



COMISSÃO EUROPEIA

Prevenção e Controlo Integrados da Poluição

Documento de Referência sobre as
Melhores Técnicas Disponíveis nos Sistemas de Refrigeração
Industrial

XXX 2001

RESUMO

Este documento de referência sobre as melhores técnicas disponíveis para os sistemas de refrigeração industrial reflecte o intercâmbio de informações efectuado de acordo com o número 2 do artigo 16.º da Directiva 96/61/CE, do Conselho, relativa à prevenção e controlo integrados da poluição. O documento tem de ser visto à luz do prefácio, que descreve os seus objectivos e aplicação.

No quadro da prevenção e controlo integrados da poluição, a refrigeração industrial foi identificada como uma questão horizontal, pelo que o documento avalia as "melhores técnicas disponíveis" (MTD) sem proceder a uma análise exaustiva dos processos industriais refrigerados, embora as MTD para determinado sistema de refrigeração sejam consideradas no âmbito dos requisitos de refrigeração do processo industrial. Reconhece-se que as MTD para a refrigeração de um processo são uma questão complexa, que envolve a ponderação dos requisitos de refrigeração de determinado processo, dos factores específicos de cada fábrica e dos requisitos ambientais, de modo a permitir a sua implementação em condições económica e tecnicamente viáveis.

Por "sistemas de refrigeração industrial" entendem-se os sistemas que retiram o excesso de calor de qualquer meio através da permuta de calor com a água e/ou o ar, com vista a baixar a temperatura desse meio para níveis que se aproximem da temperatura ambiente.

As MTD descritas neste documento dizem respeito aos sistemas de refrigeração que desempenham a função de sistemas auxiliares do funcionamento normal dos processos industriais, reconhecendo-se que o funcionamento fiável dos sistemas de refrigeração se reflectirá de forma positiva na fiabilidade dos processos industriais. No entanto, o BREF não se debruça sobre a relação entre o funcionamento dos sistemas de refrigeração e a segurança dos processos.

O documento apresenta uma abordagem integrada da identificação das MTD para os sistemas de refrigeração industrial, reconhecendo que a solução final das MTD é, sobretudo, uma questão específica de cada fábrica. No que diz respeito à selecção dos sistemas de refrigeração, esta abordagem apenas pode debater os elementos associados ao desempenho ambiental do sistema de refrigeração, e não seleccionar ou (des)qualificar qualquer um dos sistemas de refrigeração aplicados. Quando são aplicadas medidas de redução, a abordagem das MTD procura sublinhar os efeitos cruzados que lhes estão associados, salientando desse modo a necessidade de ponderar os vários aspectos da redução dos níveis das diferentes emissões geradas pelos sistemas de refrigeração.

Os cinco capítulos do documento principal descrevem a abordagem das MTD, as suas questões e princípios fundamentais, os sistemas de refrigeração e os seus aspectos ambientais, os principais resultados obtidos em termos de MTD, bem como as conclusões e recomendações para futuros trabalhos. Onze anexos fornecem informações de apoio relativas a aspectos específicos de concepção e funcionamento dos sistemas de refrigeração e exemplos que ilustram a abordagem das MTD.

1. Abordagem integrada

A abordagem integrada das MTD considera o desempenho ambiental dos sistemas de refrigeração no contexto do desempenho ambiental global dos processos industriais e procura reduzir ao mínimo os impactes directos e indirectos do funcionamento dos sistemas de refrigeração com base na experiência de que o desempenho ambiental da refrigeração dos processos industriais depende, em grande parte, da selecção e concepção do respectivo sistema de refrigeração. Por conseguinte, relativamente às instalações a criar, a abordagem centrar-se-á na selecção adequada da configuração, concepção e construção dos sistemas de refrigeração

como forma de evitar as emissões e na redução das emissões por optimização do seu funcionamento diário.

Relativamente aos sistemas de refrigeração existentes, uma vez que há, a curto prazo, menos possibilidades de aplicar medidas tecnológicas para evitar as emissões, a ênfase será colocada na redução das emissões através da optimização do seu funcionamento e controlo, embora nestes sistemas muitos parâmetros, como o espaço, a disponibilidade dos recursos operacionais e a existência de restrições legislativas, possam ser fixos e deixar pouca margem para mudanças. Contudo, poderá considerar-se a abordagem geral das MTD deste documento como um objectivo de longo prazo aplicável a nível dos ciclos de substituição de equipamento das instalações existentes.

A abordagem das MTD reconhece que a refrigeração é uma parte essencial de muitos processos industriais e deverá ser considerada um elemento importante do sistema global de gestão energética. O consumo eficiente de energia nos processos industriais é muito importante dos pontos de vista ambiental e da relação custo-eficácia. Acima de tudo, as MTD significam que será necessário verificar a eficiência energética global dos processos industriais ou de fabrico antes de tomar medidas para optimizar o sistema de refrigeração. Para melhorar a eficiência energética global, a indústria procura reduzir a quantidade de calor não recuperável mediante a aplicação de medidas de gestão eficaz da energia e a adopção de vários programas integrados de poupança energética. A permuta de energia entre diferentes unidades dentro do processo industrial ou de fabrico refrigerado e as ligações, fora deste processo, com processos adjacentes, são duas dessas medidas. Há tendência para desenvolver conceitos de recuperação energética em regiões industriais com instalações industriais interligadas ou ligadas ao aquecimento distrital ou à agricultura de estufas. Quando já não for possível voltar a recuperar e a reutilizar este calor, poderá ser necessário libertá-lo para o ambiente.

Estabelecem-se distinções entre calor não recuperável de nível baixo (10-25°C), de nível médio (25-60°C) e de nível elevado (60°C). Regra geral, os sistemas de refrigeração húmidos são utilizados para o calor de nível baixo e os sistemas de refrigeração a seco para o calor de nível elevado. Em relação ao calor de nível médio, não há preferência por um princípio de refrigeração específico, podendo encontrar-se diferentes configurações.

