



**CONDENSADORES
MARINIZADOS**

ESCALA DE PROTEÇÃO DE ALETADOS

Boletim 4.0
Agosto/2022



deltafrio.com.br

Assim como em qualquer sistema de refrigeração, seja doméstico, automotivo ou industrial, os condensadores aplicados na refrigeração comercial são aplicados sempre da mesma forma, ficam situados nas áreas externas dos ambientes e/ou estabelecimentos refrigerados, cumprindo o papel fundamental de “expulsar” para o meio externo todo o calor retirado do meio interno.

O Condensador precisa ser dimensionado para rejeitar o calor tanto do ambiente refrigerado como o calor gerado pelo próprio compressor durante o processo de compressão, portanto, sob ponto de capacidade frigorífica, o condensador sempre precisa ser maior do que o evaporador, ou seja, com alta superfície de troca térmica.

O condensador fica portanto situado na área quente, também conhecida como lado de alta pressão (vide figura 1), ou seja, sempre do lado de fora dos ambientes.

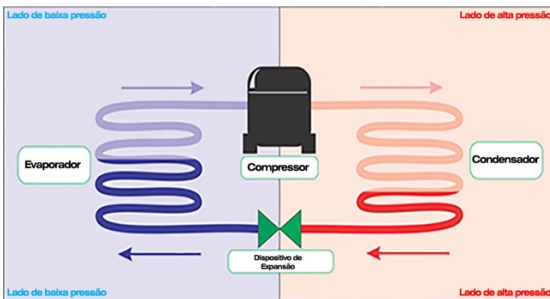


Fig. 1

Por estarem situados sempre nas áreas externas, estes equipamentos ficam totalmente expostos as condições atmosféricas do local, que por sua vez podem ser pouco ou muito agressivas. O grau de agressividade do ambiente X o nível de proteção do condensador serão portanto determinantes no tempo de vida útil do equipamento.

ATMOSFERA CORROSIVA

Segundo a norma ISO 12944, a corrosividade ambiental pode ser classificada em macro ambientes e micro ambientes.

Para os macro ambientes, a classificação se dá por áreas rurais, industriais, marinhas e marinhas industriais e é classificada nas categorias C1 a CX (vide Fig. 2).

Categoria da Corrosividade		Ambientes
C1	MUITO BAIXO	<i>Amb. Exterior: ---</i>
		<i>Amb. Interior: Prédios aquecidos com atmosferas limpas, como por exemplo escritórios, lojas, escolas, hotéis.</i>
C2	BAIXO	<i>Amb. Exterior: Atmosferas com baixo nível de poluição: Na maioria áreas rurais.</i>
		<i>Amb. Interior: Edifícios sem aquecimento onde a condensação pode ocorrer, como por exemplo depósitos, corredor de estádios.</i>
C3	MÉDIO	<i>Amb. Exterior: Atmosferas urbanas e industriais com poluição moderada de SO2. Áreas costeiras com baixa salinidade.</i>
		<i>Amb. Interior: Salas de produção com alta umidade e alguma poluição (instalações de processamento de alimentos, lavandarias, fábricas de cervejas e de laticínios).</i>
C4	ALTO	<i>Amb. Exterior: Áreas industriais e áreas costeiras com elevada salinidade</i>
		<i>Amb. Interior: Indústrias químicas, piscinas, estaleiros navais.</i>
C5	MUITO ALTO	<i>Amb. Exterior: Áreas industriais com alta umidade e atmosfera agressiva e áreas costeiras com alta salinidade.</i>
		<i>Amb. Interior: Prédios e áreas com condensação quase permanente e com alta poluição.</i>
Cx	EXTREMO	<i>Amb. Exterior: Áreas ao mar com alta salinidade e áreas industriais de umidade extrema e atmosfera agressiva.</i> <i>Amb. Interior: Áreas industriais com umidade extrema e atmosfera agressiva.</i>

Fig. 2

A agressividade do ambiente salino varia de acordo com o afastamento das zonas costeiras conforme propõem a tabela indicativa Fig. 3.

Extrema	Alta	Média	Baixa		
Abaixo de 5 Km	5 Km	15 Km	30 Km	80 Km	Acima de 80 Km

Fig. 3

Para cidades não litorâneas, os critérios que impactam na agressividade são: Qualidade do ar, clima e população (devido a poluição normalmente presente em regiões muito populosas).

Um resumo das colorações da corrosão sobre o cobre é apresentado na tabela Fig. 4, conhecer este tipo de contaminante é importante para entender a atmosfera local e decidir sobre o nível de proteção necessário nos equipamentos a serem aplicados nestes ambientes, bem como, para auxiliar na identificação dos emissores dessas impurezas, eventualmente tal identificação poderia inclusive apontar para alguma outra ação a ser tomada no ambiente.

