alumínio	7	2,5	0,5
Aço Inox	4	2,5	0,5

NPQ - não gera ponto quente;
NPF - não perfura;
PPF - pode perfurar.

Nota:

O Alumínio é facilmente perfurado e, portanto, os tetos geodésicos, que usam coberturas de Alumínio de baixa espessura (inferior a 7 mm), são um perigo se contiverem vapores dentro da faixa inflamável, requerendo portanto SPDS-Sistema de Proteção contra Descarga Atmosférica.

Se o tanque não satisfizer qualquer desses itens ele não pode ser considerado auto protegido e necessita de um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas-SPDA, do tipo “captore externos ou para-raios”.

Caso um SPDA seja requerido, atender às prescrições da Norma ABNT NBR 5419 para projeto e instalação.

• **SPDA-Proteção contra descargas atmosféricas**

A corrente de uma descarga elétrica atmosférica se desloca pela superfície superior do teto metálico, quando ele é eletricamente condutor, isto é, um captor natural de raios. Pela Norma brasileira ABNT NBR 5419 o teto metálico é um captor natural, no caso de ser atingido por raios, se for fabricado de material metálico, com espessura acima da mínima indicada na Norma e não for revestido de material isolante elétrico.

Quando qualquer dessas condições não são atendidas, é necessário instalar-se um SPDA.

O SPDA, sistema de proteção externa contra descargas atmosféricas, é uma estrutura sobre o tanque em que são instalados componentes captore conectados ao tanque, de forma a evitar que a descarga atmosférica atinja o tanque.

Um SPDA é composto em subsistemas: mastros captore, descida e aterramento.

O subsistema mastros captore tem a função de receber a descarga atmosférica, ou seja, impedir que o raio caia sobre a área protegida pelo SPDA.

O subsistema de descida conduz a corrente de descarga dos captore até o aterramento.

No aterramento, a corrente de descarga é dissipada para a terra.

Os mastros captore devem ser fixados com boa área de contato com a chapa do teto do tanque e são interligados com o costado.

Do costado as correntes elétricas são drenadas para a malha de aterramento elétrico. O objetivo é que com a passagem da corrente da descarga atmosférica, não ocorra geração de pontos quentes, perfuração ou danos na chapa.

2. Normas de referência

- API Std 650-Welded Tanks for Oil Storage
- API RP 545-Recommended Practice for Lightning Protection of Aboveground Storage Tanks for Flammable or Combustible Liquids
- API RP 2003-Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents
- API RP 2021-Management of Atmospheric Storage Tank Fires

- ABNT NBR 5419-Proteção contra descargas atmosféricas
- ABNT NBR 17505 Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis

- Norma Petrobras N-270-Projeto de Tanque de Armazenamento Atmosférico
- Norma Petrobras N-2318-Inspeção em serviço de Tanques de Armazenamento Atmosférico
- Norma Petrobras N-250- Montagem de Isolamento Térmico a Alta Temperatura
- Norma Petrobras N-1618-Material para Isolamento Térmico
Obs.: Site de localização das Normas Técnicas da Petrobras públicas
<https://canalprovedor.petrobras.com.br/pt/regras-de-contratacao/catalogo-de-padronizacao/>

- NFPA 780-Standard for the Installation of Lightning Protection Systems

3. Captores naturais de raios atmosféricos

O teto metálico pode ser considerado um captor natural dos raios atmosféricos, para conduzir a corrente da descarga elétrica através do costado até ao sistema de aterramento.