Depois de optimizada a eficiência energética global do processo industrial ou de fabrico, subsiste sempre uma certa quantidade e nível de calor não recuperável, que poderá ser dissipado mediante uma primeira selecção de configuração de refrigeração que pondere:

- os requisitos de refrigeração do processo,
- as limitações locais (incluindo a legislação local) e
- os requisitos ambientais.

É necessário cumprir sempre os requisitos de refrigeração do processo industrial ou de fabrico para assegurar condições processuais fiáveis, incluindo o arranque e paragem, bem como garantir de uma forma constante a temperatura mínima requerida pelo processo e a capacidade de refrigeração exigida, para melhorar a eficiência do processo industrial ou de fabrico e reduzir a perda do produto e as emissões para o ambiente. Quanto maior for a sensibilidade destes processos em relação à temperatura, mais importante será cumprir esses requisitos.

As condições locais limitam as opções de concepção e as formas possíveis de operar um sistema de refrigeração. São definidas pelo clima local, pela disponibilidade da água de refrigeração e de descarga, pelo espaço disponível para estruturas e pela sensibilidade da área circundante às emissões. Os requisitos de refrigeração do processo e a capacidade de refrigeração pretendida poderão ser muito importantes na selecção do local de uma nova instalação (por exemplo, fonte de água fria em abundância). Se a selecção do local for baseada noutros critérios ou no caso de sistemas de refrigeração existentes, os requisitos de refrigeração do processo e as características do local serão factores imutáveis.

O clima local é importante para a refrigeração, pois afecta a temperatura dos fluidos finais de refrigeração, a água e o ar. O clima local é caracterizado pelo padrão de temperaturas húmidas e secas. Regra geral, os sistemas de refrigeração são concebidos para preencher os requisitos de refrigeração nas condições climáticas mais favoráveis que podem ocorrer localmente, ou seja, com as mais elevadas temperaturas húmidas e secas.

O passo seguinte na selecção e concepção do sistema de refrigeração terá por objectivo preencher as exigências das MTD no âmbito dos requisitos do processo a refrigerar e das limitações locais. Isto significa que a ênfase, neste caso, será colocada na selecção de material e equipamentos adequados para reduzir os requisitos de manutenção, facilitar o funcionamento do sistema de refrigeração e satisfazer os requisitos em matéria de emissões. Para além da libertação de calor para o ambiente, poderão ocorrer outros efeitos ambientais, tais como a emissão de aditivos utilizados para condicionar os sistemas de refrigeração. É importante salientar que, quando possível, a redução da quantidade e do nível de calor a dissipar diminuirá o impacte ambiental relativo aos sistemas de refrigeração.

Os princípios da abordagem das MTD poderão ser também aplicados aos sistemas de refrigeração existentes. Poderão existir opções tecnológicas, tais como a substituição da tecnologia de refrigeração e a substituição ou alteração dos equipamentos ou produtos químicos utilizados, mas a sua aplicação será, necessariamente, limitada.

2. Sistemas de refrigeração aplicados

Os sistemas de refrigeração baseiam-se em princípios termodinâmicos e são concebidos para promover a permuta de calor entre o processo e o fluido refrigerante e facilitar a libertação de calor não-recuperável para o ambiente. Os sistemas de refrigeração industrial podem ser classificados pela sua concepção e pelo principal princípio de refrigeração: utilização de água ou ar ou uma combinação de água e ar como agentes de refrigeração.

A permuta de calor entre o meio de processamento e o agente de refrigeração é intensificada por permutadores de calor. O agente de refrigeração transporta o calor dos permutadores para o ambiente. Nos sistemas abertos, o agente de refrigeração está em contacto com o ambiente. Nos sistemas fechados, o agente de refrigeração ou fluido de processamento circula dentro de tubos ou bobinas e não está em contacto directo com o ambiente.

Os sistemas de passagem única são vulgarmente aplicados em instalações de grande capacidade que dispõem de água de refrigeração e água receptora à superfície em abundância. Se não existir uma fonte de água fiável, são utilizados sistemas de recirculação (torres de refrigeração).

Nas torres de recirculação abertas, a água de refrigeração é arrefecida em contacto com uma corrente de ar. As torres estão equipadas com dispositivos para intensificar o contacto ar/água. O fluxo de ar pode ser criado mecanicamente originando uma corrente de ar mecânica, mediante a utilização de ventiladores, ou por uma corrente de ar natural. A utilização de torres com correntes de ar activadas mecânicamente está generalizada nas unidades de pequena ou grande capacidade. As torres com corrente de ar natural são utilizadas sobretudo em unidades de grande capacidade (por exemplo, indústria de produção de energia eléctrica).

Nos sistemas em circuito fechado, os tubos ou bobinas onde circulam o agente de refrigeração ou o fluido de processamento são arrefecidos, refrigerando, por sua vez, a substância que contém. Nos sistemas húmidos, o fluxo de ar refrigera por evaporação os tubos ou bobinas, as quais são pulverizados com água. Nos sistemas secos, só um fluxo de ar passa pelos tubos/bobinas. Em ambas as concepções, as bobinas podem ser equipadas com aletas, alargando a superfície de refrigeração e, por conseguinte, o efeito de refrigeração. Os sistemas húmidos em circuito fechado são largamente utilizados na indústria em unidades de menor capacidade. O princípio de refrigeração do ar a seco pode ser encontrado, tanto em aplicações industriais mais pequenas, como em centrais eléctricas de grande dimensão, quando a água não está disponível em quantidades suficientes ou é muito cara.

Os sistemas de refrigeração híbridos abertos e fechados são torres de concepção mecânica especial, que podem funcionar em processo húmido ou seco, por forma a reduzir a formação de fumos visíveis. Quando possuem a opção de funcionar (em particular pequenas unidades do tipo celular) como sistemas a seco durante os períodos que registam baixas temperaturas atmosféricas, poderão reduzir o consumo anual de água e a formação de fumos visíveis.