COR	PÁTINA	CAUSA
Verde Escuro	Broncatite	Se forma em ambientes urbanos e industriais onde há a contaminação da atmosfera com dióxido de enxofre.
Azul	Calcanthite	Forma-se em ambientes muito úmidos e altamente poluídos por dióxido de enxofre.
Verde Claro	Atacamite	Forma-se nas zonas marítimas, onde há grande presença de cloretos.
Preto	Calcocite	São constituídas principalmente por deposição de poeiras e outras impurezas atmosféricas sobre uma pátina já formada.
Verde	Antlerite	Se forma em ambientes urbanos e industriais onde há a contaminação da atmosfera com dióxido de enxofre.
Verde	Malaquite	Formada em ambientes pouco poluídos, podendo conter carbonatos básicos.
Castanho	Cuprite	Constituído apenas de óxido de cobre, com o tempo pode se tornar quase preto, devido a deposição de poeiras.

Fig. 4

As micro regiões corrosivas são classificadas por características locais, de acordo com situações muito específicas de agressividade ambiental, como por exemplo locais próximos de dutos de exaustão, instalações de plantas químicas, proximidades a rios e lagos poluídos (principalmente com alto nível de enxofre), instalações em locais com alta incidência de tráfego de veículos, entre outros. Para microrregiões, é válido considerar, entre outras situações, as indústrias químicas, fertilizantes, farmacêuticas, cimenteiras, cerâmicas, termelétricas, etc.

Para todos os casos relacionados, visto a dispersão dos vapores ou dos particulados gerados, deve ser considerado que de 0 à 2 Km tenha alto potencial de agressão, de 2 à 10 Km o potencial seja médio e de que acima de 10Km provavelmente possa ser desconsiderado.

CORROSÃO GALVÂNICA

A corrosão consiste na degradação de material, devido a ação química ou eletroquímica aplicada sobre o mesmo. Nas estruturas metálicas, a corrosão se inicia quando o metal-base se encontra exposto e em contato com a umidade ou agentes agressivos.

Conforme a coloração da oxidação presente nos tubos (Fig. 4), é possível identificar o tipo de agressor presente na atmosfera.

Já a corrosão galvânica (bimetálica) pode ocorrer quando metais diferentes estão em contato num eletrólito comum (ex.: chuva, condensação, etc). Se a corrente elétrica flui entre os dois, o metal menos nobre (o anodo) se corrói a uma taxa mais rápida do que se os metais não estivessem em contato.

A taxa de corrosão também depende das áreas relativa ao contato dos metais, a temperatura e a composição do eletrólito. Em particular, quanto maior a área do catodo (mais nobre) em relação ao anodo (menos nobre), maior é a taxa de ataque. A título de exemplo, deveriam ser evitados parafusos de aço carbono nos componentes de aço inoxidável pois, a proporção da área do aço inoxidável é grande comparada a área dos parafusos e portanto estes estarão sujeitos ao ataque agressivo (Fig. 5). Inversamente, a taxa de ataque de um componente de aço carbono por um parafuso de aço inoxidável é muito menor.



Fig. 5

Os metais nobres são os menos reativos a hidrogênio e conforme pode ser verificado na Fig. 6, estes ficam situados mais a direita, possuindo portanto índice de reatividade muito menor do que os situados mais a esquerda. A título de ilustração, é este um dos motivos do Ouro ser tão caro, pois sendo o metal mais nobre e portanto não reagindo, permanece intacto por muito mais tempo na comparação com qualquer outro metal.

Conforme pode ser identificado na Fig. 6, os Metais Nobres são portanto: Cobre (Cu), Mercúrio (Hg), Prata (Ag), Platina (Pt) e Ouro (Au).

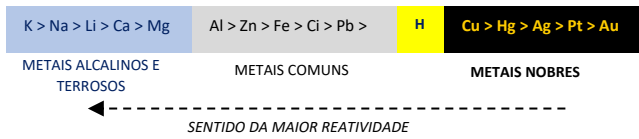


Fig. 6

Analisando a questão da formação da pilha galvânica sob. ponto de vista de condensadores aletados, podemos observar na fila da reatividade que o alumínio é portanto classificado como um metal comum situado mais a esquerda, sendo portanto muito mais reativo do que o cobre classificado como um metal nobre, situado mais a direita.