Conforme a Norma brasileira ABNT NBR 5419-3 Proteção contra descargas atmosféricas, Parte 3: Danos físicos a estruturas e perigos à vida, as seguintes partes de uma estrutura podem ser consideradas como captores naturais:

a) chapas metálicas cobrindo a estrutura a ser protegida, desde que:

— a continuidade elétrica entre as diversas partes seja feita de forma duradoura (por exemplo, solda forte, caldeamento, frisamento, costurado, aparafusado ou conectado com parafuso e porca);

— a espessura da chapa metálica não seja menor que o valor fornecido na Tabela a seguir:

Material	Captadores		
	NPQ	NPF	PPF
Aço galvanizado a quente	4	2,5	0,5
Cobre	5	2,5	0,5
Alumínio	7	2,5	0,5
Aço Inox	4	2,5	0,5

NPQ - não gera ponto quente;
NPF - não perfura;
PPF - pode perfurar.

— e não sejam revestidas com material isolante.

Nota da NBR 5419:

1 mm de asfalto, 0,5 mm de PVC ou camada de pintura para proteção contra corrosão ou com função de acabamento não são considerados como isolante para correntes impulsivas.

A corrente de uma descarga elétrica se desloca pela superfície superior do teto metálico, quando ele é eletricamente condutor, isto é, um captor natural de raios.

Pela Norma brasileira ABNT NBR 5419 o teto metálico é um captor natural, no caso de ser atingido por raios, se for fabricado de material metálico, com espessura acima da mínima indicada e não for revestido de material isolante elétrico.

Porém, caso haja algum revestimento isolante elétrico sobre o teto, ele não desempenha nenhum papel no processo de transferência de correntes elétricas no tanque para o sistema de aterramento, portanto, para essa finalidade, é considerado um isolante.

Se o teto for construído totalmente por material isolante elétrico ou revestido externamente com isolante elétrico ou, ainda, quando tem metal insuficiente para ser um condutor de raios, ele não é um captor natural de descargas elétricas atmosféricas.

Não é um condutor das descargas elétricas, e pode ser necessário instalar condutores metálicos de raios por cima do tanque e ligados ao topo do costado, SPDA-Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas, para drenar as descargas atmosféricas para o sistema da malha de aterramento do tanque.

O projeto desses sistemas condutores de para-raios é descrito nas Normas ABNT NBR 5419 e NFPA 780

4. Materiais isolantes elétricos

A definição de material isolante elétrico é exatamente a mesma para material dielétrico.

Esses dois termos são sinônimos, de modo que se pode definir dielétrico como sendo um isolador de eletricidade.

Denomina-se de dielétrico ou material isolante elétrico o material que dificulta a passagem da corrente elétrica. Nesse tipo de material verifica-se a ausência ou pouca presença de elétrons livres. Isso faz com que os elétrons dos isolantes estejam fortemente ligados ao núcleo atômico, o que inibe o fluxo ordenado de elétrons e a corrente elétrica é impedida.

A resistência desses materiais ao fluxo de cargas elétricas é alta.

Ou seja, um material dielétrico ou isolante elétrico oferece uma resistência muito alta, de modo que praticamente nenhuma corrente pode fluir por ele.:

Como exemplos de materiais dielétricos, se pode citar madeira seca, isopor, vidro, plástico, borracha, silicone, cerâmica, ar, PVC, vernizes, óleo, resinas, papéis e filmes, Teflon, tijolo, ladrilho, concreto não reforçado etc.

Quando um dielétrico é submetido a uma diferença de potencial elétrico suficientemente alta, ele pode ser ionizado e passar a comportar-se como um condutor. Quando o isolante é momentaneamente forçado a conduzir eletricidade, diz-se que a sua rigidez dielétrica foi rompida.

Estruturas feitas ou revestidas com materiais isolantes elétricos não são inerentemente aterradas para proteção contra raios, ou seja, não são captos naturais. Portanto, elas devem ser protegidas contra raios por meio de sistemas de proteção adequadamente projetados.

O projeto de sistemas condutores de pára-raios é descrito nas Normas ABNT NBR 5419 e NFPA 780, onde são especificados os dados de projeto para sistemas fixos e catenários.