Quadro 1: Exemplo de características técnicas e termodinâmicas dos diferentes sistemas de refrigeração para aplicações industriais (instalações não-eléctricas)

Sistema de refrigeração	Agente de Refrigeração	Principal princípio de refrigeração	Abordagens mínimas (K) ⁴⁾	Temperatura final mínima do fluido de processamento possível de atingir ⁵⁾ (°C)	Capacidade do processo industrial (MW _{térm})
Sistema aberto de passagem única - directo	Água	Condução/ Convecção	3 – 5	18 – 20	<0,01 - > 2000
Sistema aberto de passagem única - indirecto	Água	Condução/ Convecção	6 – 10	21 – 25	<0,01 - > 1000
Sistema aberto de refrigeração por recirculação - directo	Água ¹⁾ Ar ²⁾	Evaporação ³⁾	6 – 10	27 – 31	< 0,1 – >2000
Sistema aberto de refrigeração por recirculação - indirecto	Água ¹⁾ Ar ²⁾	Evaporação ³⁾	9 – 15	30 – 36	< 0,1 - > 200
Sistema de refrigeração húmido por circuito fechado	Água ¹⁾ Ar ²⁾	Evaporação + convecção	7 – 14 ⁷⁾	28 – 35	0,2 – 10
Sistema de refrigeração por ar seco	Ar	Convecção	10 – 15	40 – 45	< 0,1 – 100
Sistema aberto de refrigeração híbrida	Água ¹⁾ Ar ²⁾	Evaporação + convecção	7 – 14	28 – 35	0,15 – 2,5 ⁶⁾
Sistema fechado de refrigeração híbrida	Água ¹⁾ Ar ²⁾	Evaporação + convecção	7 – 14	28 – 35	0,15 – 2,5 ⁶⁾

Notas:

1) A água é o agente de refrigeração secundário, sendo recirculada na sua maior parte. A água em evaporação transfere o calor para o ar.

2) O ar é o agente de refrigeração que transfere o calor para o ambiente.

3) A evaporação é o principal princípio de refrigeração. O calor é transferido também por condução/convecção, se bem que em menor proporção.

4) Abordagens relativas às temperaturas secas ou húmidas
É preciso adicionar as abordagens do permutador de calor e da torre de refrigeração

5) As temperaturas finais dependem do clima local (os dados são válidos para condições climáticas médias da Europa Central 30°C/21°C de temperaturas secas/húmidas e 15°C de temperatura máxima da água

6)	Capacidade de unidades pequenas - a combinação de diversas unidades ou sistemas de refrigeração de construção especial poderá permitir obter capacidades mais elevadas.
7)	Quando se trata de um sistema indirecto ou quando também há convecção, a abordagem deste exemplo aumenta com 3-5K, resultando numa temperatura de processamento mais elevada.

O quadro indica as características dos sistemas de refrigeração aplicados para uma dada situação climática. A temperatura final a que o fluido de processamento deixa o permutador de calor depois da refrigeração depende da temperatura do agente de refrigeração e da concepção do sistema de refrigeração. A água tem uma capacidade calorífica específica mais elevada que o ar, pelo que é um agente de refrigeração mais adequado. A temperatura do ar e da água de refrigeração depende das temperaturas secas e húmidas locais. Quanto mais elevadas as temperaturas, mais difícil se torna refrigerar até às temperaturas finais mínimas do processo.

A temperatura final do processo é a soma da temperatura ambiente mais baixa (agente de refrigeração) com a diferença de temperatura mínima requerida entre o agente de refrigeração (à entrada do sistema de refrigeração) e o fluido de processamento (à saída do sistema de refrigeração) por cima do permutador de calor, também designada por a abordagem (térmica). Tecnicamente, a abordagem poderá ser muito pequena a nível de concepção, mas os custos são inversamente proporcionais à dimensão. Quanto mais pequena for a abordagem, mais baixa poderá ser a temperatura final de processamento. Cada permutador de calor tem a sua abordagem e, no caso de permutadores de calor adicionais, em série, todas as abordagens são adicionadas à temperatura do agente de refrigeração (à entrada do sistema de refrigeração) para calcular a temperatura final do processo que pode ser atingida. Nos sistemas de refrigeração indirectos, que utilizam um circuito de refrigeração suplementar, são utilizados permutadores de calor adicionais. Este circuito secundário conjuntamente com o circuito de refrigeração primário estão ligados por um permutador de calor. Os sistemas de refrigeração indirectos são utilizados nos casos em que é imperativo impedir fugas de substâncias de processamento para o ambiente.

As abordagens mínimas e as capacidades de refrigeração dos sistemas de refrigeração vulgarmente utilizados na indústria de produção de energia eléctrica são um pouco diferentes para as aplicações em centrais não-eléctricas, devido aos requisitos especiais do processo de condensação do vapor. Segue-se um resumo das diferentes abordagens e capacidades relevantes de produção de energia eléctrica:

Quadro 2: Exemplos de características de capacidade e termodinâmicas de diferentes sistemas de refrigeração para aplicações na indústria de produção de energia eléctrica

Sistema de refrigeração	Abordagens aplicadas (K)	Capacidade do processo de produção de energia eléctrica (MW _{térm})
Sistemas abertos de passagem única	13-20 (diferença final 3-5)	< 2700
Torre aberta de refrigeração pelo processo húmido	7-15	< 2700
Torre de refrigeração híbrida aberta	15-20	< 2500
Condensador refrigerado por ar seco	15-25	< 900

3. Aspectos ambientais dos sistemas de refrigeração aplicados

Os aspectos ambientais dos sistemas de refrigeração variam consoante a configuração aplicada, mas a ênfase é colocada sobretudo no aumento da eficiência energética global e na redução das emissões para o ambiente aquático. Os níveis de consumo e de emissões são muito específicos

dos locais e, quando é possível a sua quantificação, revelam grandes variações. Em obediência à filosofia das MTD, que advoga uma abordagem integrada, haverá que considerar os efeitos cruzados na avaliação dos aspectos ambientais e das medidas de redução que lhes estão associadas.