Considerando o fato de que a pilha galvânica surge da combinação de efeitos como, índice de reatividade, meio em que estão inseridos (eletrólito comum), bem como, área relativa (massa do material), fica evidente que aletas de alumínio de espessura fina estão muito mais propensas ao ataque galvânico do que aletas de alumínio de maior espessura, devido ao fato de que as aletas mais finas e portanto mais sensíveis possuem massa muito menor, ficando portanto muito mais frágeis neste contato com o cobre.

A combinação de um material base mais frágil, aliado a falta de proteções verdadeiramente eficazes e aplicação em ambientes agressivos como em zonas litorâneas, consistem numa espécie de “tempestade perfeita” no quesito destruição do aletado (vide fig.7).



Fig. 7

Nestas condições de adversidade, as aletas começam a se deteriorar completamente, permanecendo ao final unicamente a tubulação de cobre Fig.8, justamente pelo fato do cobre ser um material mais nobre do que o alumínio. Apesar do cobre ser um material muito mais nobre, com o tempo ele também oxida e inclusive sua oxidação apresenta colorações distintas de acordo com o agente agressor (vide Fig. 4), no entanto sua durabilidade é incomparavelmente maior do que o alumínio, principalmente quando ambos são aplicados unidos um ao outro e expostos ao mesmo agente agressor. Não bastando isso, as aletas de alumínio ainda ficam na parte externa ao cobre, literalmente no “front de batalha”, atuando diretamente contra o agente agressor, formando uma espécie de escudo para a tubulação de cobre. É como se o cobre fosse o Rei e o alumínio fosse o soldado do front, lutando para defender seu Rei.



Fig. 8

É por todas estas razões que as aletas de alumínio precisam ser robustas para que possam resistir tanto ao ataque interno oriundo de efeito de pilha galvânica, bem como, que possam resistir externamente devido a agressividade ambiental que varia de um lugar para outro, mas que geralmente é muito mais severa em zona litorâneas.

Condensadores como o da Fig. 8, ainda poderiam funcionar por muitos anos sob. ponto de vista da parte estrutural, motoventiladores, tubulação de cobre, etc., no entanto devido a deterioração das aletas o mesmo precisa ser trocado pois nesta condição, a muito tempo o sistema de refrigeração do estabelecimento vem trabalhando em condições muito precárias, diminuindo a vida útil dos demais componentes do sistema, bem como, desperdiçando muita energia elétrica.

ESCALA DE PROTEÇÃO DE ALETADOS - EPA

Diante da realidade exposta de que, os ambientes externos onde os condensadores são aplicados possuem diferentes intensidades de agressividade, e de que estes ambientes não podem ser modificados, a Deltafrio desenvolveu a Escala de Proteção de Aletados -EPA (fig. 9). A Escala EPA visa dar opções ao cliente diante da realidade ambiental identificada, variando desde a graduação P10 (menor proteção) até P90 (maior proteção disponível). A Graduação P10 consiste da utilização unicamente de alumínio na espessura 0,17mm. Apesar de não possuir nenhuma proteção adicional, nesta configuração o aletado já estará muito mais resistente em relação a média de condensadores disponíveis no mercado, os quais são fornecidos com aletas variando de 0,11 à 0,13mm, ou seja, na escala P10 se aplica aletas mais robustas em 30% a 54%.

EPA - ESCALA DE PROTEÇÃO DE ALETADOS REV. 01 / MARÇO 22

Escala	P10	P15	P20	P25	P30	P35	P40	P50	P55	P60	P70	P75	P85	P90
Delfetores														
Esmalte PU														
Primer Epóxi														
Eletrod. E-coat														
Prot. Galvacor														
Tipo de Aletado	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,25	0,17	0,25	0,17	0,25	0,30	0,30	0,30
	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Naval	Naval	Naval

P 20 DETALHAMENTO DA NOMENCLATURA
 Intensidade de proteção grau 20
 Material do tubo, sendo: P = Tubo de Cobre / Px = Tubo de Inox

Fig. 9

E escala EPA consiste portanto da combinação de diferentes recursos de proteção, conforme detalhado a seguir:

A) PROTEÇÕES COM MATERIAL BASE

As aletas sempre são de alta espessura, com aletas mais robustas, existe menor risco de pilha galvânica e pelo simples fato de serem mais robustas, sua vida útil já é proporcionalmente maior, pois mesmo que haja algum efeito corrosivo, esta maior massa de material levaria mais tempo para degradar, além disto, estas aletas mais robustas suportam melhor as intempéries e limpezas com lavajato. Ainda neste contexto de material base superior, também se oferece a opção da aplicação do alumínio Naval (Liga 5051) , que

além de possuir resistência mecânica ainda muito mais elevada, também possui magnésio na sua composição, o que proporciona alta resistência contra a corrosão.