5. Análise do efeito de descargas elétricas atmosféricas em tanque de armazenamento com isolamento térmico

Referências:

- American Journal of Engineering Research (AJER) e-ISSN : 2320-0847 p-ISSN : 2320-0936 Volume-02, Issue-10, pp-11-21 www.ajer.org
- API/EI Research Report 545-A Verification of lightning protection requirements for above ground hydrocarbon storage tanks

5.1. Efeito da descarga elétrica sobre o teto do tanque

Os raios são um fenômeno de alta tensão e alta corrente, portanto, altas tensões estão disponíveis para causar *flash-over*, isto é, um curto-circuito elétrico de alta tensão através do ar e a ignição quase simultânea das substâncias combustíveis diretamente expostas.

É sabido que, quando um raio atinge o teto do tanque, a corrente elétrica flui sobre o teto metálico, ou seja, a corrente elétrica do raio se desloca apenas pela superfície superior do teto metálico do tanque, em direção à borda do teto e passa através do costado, também metálico, até a malha de aterramento elétrico.

Se o teto é totalmente isolante elétrico ou revestido de material isolante elétrico, é necessário prover para-raios, por cima do tanque, e ligados ao topo do costado.

No caso do teto flutuante ainda há uma particularidade, pois, na borda do teto há uma descontinuidade, por causa do espaço anular entre o costado e o teto, que impede a corrente de passar através do costado do tanque para o solo, daí ser preciso a conexão elétrica entre o teto flutuante e o costado do tanque.

O campo elétrico induzido por raios, ao nível do solo, é da ordem de 5KV/m e devido a este alto campo elétrico, existirá uma diferença de potencial entre o teto flutuante e o costado do tanque, que deve ser equalizado, com o uso de algum dispositivo que promova o contato elétrico entre o teto e o costado.

Um desses dispositivos é o *shunt*, que são tiras metálicas com efeito de mola, presas na borda do teto flutuante e se atritando com a superfície interna do costado.

Porém os *shunts* têm suas limitações:

- Muitas vezes, os tanques são interiormente pintados com tinta epóxi, e no caso de tanque de teto flutuante, quando essas tintas epóxi são usadas, se deve notar que elas são muito resistentes eletricamente (isto é, isolantes elétricos), de modo que inibem o contato elétrico entre o *shunt* do teto flutuante e o metal do costado do tanque, e acontece a faísca devido ao arco elétrico formado.
- A ferrugem também é essencialmente um não condutor elétrico, portanto, se a superfície interna estiver oxidada ou pintada, ela apresenta contatos de alta resistência para os *shunts*, e riscos de faíscas elétricas.

5.2. Isolamento térmico do teto do tanque

É comum vários tanques em refinarias e terminais de petróleo e derivados terem isolamento térmico, para conservar a temperatura e a viscosidade do produto, e fica a dúvida se estes materiais isolantes térmicos também se comportam como isolantes elétricos, que não permitem a livre fluidez da corrente elétrica, de uma descarga atmosférica, sobre o teto.

Portanto, os materiais utilizados para isolamento térmico de tanques de armazenamento, fixos ou flutuantes, devem ser avaliados, antes da aplicação, se também apresentam a propriedade de isolante elétrico.

Conforme a Norma Petrobras N-1618 Material para Isolamento Térmico, os materiais isolantes térmicos mais utilizados são:

- Isolantes térmicos rígidos
Peças pré-moldadas fornecidas nas formas de segmentos, calhas, placas e peças especiais fabricadas nos seguintes materiais isolantes:
 - a) silicato de cálcio;
 - b) espuma rígida de poliuretano e poliisocianurato;
 - c) perlita expandida;
 - d) vidro celular (“cellular glass”).
- Isolantes térmicos flexíveis

Peças conformáveis fornecidas nas formas de feltros, painéis, tubos flexíveis, mantas, flocos, cordas e módulos, fabricadas nos seguintes materiais isolantes:

- a) lã de vidro;
- b) lã de rocha;
- c) fibra (ou lã) cerâmica;
- d) aerogel;
- e) espuma elastomérica.