- **Consumo de energia**

O consumo de energia específico, directo e indirecto, é um importante aspecto ambiental com relevância para todos os sistemas de refrigeração. O consumo de energia específico indirecto é o consumo de energia do processo a ser refrigerado. Este consumo de energia indirecto pode aumentar devido a um desempenho de refrigeração abaixo do nível óptimo da configuração de refrigeração aplicada, que poderá resultar num aumento da temperatura do processo (ΔK), expresso como $kW_e/MW_{t\acute{e}rm}/K$.

O consumo de energia específico directo de um sistema de refrigeração é expresso como $kW_e/MW_{t\acute{e}rm}$ e refere-se à quantidade de energia consumida pela totalidade dos equipamentos de consumo energético (bombas, ventiladores) do sistema de refrigeração por cada $MW_{t\acute{e}rm}$ que dissipa.

A fim de reduzir o consumo de energia específico indirecto, deverão tomar-se as seguintes medidas:

- seleccionar a configuração de refrigeração com o consumo de energia específico indirecto mais baixo (em geral, sistemas de passagem única),
- aplicar uma concepção utilizando uma pequena abordagem
- reduzir a resistência à permuta de calor graças a uma manutenção adequada do sistema de refrigeração.

Por exemplo, no caso da indústria de produção de energia eléctrica, a mudança de um sistema de passagem única para um sistema de recirculação traduz-se num aumento de consumo de energia nos equipamentos auxiliares e numa diminuição da eficiência do ciclo térmico.

Para reduzir o consumo específico directo de energia existem bombas e ventiladores mais eficientes. As quedas de resistência e de pressão no processo poderão ser reduzidas pela concepção do sistema de refrigeração, bem como pela aplicação de eliminadores de desvio de baixa resistência e de material de enchimento na torre. A limpeza adequada, mecânica ou química, das superfícies manterá uma baixa resistência no processo durante o funcionamento.

- **Água**

A água é importante para os sistemas de refrigeração húmidos não só porque é o seu principal agente de refrigeração, como também porque é o ambiente receptor das descargas de água de refrigeração. A admissão de grandes quantidades de água poderá provocar a colisão e o arrastamento de peixes e outros organismos aquáticos. A descarga de grandes quantidades de água quente poderá influenciar também o ambiente aquático, mas o impacte poderá ser controlado por uma localização conveniente da admissão e da descarga e por uma avaliação dos fluxos das marés ou dos estuários, por forma a assegurar a mistura adequada e a dispersão por advecção, da água quente.

O consumo de água varia entre $0,5 \text{ m}^3/\text{h}/MW_{t\acute{e}rm}$, para uma torre híbrida aberta, e $86 \text{ m}^3/\text{h}/MW_{t\acute{e}rm}$, para um sistema aberto de passagem única. A redução das quantidades de água de admissão através de sistemas de passagem única exige a mudança para um sistema de refrigeração por recirculação que reduzirá, simultaneamente, as descargas da água de refrigeração quente o que poderá reduzir igualmente as emissões de produtos químicos e de resíduos. O consumo de água dos sistemas de recirculação poderá ser reduzido por um aumento do número de ciclos, pela melhoria da qualidade de composição da água ou pela optimização da utilização de fontes de águas residuais existentes no local ou exteriormente. Ambas as opções requerem um complexo programa de tratamento das águas de refrigeração. A refrigeração

híbrida, que permite também a refrigeração a seco durante alguns períodos do ano, com menores solicitações a nível de refrigeração ou com o ar a baixas temperaturas, poderá reduzir o consumo de água, em especial em pequenas unidades do tipo celular.

Aplicam-se medidas a nível da concepção, bem como da localização adequada do ponto de admissão, e diversos dispositivos (ecrãs, barreiras, luz, som) para reduzir o arrastamento e a colisão com organismos aquáticos. O efeito dos dispositivos depende das espécies. Os custos são elevados, sendo preferível aplicar as medidas numa situação de estufa. Quando tal é possível, a redução da capacidade de refrigeração requerida através do aumento da reutilização do calor poderá reduzir as emissões da água de refrigeração quente para as águas receptoras à superfície.

• Emissões de calor para as águas superficiais

Como já foi referido, as emissões de calor para as águas superficiais poderão ter um certo impacte ambiental nas águas superficiais receptoras. Os factores de influência são, por exemplo, a capacidade de refrigeração disponível das águas superficiais receptoras, a temperatura efectiva e o estatuto ecológico das águas superficiais. As emissões de calor podem levar a exceder as ESQ para a temperatura durante os períodos estivais quentes, em consequência das descargas de calor para as águas superficiais resultantes da água de refrigeração. Foram adoptados na Directiva 78/659/CEE os requisitos térmicos de dois sistemas ecológicos (águas salmonícolas e águas ciprinícolas). Não só a temperatura efectiva da água, mas também o aumento de temperatura na fronteira da zona de mistura em consequência das descargas de calor para a água são relevantes para o impacte ambiental das emissões de calor. A quantidade e o nível das descargas de calor para as águas superficiais relacionados com a quantidade de águas superficiais receptoras são relevantes para o âmbito do impacte ambiental. Quando as descargas de calor são efectuadas para águas superficiais pouco abundantes e as colunas de fumo de água quente atingem a margem oposta do rio ou canal, poderão formar-se barreiras à migração dos salmonídeos.

Para além destes efeitos, a elevada temperatura gerada pelas emissões de calor poderá provocar o aumento da respiração e da produção biológica (eutroficação) e diminuir a concentração de oxigénio na água.

A concepção dos sistemas de refrigeração deverá tomar em consideração os aspectos referidos e as possibilidades de reduzir o calor dissipado nas águas superficiais.

• Emissões de substâncias para as águas superficiais

Emissões para as águas superficiais de sistemas de refrigeração causadas:

- pela aplicação de aditivos na água de refrigeração e seus reagentes,
- pelas substâncias transportadas pelo ar que entram pelas torres de refrigeração,
- pelos produtos corrosivos causados pela corrosão do equipamento dos sistemas de refrigeração e
- pela fuga de produtos químicos de processamento (produto) e respectivos produtos de reacção.