B) PROTEÇÕES QUÍMICAS SUPERFICIAIS

As proteções superficiais são uma excelente forma de blindar a serpentina aos efeitos agressivos do ambiente externo.

Existem alternativas de proteção do aletado aplicada já na bobina de alumínio, denominadas coating ou Gold fin, no entanto estas proteções acabam sendo parcialmente danificadas no processo de estampo do aletado devido aos inúmeros "cortes" que ocorrem nas aletas durante este processo de estampagem, portanto, optamos em não incluir este tipo de proteção na escala EPA, mas sim, somente estamos considerando proteções aplicadas após a confecção de toda a serpentina, pois neste estágio já não existe mais risco de danos mecânicos a proteção.

A proteção mais simples aplicada sobre a serpentina é a denominada "Galvacor", que apesar de oferecer uma proteção razoável e ser mais barata, acaba possuindo alguma deficiência por ser aplicada por pistola, e desta forma, dificilmente atinge 100% da aleta na parte mais interna da serpentina.

Já a proteção por eletrodeposição E-Coat (vide Fig. 10) é o que existe de mais eficiente em termos de proteção superficial do aletado. O processo consiste de 7 etapas desde o processo de limpeza e preparação, passando pelas etapas de imersão em processo elétrico e finalizando com secagem em alta temperatura. Este processo é 100% seguro no que diz respeito a blindagem do aletado.



Fig. 10

O processo de tratamento E-Coat é portanto a proteção superficial mais resistente e eficiente, pois trata-se de um processo complexo de 7 etapas que efetivamente blindam toda a serpentina aos ataques externos, e ao isolar a serpentina do ambiente externo, se neutraliza também os efeitos da pilha galvânica enquanto durar esta proteção superficial.

Apesar da proteção E-Coat ser a melhor alternativa existente, esta proteção apresenta uma leve fragilidade na exposição direta contra raios UV, causando com o tempo algum desbotamento, que pode representar algum desgaste de baixa intensidade, porém prematuro da proteção. Diante deste fato, a Deltafrio desenvolveu outras duas proteções adicionais que são aplicadas sobre a proteção E-Coat, porém unicamente no(s) lado(s) mais exposto(s) ao sol.

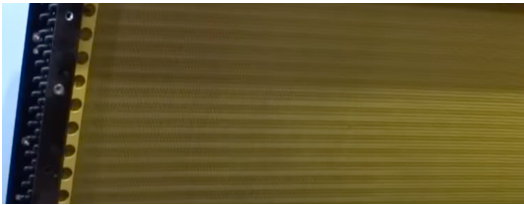


Fig. 11

A primeira camada de proteção adicional é um Primer Epóxi de alto peso molecular e curado com poliamida. Este Primer reforça a resistência contra a corrosão, e serve também de "ancoragem" para a próxima camada de proteção

A próxima camada de proteção é um Esmalte Pu acrílico, com cura por isocianato alifático, que tem por função exclusiva gerar alta proteção contra os raios UV. Na Fig. 11 temos um exemplo de aletado de alta espessura, protegido com E-coat + Primer Epóxi + Esmalte Pu, este último conferindo uma cor dourada ao aletado.

C) PROTEÇÃO OR DEFLETORES

Além do aletado de alta espessura e além das proteções químicas adicionais, a Deltafrio também desenvolveu um Kit de Defletores posicionados estrategicamente para gerar uma região de sombra sobre o aletado (Vide Fig. 12).

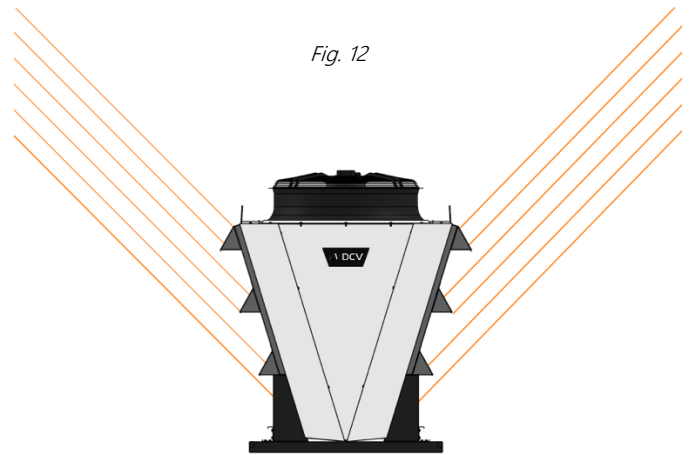


Fig. 12

Estes defletores possuem tripla finalidade, a primeira é gerar uma barreira física a favor do aletado contra qualquer tipo de colisão de granizo ou mesmo qualquer acidente operacional, bem como, reter mesmo que de forma parcial, parte do sal presente neste micro clima. A segunda é gerar uma proteção adicional contra os raios UV, podendo até dispensar a proteção química do Primer Epóxi + esmalte PU, ou mesmo representar um reforço protetivo. E por fim e não menos importante, os difusores possuem um impacto muito positivo na eficiência do condensador devido a manter o aletado em condição de sombra, diminuindo a temperatura direta na serpentina em até 7°C.