No caso dos tanques de armazenamento, os materiais isolantes térmicos já utilizados são:

a- Placas de Silicato de Cálcio

Material tradicionalmente utilizado são as placas de Silicato de Cálcio, para isolamento térmico de alta temperatura (até 650°C), que exibem baixa condutividade térmica, boa estabilidade e resistência ao choque térmico.

b- Manta de Pyrogel revestida com material Fibaroll de proteção contra as intempéries

Estes materiais estão sendo recentemente utilizados para o isolamento térmico de teto fixo existente, em lugar das placas de Silicato de Cálcio, pois, absorvem com facilidade as ondulações, deformações e dilatações da chaparia metálica do teto e não necessitam de soldar ancoragens.

Característica de cada material:

- Material isolante
Pyrogel® XT – manta de sílica Aerogel - material estruturado por micro grãos de sílica (SiO₂), preenchidos por nanoporos gasosos (CO₂) entre grãos, material hidrofóbico e isolante térmico para temperaturas até 650°C.
- Material de proteção contra intempéries:
Fibaroll – manta de revestimento não metálico com base de resina isofitálica poliéster e fibras, com cura em poucos minutos por exposição aos raios UV.

c- Tinta reflexiva da empresa DURATHERM

Esta tinta é utilizada em revestimento de teto flutuante externo, para reduzir a temperatura da chaparia metálica, que devido à radiação solar pode alcançar até 60°C, o que acarreta a evaporação do líquido armazenado e surgimento de bolsões de vapor, localizados sob o teto. É um revestimento à base de água, constituído de polímeros 100% acrílicos combinados com microesferas cerâmicas aplicado facilmente com pistola e máquina *airless* em três camadas ou demãos:

- uma base;
- uma cobertura;
- um verniz de proteção que impede a diluição por hidrocarbonetos.

Do exposto, a dificuldade é saber se todo material isolante térmico também tem propriedades de isolamento elétrico e, particularmente, se os materiais listados são também isolantes elétricos.

5.3. Análise do comportamento de material isolante como isolante elétrico

Outro caso potencial de possibilidade de isolamento elétrico são os materiais isolantes térmicos.

Uma forma de se identificar um material isolante elétrico é através da propriedade “constante dielétrica”.

Nota:

Constante dielétrica é um número adimensional que expressa a propriedade do material isolante em resistir às correntes elétricas. Quanto maior essa constante mais resistente é o dielétrico à passagem de corrente elétrica.

Porém, nenhum dos isolantes térmicos listados possui constante dielétrica testada e normalizada para uso em descargas elétricas, posto que são indicados para uso térmico.

Constante dielétrica de alguns materiais

Material	Constante dielétrica
vácuo	1
ar	1,00059
alumínio	8,1 - 9,5
esteatita (MgO-SiO ₂)	5,5 - 7,2
mica	5,4 - 8,7
óleo	4,6
papel	4 - 6
papel parafinado	2,5
plástico	3
polistireno	2,5 - 2,6
porcelana	6,0
pyrex	5,1
silica fundida	3,8
Titanatos	50 - 10000
vidro de cal de soda	6,9

Fonte: Wikipédia Brasil

Outra propriedade característica de material isolante elétrico é a rigidez dielétrica. Cada material isolante elétrico possui um valor de tensão máxima que deve ser aplicada para que ocorra o transporte ou condução das cargas elétricas. Esse valor é chamado de rigidez dielétrica

A rigidez dielétrica é a tensão máxima suportada pelo material isolante e pode ser considerada como a medida da eficácia de um isolante elétrico.

A rigidez dielétrica costuma ser medida em V/m (Volts por metro) ou em kV/mm (quiloVolts por milímetro).

Nota:

Rigidez dielétrica é o limite superior da intensidade de campo elétrico que determinado dielétrico é capaz de suportar sem tornar-se condutor. Acima desse limite ele perde sua propriedade isolante temporariamente.