O funcionamento adequado dos sistemas de refrigeração poderá exigir o tratamento da água de refrigeração contra a corrosão do equipamento, a ocorrência de escamas, a micro e macroincrustação. Os tratamentos são diferentes consoante se tratem de sistemas de refrigeração de passagem única ou de sistemas de recirculação. No que toca aos sistemas de recirculação, os programas de tratamento da água de refrigeração poderão ser extremamente complexos e recorrer a um elevado número de produtos químicos. Por conseguinte, os níveis das emissões nos produtos de exaustão destes sistemas apresentam também uma grande variação, sendo difícil registar níveis de emissões representativos. Por vezes, os produtos de exaustão são tratados antes da descarga.

As emissões de biocidas oxidantes em sistemas de passagem única, medidos como oxidantes livres à saída, variam entre 0,1 [mg OL/l] and 0,5 [mg OL/l], consoante o padrão e a frequência da dosagem.

Quadro 3: Componentes químicos dos tratamentos de água de refrigeração utilizados nos sistemas de refrigeração abertos e de recirculação húmidos

Exemplos de produtos de tratamento químico*	Problemas de qualidade da água					
	Corrosão		Remoção de escamas		(Bio)desincrustação	
	Sistemas de passagem única	Sistemas de recirculação	Sistemas de passagem única	Sistemas de recirculação	Sistemas de passagem única	Sistemas de recirculação
Zinco		X				
Molibdatos		X				
Silicatos		X				
Fosfonatos		X		X		
Polifosfonatos		X		X		
Poliésteres				X		
Orgânicos naturais				X		
Polímeros	(X)		(X)	X		
Biocidas não oxidantes						X
Biocidas oxidantes					X	X
* O cromato deixou de ser utilizado em larga medida por exercer graves impactes no ambiente.						

A selecção e a utilização de equipamentos de refrigeração construídos com materiais compatíveis com o ambiente em que irão funcionar poderão contribuir para reduzir as fugas e a corrosão. Esse ambiente será avaliado segundo:

- as condições de processamento, tais como temperatura, pressão, velocidade do caudal,
- os fluidos refrigerados e
- as propriedades químicas da água de refrigeração.

Os materiais normalmente utilizados para o fabrico de permutadores de calor, condutas, bombas e invólucros são o aço ao carbono, as ligas de cobre e níquel e diversas variedades de aço inoxidável, embora tenha aumentado a utilização de titânio (Ti). São aplicados também revestimentos e tintas para a protecção das superfícies.

• Utilização de biocidas

Os sistemas abertos de passagem única são tratados principalmente com biocidas oxidantes anti-incrustantes. A quantidade aplicada pode ser expressa pelos valores de aditivos oxidantes utilizados anualmente, expressos como equivalente de cloro por MW_{term} , em conjugação com o nível de incrustação dentro ou perto do permutador de calor. A utilização de halogéneos como aditivos oxidantes em sistemas de passagem única conduzirá a cargas ambientais geradas, principalmente, através da produção de subprodutos halogenados.

Nos sistemas de recirculação abertos, a água é previamente tratada com produtos para a remoção de escamas, com produtos anticorrosivos e com produtos microdesincrustantes. Os volumes relativamente menores dos sistemas de recirculação húmidos são submetidos com sucesso a tratamentos alternativos, como o ozono e as radiações UV, se bem que requeiram condições de processamento específicas e possam ser bastante caros.

As medidas operacionais para reduzir os efeitos nocivos das descargas de águas de refrigeração são o fecho da válvula de purga durante o tratamento de choque e o tratamento dos produtos de

exaustão antes da sua descarga para as águas superficiais receptoras. O tratamento dos produtos de exaustão numa unidade de tratamento de águas residuais obriga a monitorizar a actividade biocida remanescente, pois poderá afectar a população microbiana.

A fim de reduzir as emissões das descargas e o impacte no ambiente aquático, são seleccionados biocidas que conciliam os requisitos dos sistemas de refrigeração com a sensibilidade do ambiente aquático receptor.

- **Emissões para a atmosfera**

As descargas para a atmosfera das torres de refrigeração que operam em circuito seco não são consideradas, em geral, o aspecto mais importante da refrigeração. Poderá ocorrer contaminação se houverem fugas, mas uma manutenção adequada poderá evitar que isso aconteça.

As gotículas que se formam nas descargas das torres de refrigeração pelo processo húmido podem ser contaminadas com produtos químicos utilizados no tratamento da água, com micróbios ou com produtos de corrosão. A aplicação de eliminadores para desvio e um programa optimizado de tratamento da água reduzirão os riscos potenciais.

É considerada a formação de fumos quando estes mancham o horizonte ou existe o risco das colunas de fumo atingirem o nível do solo.

- **Ruído**

A emissão de ruído é uma questão específica das torres de refrigeração que funcionam com corrente de ar natural e de todos os sistemas de refrigeração mecânicos. Os níveis de potência sonora não atenuada variam entre 70, na corrente de ar natural, e cerca de 120 [dB(A)] nas torres mecânicas. A variação é devida às diferenças dos equipamentos e dos locais de medição, que produzem resultados diferentes consoante as medições sejam efectuadas à entrada ou à saída do ar. Os ventiladores, as bombas e as quedas de água são as principais fontes de ruído.

- **Aspectos de risco**

Os aspectos de risco dos sistemas de refrigeração têm a ver com fugas dos permutadores de calor, a armazenagem de produtos químicos e a contaminação microbiológica (como a doença dos legionários) dos sistemas de refrigeração húmidos.

A manutenção preventiva e a monitorização são algumas das medidas aplicadas para impedir fugas e a contaminação microbiológica. Se existir a possibilidade das fugas produzirem elevadas quantidades de substâncias nocivas para o ambiente aquático, deverá ponderar-se a utilização de sistemas de refrigeração indirecta ou a adopção de medidas preventivas especiais.