O tanque do processo de eletrodeposição E-Coat, no qual são imergidas as serpentinas, possui uma limitação de 3300mm de comprimento, desta forma, os condensadores marinizados são fornecidos com no máximo 3 metros de comprimento e dispostos lado a lado (vide Fig. 13).



Fig. 13

Para que seja possível atuar em módulos (Fig. 14), dispondo os condensadores lado a lado e permitindo atender aplicações de qualquer porte, os mesmos são aplicados sobre um chassi elevatório, fazendo com que haja fluxo de ar em abundância pelos lados e por baixo do condensador.

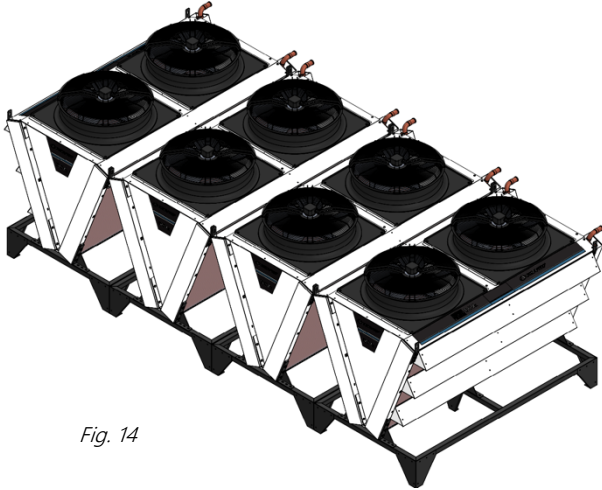


Fig. 14

CONCLUSÃO

Devido a importância dos sistemas de refrigeração em processos e produtos que necessitam baixa temperatura e devido aos significativos valores investidos nestes sistemas, bem como, considerando a alta demanda de energia elétrica consumida por estes sistemas, duas informações precisam ser criteriosamente identificadas na hora da escolha dos condensadores.

Em primeiro lugar é preciso identificar o nível de contaminação e agressividade ambiental, onde geralmente as costas litorâneas são mais agressivas, no entanto, também existem inúmeros locais afastados da costa litorânea que possuem condições atmosféricas desfavoráveis. Em segundo lugar, é preciso escolher de forma criteriosa os equipamentos que ali serão instalados, em especial os condensadores.

Não é inteligente comprometer todo um sistema de refrigeração ao optar por um condensador de aletado frágil e com pouca ou nenhuma proteção. Em poucos meses o aletado começa a se deteriorar, mesmo que isto não seja claramente notado nos meses iniciais de uso.

Esta deterioração ocorre de forma silenciosa porém progressiva, impactando em aumentos progressivos nos custos de energia elétrica e redução na vida útil dos demais componentes do sistema, afinal de contas, o sistema passa a trabalhar proporcionalmente mais para compensar a redução da capacidade de transferência de calor do condensador.

Para ambientes com grau de agressividade baixa, a opção P10 da Deltafrio é uma ótima alternativa, pois esta versão de entrada é composta por material base em média 50% maior do que o oferecido pelo mercado. Já para ambientes com grau de agressividade médio, a alternativa P30 oferece uma proteção suficiente.

Em se tratando de ambientes altamente agressivos, a graduação de proteção P60 é que oferece a melhor relação Custo x Benefício. As alternativas P70 a P90 são extraordinárias, no entanto encarecem bastante os condensadores. Estas alternativas são indicadas para casos extremos de alta agressividade, onde se deseja aplicar o suprassumo em termos de proteção.

A Fig. 15 apresenta o visual destes equipamentos que, além de altamente protegidos, robustos e portanto duráveis, também são esteticamente imponentes e promovem um aspecto visual interessante ao estabelecimento, até porque ficam instalados nas áreas externas e muitas vezes ficam visíveis ao público.

No dia a dia, pouco ou nada podemos fazer sobre as condições atmosféricas, mas podemos agir sobre a adequação dos equipamentos, é isto que se propõem com os condensadores marinizados Deltafrio, vida útil em média 5 vezes maior na comparação com equipamentos convencionais.



Fig. 15