Rigidez dielétrica de alguns materiais

Material	Rigidez dielétrica (V/m)
Ar	$3 \cdot 10^6$
Papel	$16 \cdot 10^6$
Teflon	$60 \cdot 10^6$
Borracha	$12 \cdot 10^6$
Porcelana	$12 \cdot 10^6$
Madeira	$\sim 10 \cdot 10^6$
Óleo (transformador)	$20 - 30 \cdot 10^6$

Fonte: Mundo Educação

A tabela indica que, para o ar, é necessário que haja uma tensão elétrica de 3 milhões de Volts por metro para que ele se torne um condutor. Quando isso acontece, os elétrons têm energia suficiente para se mover entre as moléculas do meio.

Quando um raio “cai” a rigidez dielétrica do ar é rompida. Assim que a diferença de potencial elétrico entre as nuvens e solo for superior a 3 milhões de Volts, as cargas elétricas serão transmitidas pelo ar.

Normalmente, os materiais utilizados para isolamento elétrico de equipamentos e estruturas são densos tais como a alumina densa, ebonite, Celeron etc., mas há também líquidos como óleo mineral de transformadores elétricos e gases como o próprio ar, o gás carbônico (CO₂), o Nitrogênio etc.

Com relação aos materiais isolantes térmicos, sabe-se que são materiais de densidade baixa, com vazios ou bolsas internas, onde o ar ou outro gás aprisionado limita a transferência de calor.

Para baixas diferenças de potencial, o ar é um isolante elétrico natural, contudo, em altas diferenças de potencial, como quando há um raio, por exemplo, o ar começa a conduzir eletricidade, isto é, no geral ele é isolante, mas naquele momento ele é condutor, por conta da sua rigidez dielétrica rompida.

Não conhecemos relatos de fogo em teto metálico, causados por descarga elétrica, devido à presença de revestimento com isolante térmico, normalmente o incêndio é gerado na ignição da nuvem de vapores e gases inflamáveis, sobre o teto ou por perfuração ou ponto quente.

Assim com base nesse fenômeno, da rigidez dielétrica, supõe-se que o material isolante térmico permite o fluxo normal do raio sobre o teto metálico do tanque.