Aconselha-se um programa de tratamento de água adequado para prevenir o desenvolvimento de *Legionellae pneumophila* (*Lp*). Não foi possível determinar limites de concentração máximos para a *Lp*, medidos em unidades de formação de colónia [CFU por litro], abaixo dos quais está afastada a existência de risco. Este risco terá de ser tomado em consideração sobretudo durante as operações de manutenção.

- **Resíduos do funcionamento dos sistemas de refrigeração**

Não foram fornecidas muitas informações sobre os resíduos. As lamas geradas pelo tratamento prévio da água de refrigeração ou provenientes da bacia das torres de refrigeração terão de ser consideradas resíduos. Consoante as suas propriedades mecânicas e composição química, esses resíduos são tratados e eliminados de diferentes maneiras. Os níveis de concentração variam em função do programa de tratamento da água de refrigeração.

As emissões para o ambiente poderão sofrer maior redução se forem aplicados métodos menos nocivos de conservação do equipamento e se for seleccionado material que possa ser reciclado depois da desactivação ou substituição do equipamento dos sistemas de refrigeração.

4. Principais conclusões relativas às MTD

As MTD ou a principal abordagem das MTD para os sistemas existentes e a criar são apresentadas no capítulo 4. Os resultados podem ser resumidos da seguinte forma:

Reconhece-se que a solução final das MTD tem de ser específica do local, embora em algumas questões fosse possível identificar determinadas técnicas como MTD gerais. Em todas as situações, as opções disponíveis e aplicáveis à reutilização do calor terão de ser analisadas e utilizadas para reduzir a quantidade e o nível de calor não recuperável, antes de considerar a dissipação para o ambiente do calor produzido por determinado processo industrial.

Em todas as instalações, considera-se MTD qualquer tecnologia, método ou procedimento, e resultado de uma abordagem integrada tendente a reduzir o impacto ambiental dos sistemas de refrigeração industrial, mantendo o equilíbrio entre os impactos directo e indirecto. Deverão ser consideradas medidas de redução que mantenham a eficiência do sistema de refrigeração no mínimo ou impliquem uma perda de eficiência negligenciável quando comparada com os efeitos positivos de impacto ambiental.

Foram identificadas técnicas para uma série de aspectos ambientais que podem ser consideradas MTD no âmbito da abordagem das MTD. Não foi possível identificar MTD claras para a redução dos resíduos ou para técnicas de eliminação de resíduos que evitem os problemas ambientais, como a contaminação do solo e da água ou, no caso da incineração, do ar.

- **Requisitos processuais e locais**

A selecção do processo de refrigeração - húmido, seco ou seco/húmido - que cumpra os requisitos processuais e locais deverá ter por objectivo alcançar o nível mais elevado de eficiência energética global. A refrigeração por sistemas abertos de passagem única é uma MTD para obter uma elevada eficiência energética global no tratamento de grandes quantidades de calor de nível baixo (10-25°C). Numa situação de estufa, isto poderá justificar a selecção de um local (na costa) com abundância de água de refrigeração fiável e com águas superficiais com capacidade suficiente para receber elevadas quantidades de descargas de água de refrigeração.

Quando são refrigeradas substâncias perigosas que (emitidas pelo sistema de refrigeração) envolvem um elevado risco para o ambiente, a aplicação de sistemas de refrigeração indirecta através de um circuito de refrigeração secundário constitui uma MTD.

Em princípio, a utilização de águas subterrâneas na refrigeração terá de ser reduzida ao mínimo, sobretudo se existir o risco de um esgotamento desses recursos.

- **Redução do consumo de energia directa**

A aplicação de equipamento com baixo consumo de energia reduz a resistência à água e/ou ar no sistema de refrigeração e permite que o sistema de refrigeração tenha um baixo consumo de energia directa. Quando o processo a refrigerar exige um funcionamento variável, a modulação bem-sucedida dos fluxos de ar e de água pode ser considerada uma MTD.

- **Redução do consumo de água e das emissões de calor para a água**

A redução do consumo de água e a redução das emissões de calor para a água estão intimamente ligadas, sendo aplicáveis as mesmas opções tecnológicas.

A quantidade de água necessária para a refrigeração está associada à quantidade de calor a ser dissipado. Quanto mais elevado for o nível de reutilização da água de refrigeração, menor será a quantidade de água de refrigeração necessária.

A recirculação da água de refrigeração, que utiliza um sistema de recirculação húmido, aberto ou fechado, é uma MTD sempre que a disponibilidade de água for baixa ou pouco fiável.

Nos sistemas por recirculação, o aumento do número de ciclos pode ser uma MTD, embora os requisitos colocados ao tratamento da água de refrigeração possam ser um factor limitativo.

A aplicação de eliminadores de desvio para reduzir o desvio para menos 0,01% do fluxo de recirculação total é uma MTD.

- **Redução do arrastamento**

Foram desenvolvidas muitas técnicas diferentes para impedir o arrastamento ou reduzir o prejuízo em caso de arrastamento. O êxito tem sido variável em função da localização. Não foram identificadas MTD claras, mas a ênfase é colocada na análise do biótopo, uma vez que o êxito e o fracasso dependem em larga medida dos aspectos comportamentais das espécies e de uma adequada concepção e localização da admissão.

- **Redução das emissões de substâncias químicas para a água**

A nível de uma abordagem das MTD, as técnicas potenciais para reduzir emissões para o ambiente aquático deverão ser consideradas pela seguinte ordem:

1. selecção da configuração de refrigeração com um nível de emissões mais baixo para as águas superficiais;
2. utilização de materiais mais resistentes à corrosão no equipamento de refrigeração,
3. prevenção e redução das fugas de substâncias processadas para o circuito de refrigeração,
4. aplicação de um tratamento alternativo (não-químico) da água de refrigeração,
5. selecção de aditivos para a água de refrigeração que reduzam o impacte no ambiente e
6. aplicação optimizada (monitorização e dosagem) dos aditivos da água de refrigeração.