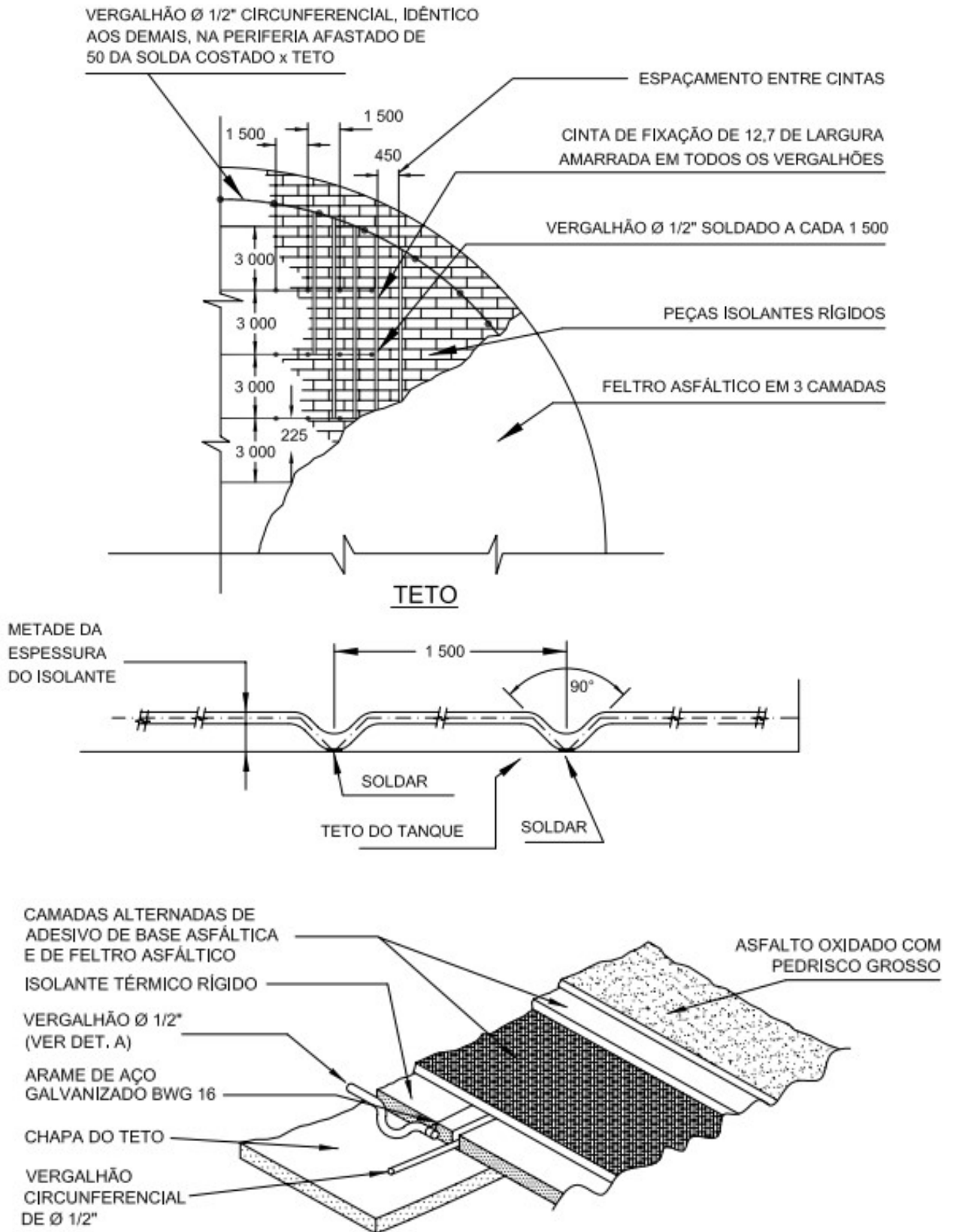
Outra hipótese é que os vergalhões metálicos soldados ao teto, utilizados para fixar o isolante térmico, na superfície do teto, contribuam para corrente da descarga elétrica se deslocar pela superfície superior do teto metálico.

Portanto, até prova em contrário, se pode considerar que os materiais isolantes térmicos, normalmente aplicados nos tanques de armazenamento, de teto fixo e teto flutuante, podem ser tidos como materiais não isolantes elétricos, quando sob a ação de descargas elétricas atmosféricas de alta tensão e alta corrente, como os raios.. .

6. Anexos

6.1. Isolamento térmico para teto de tanque com isolante térmico rígido

Fonte: Norma Petrobras N-250 Montagem de Isolamento Térmico a Alta Temperatura



6.2. Informações sobre descargas elétricas em tanques de armazenamento

- **American Journal of Engineering Research (AJER) e-ISSN : 2320-0847 p-ISSN : 2320-0936 Volume-02, Issue-10, pp-11-21 www.ajer.org**

When lightning strikes the floating roof the lightning current will flow over the roof towards the edge of the roof, and at the edge there exist a discontinuity because of the tank shell-roof gap this prevents the current from flowing through the tank shell to the ground. Lightning induced electrostatic field at ground level is in the order of 5KV/m and because of this high electric field a potential difference will exist between the roof and the tank shell.

- **API/EI Research Report 545-A Verification of lightning protection requirements for above ground hydrocarbon storage tanks**

.... charge resides only on the top surface of the metallic roof.

Tanks are sometimes painted with an epoxy paint. Where epoxy paints are used, it should be noted that they are very tough electrically (i.e. very good insulators) so they will inhibit electrical contact between shunt and shell. Voltage breakdown accompanied by arcing and sparking is inevitable. (Iron rust is essentially a nonconductor too, so whether the surface is rusty or painted it makes for high resistance contacts for the shunts.)