A redução da necessidade de condicionar a água de refrigeração através de uma concepção adequada que diminua a ocorrência da incrustação e da corrosão constitui uma MTD. Nos sistemas de passagem única, é considerada uma concepção adequada evitar zonas estagnadas e turbulência e manter uma velocidade mínima de passagem da água (0,8 [m/s] para os permutadores de calor, 1,5 [m/s] para os condensadores).

Constitui uma MTD a selecção de um material como o titânio - ou como o aço inoxidável de alta qualidade ou outros materiais com desempenho semelhante se o ambiente redutor limitar a utilização de titânio - para os sistemas de passagem única num ambiente altamente corrosivo.

Nos sistemas de recirculação, para além das medidas relacionadas com a concepção, a identificação dos ciclos de concentração aplicados e da corrosividade da substância de processamento, com vista a permitir a selecção da resistência adequada à corrosão, constitui uma MTD.

A aplicação de tipos de enchimento adequados, considerando a qualidade da água (conteúdo de sólidos), a incrustação prevista, as temperaturas e a resistência à erosão, bem como a selecção do material de construção que não necessite de conservação química, constituem MTD.

O conceito de VCI aplicado pela indústria química tem por objectivo minimizar os riscos para o ambiente aquático em caso de fuga de substâncias processadas. O conceito associa o nível de impacte ambiental de uma substância processada aos requisitos de configuração do sistema de

refrigeração e de monitorização. À luz deste conceito, o aumento dos riscos potenciais para o ambiente, em caso de fugas, deverá traduzir-se em melhor resistência à corrosão, numa concepção de refrigeração indirecta e num reforço da monitorização da água de refrigeração.

- **Redução das emissões através da optimização do tratamento da água de refrigeração**

A optimização da aplicação de biocidas oxidantes em sistemas de passagem única assenta na definição dos intervalos e da frequência da dosagem de biocidas. A redução da admissão de biocidas através da definição da dosagem, em conjugação com a monitorização do comportamento das espécies com macroincrustação (por exemplo, movimento valvular dos mexilhões) e a utilização do tempo de permanência da água de refrigeração no sistema é uma MTD. Nos sistemas que misturam diferentes correntes de refrigeração na saída, a cloração por impulsos alternados é uma MTD que poderá reduzir ainda mais as concentrações de oxidantes livres presentes nas águas de descarga. Em geral, o tratamento pontual de sistemas de passagem única é suficiente para impedir a incrustação. Consoante as espécies e a temperatura da água (acima de 10-12°C), poderá ser necessário o tratamento contínuo com níveis baixos.

Relativamente à água do mar, os níveis das MTD de oxidantes livres residuais (OLR) associados a estas práticas variam com o regime de dosagem aplicado (contínuo ou pontual), o nível de concentração da dosagem e a configuração do sistema de refrigeração. Os seus parâmetros situam-se entre $\leq 0,1$ [mg/l] e $0,5$ [mg/l], com $0,2$ [mg/l] para uma média de 24 horas.

Um elemento importante na introdução de uma abordagem do tratamento da água baseada nas MTD, em particular no caso dos sistemas de recirculação que utilizam biocidas não oxidantes, é a tomada de decisões informadas sobre o regime de tratamento de água a aplicar, bem como o respectivo modo de controlo e monitorização. A selecção de um regime de tratamento adequado é um exercício complexo, que terá de tomar em consideração uma série de factores locais e específicos do local e relacioná-los com as propriedades dos aditivos do tratamento e as quantidades e combinações em que são utilizados.

O BREF procura fornecer às autoridades locais responsáveis pela emissão de uma licença IPPC um mecanismo de avaliação esquemático que constitua um auxiliar no processo de decisão relativo à MTD sobre aditivos para a água de refrigeração a nível local.

A Directiva 98/8/CE, relativa à colocação de produtos biocidas no mercado, regulamenta a sua colocação no mercado europeu e considera os biocidas utilizados nos sistemas de refrigeração uma categoria específica. O intercâmbio de informações revela que alguns Estados-Membros têm em vigor regimes de avaliação específicos para a aplicação de aditivos na água de refrigeração.

Na sequência do debate conduzido no quadro do intercâmbio de informações sobre os sistemas de refrigeração industrial, foram propostos dois conceitos para os aditivos da água de refrigeração, que poderão ser utilizados como ferramenta complementar pelas autoridades de aprovação:

1. Uma ferramenta de avaliação de rastreio baseada nos conceitos existentes, que permite uma comparação relativa simples dos aditivos da água de refrigeração em termos do seu potencial impacte aquático (a avaliação de referência, Anexo VIII.1).
2. Uma avaliação específica por locais do impacte esperado dos biocidas lançados nas descargas para as águas receptoras, na sequência dos resultados da Directiva relativa à colocação de produtos biocidas no mercado e utilizando a metodologia de determinação das normas de qualidade ambiental (ESQ) da futura Directiva-Quadro da Água como elementos fundamentais (a avaliação local de biocidas, Anexo VIII.2.)

A avaliação de referência pode ser vista como um método de comparação do impacte ambiental de várias opções de aditivos para a água de refrigeração, enquanto a avaliação local dos biocidas fornece uma “bitola” para a determinação de uma abordagem da MTD compatível em particular

para os biocidas (PEC/PNEC <1). Constitui prática comum a utilização de metodologias locais de avaliação como ferramenta de controlo das emissões industriais.

- **Redução das emissões para a atmosfera**

A redução do impacto das emissões para a atmosfera geradas pelo funcionamento da torre de refrigeração está associada à optimização do condicionamento da água de refrigeração com vista a reduzir a concentração nas gotículas. Quando o desvio é o principal mecanismo de transporte, é considerada uma MTD a aplicação de eliminadores de desvio, que resultam em perdas de fluxo de recirculação como desvio, inferiores a 0,01%.

- **Redução do ruído**

A principal medida consiste na utilização de equipamentos insonorizados. Os níveis de redução associados poderão atingir 5 [dB(A)].