Lightning is a high voltage and a high current phenomenon, so high voltages are available to cause flash-over or high voltage breakdown of insulators.

Where the roof is entirely insulating or has insufficient metal to form a conductor for lightning over the top, it might be necessary to provide metallic lightning conductors over the top of the tank, and bonded to the top of the shell, to prevent lightning damage to the roof. The design of lightning conductor systems is described in BS6651, NFPA 780, DIN and IEC standards, where design data for fixed and catenary systems are given.

6.3. Captor natural de descargas elétricas atmosféricas

Note:

Texto base adotado na Norma brasileira ABNT NBR 5419 Proteção contra descargas atmosféricas

[DEHN \(U.K.\) LTD.](http://www.dehn.co.uk)

[5. External lightning protection - DEHN \(UK\)](http://www.dehn.co.uk)

www.dehn.co.uk > [DownloadArea](#) > [webview](#) > [download:PDF](#)

Natural components of air-termination systems

Metal structural parts such as attics, guttering, railings or cladding can be used as natural components of an air-termination system.

If a structure has a steel skeleton construction with a metal roof and facade made of conductive material, these can be used for the external lightning protection system, under certain circumstances. Sheet metal cladding on the walls or roof of the structure to be protected can be used if the electrical connection between the different parts is permanent. These permanent electrical connections can be made by e.g. brazing, welding, pressing, screwing or riveting, for example. If there is no electrical connection, a supplementary connection must be made for these elements e.g. with bridging braids or bridging cables.

If the thickness of the sheet metal is not less than the value t' in Table 5.1.1.5, and if there is no requirement to take account of a through-melting of the sheets at the point of strike or the ignition of flammable material under the cladding, then such sheets can be used as an air-termination system. The material thicknesses are not distinguished according to the class of lightning protection system.

If it is, however, necessary to take precautionary measures against through-melting or intolerable heating-up at the point of strike, if the thickness of the sheet metal shall not be less than value t in Table 5.1.1.5.

Class of LPS	Material	Thick-ness ^a t mm	Thick-ness ^b t' mm
I to IV	Lead	-	2.0
	Steel (stainless, galvanised)	4	0.5
	Titanium	4	0.5
	Copper	5	0.5
	Aluminium	7	0.65
	Zinc	-	0.7
^a t prevents from puncturing, overheating, and inflaming ^b t' only for metal plates, if the prevention of puncturing, overheating, and inflaming is not important			

Table 5.1.1.5 Min. thickness of metal plates

The required thicknesses t of the materials can generally not be complied with, for example, for metal roofs.

For pipes or containers, however, it is possible to meet the requirements for these minimum thicknesses (wall thickness).

If, though, the temperature rise (heating-up) on the inside of the pipe or tank represents a hazard for the medium contained therein (risk of fire or explosion), then these must not be used as air-termination systems (see also Chapter 5.1.4).

If the requirements on the appropriate minimum thickness are not met, the components, e.g. conduits or containers, must be situated in an area protected from direct lightning strikes.

A thin coat of paint, 1 mm bitumen or 0.5 mm PVC cannot be regarded as insulation in the event of a direct lightning strike. Such coatings break down when subjected to the high energies deposited during a direct lightning strike.

There must be no coatings on the joints of the natural components of the down-conductor systems. If conductive parts are located on the surface of the roof, they can be used as a natural air-termination system if there is no conductive connection into the structure.

By connecting, e.g. pipes or electrical conductors into the structure, partial lightning currents can enter the structure and affect or even destroy sensitive electrical / electronic equipment. In order to prevent these partial lightning currents from penetrating, isolated air-termination systems shall be installed for the aforementioned roofmounted structures. The isolated air-termination system can be designed using the rolling sphere or protective angle method. An air-termination system with a mesh size according to the class of lightning protection system used can be installed if the whole arrangement is isolated (elevated) from the structure to be protected by at least the required separation distances.

Final do post