As medidas secundárias adoptadas à entrada e à saída das torres de refrigeração mecânicas têm níveis de redução associados nunca inferiores a 15 [dB(A)]. Convém notar que a redução do ruído, obtida em particular pela adopção de medidas secundárias, poderá provocar quedas de pressão que terão de ser compensadas por um fornecimento adicional de energia.

- **Redução de fugas e risco microbiológico**

São consideradas MTD: a prevenção de fugas mediante a adopção de medidas a nível da concepção, do funcionamento dentro dos limites da concepção e da inspecção periódica do sistema de refrigeração.

Em particular na indústria química, é considerada uma MTD a aplicação do conceito de segurança de VCI, anteriormente referido, para reduzir as emissões para a água.

Não é possível evitar totalmente a ocorrência de *Legionella pneumophila* num sistema de refrigeração. É considerada uma MTD a aplicação das seguintes medidas:

- evitar zonas estagnadas e manter a passagem da água a uma velocidade adequada,
- optimizar o tratamento da água de refrigeração para reduzir a incrustação, as algas e o crescimento e proliferação de amibas,
- efectuar a limpeza periódica da bacia da torre de refrigeração e
- reduzir a vulnerabilidade respiratória dos operadores mediante o fornecimento de protectores anti-ruído e de protecções para a boca, que os operadores deverão colocar antes de entrar na unidade operacional ou durante a limpeza da torre com jacto de alta pressão.

5. Distinção entre sistemas existentes e a criar

Todas as conclusões relativas às MTD fundamentais podem ser aplicadas aos sistemas a criar. Quando envolve mudanças tecnológicas, a aplicação poderá estar limitada aos sistemas de refrigeração existentes. Nas pequenas torres de refrigeração produzidas em série, considera-se que as mudanças tecnológicas são técnica e economicamente viáveis. Em geral, nos sistemas de grande dimensão as mudanças tecnológicas são muito dispendiosas e requerem um complexo estudo de viabilidade técnica e económica que envolvem um elevado número de factores. Em alguns casos, poderá ser viável realizar medidas de adaptação relativamente pequenas nestes sistemas de grande capacidade e substituir apenas parte do equipamento. Quando se pretendem mudanças tecnológicas mais profundas, poderá ser necessária uma análise pormenorizada que avalie o impacto ambiental e os custos envolvidos.

Em geral, as MTD para os sistemas existentes e a criar são semelhantes, sendo a ênfase colocada na redução do impacto ambiental através de um melhor funcionamento do sistema. Por exemplo, mediante:

- a optimização do tratamento da água de refrigeração, através do controlo da dosagem e da selecção dos aditivos da água de refrigeração tendentes a reduzir o impacto no ambiente,
- a manutenção periódica do equipamento e
- a monitorização dos parâmetros de funcionamento, tais como a velocidade de corrosão da superfície do permutador de calor, a composição química da água de refrigeração e o grau de incrustação e fugas.

Exemplos de técnicas consideradas MTD para os sistemas de refrigeração existentes:

- aplicação de enchimento adequado para combater a incrustação,
- substituição do equipamento rotativo por dispositivos insonorizados,
- prevenção das fugas mediante a monitorização dos tubos do permutador de calor,
- biofiltração da corrente secundária,
- melhoria da qualidade da água de composição e
- dosagem específica nos sistemas de passagem única.

6. Conclusões e recomendações para futuros trabalhos

Este BREF mereceu o apoio generalizado do Grupo Técnico de Trabalho (GTT). A avaliação e a identificação das MTD para o processo de refrigeração industrial são geralmente consideradas tarefas complexas, muito específicas do local e do processo e que envolvem muitos aspectos técnicos e financeiros. Não obstante, recebeu um claro apoio o conceito de MTD gerais para os sistemas de refrigeração baseadas no prefácio geral do BREF e na introdução às MTD do capítulo 4.

O processo de intercâmbio de informações revelou uma série de questões que terão de ser aprofundadas por ocasião da revisão deste BREF. A avaliação local do tratamento da água de refrigeração requererá uma investigação mais pormenorizada da forma como deverão ser tomados em consideração todos os factores relevantes e as propriedades químicas relacionadas com o local, que deverá processar-se à luz de orientações claras e de procedimentos que sejam exequíveis. Outras áreas de interesse que carecerão de esforços adicionais têm a ver com as técnicas de tratamento da água de refrigeração, a minimização do risco microbiológico e a relevância das emissões para a atmosfera.

PREFÁCIO

1. Estatuto do presente documento

Salvo indicação em contrário, as referências à "Directiva" no presente documento são alusivas à Directiva 96/61/CE do Conselho, relativa à prevenção e controlo integrados da poluição. O presente documento integra-se numa série que apresenta os resultados de um intercâmbio de informações entre os Estados-Membros da UE e as indústrias interessadas sobre as melhores técnicas disponíveis (MTD), as medidas de monitorização associadas e a sua evolução. Trata-se de um documento publicado pela Comissão Europeia, em aplicação do n.º 2 do artigo 16º da directiva, devendo, por conseguinte, ser tido em conta na determinação das "melhores técnicas disponíveis" de acordo com o Anexo IV da directiva.

2. Obrigações legais relevantes previstas na directiva relativa à prevenção e controlo integrados da poluição (IPPC) e definição de MTD

Para ajudar o leitor a compreender o contexto jurídico no âmbito do qual o presente documento foi elaborado, são apresentadas no presente prefácio algumas das disposições mais importantes da Directiva IPPC, incluindo a definição da expressão "melhores técnicas disponíveis". Esta descrição está, inevitavelmente, incompleta, sendo fornecida apenas por motivos informativos, não tendo qualquer valor legal e não alterando nem invalidando, de forma alguma, as disposições constantes da directiva.

O objectivo da directiva consiste na prevenção e controlo integrados da poluição proveniente das actividades enumeradas no seu Anexo I, de modo a alcançar um nível elevado de protecção do ambiente considerado no seu todo. A base jurídica da directiva refere-se à protecção do ambiente. A sua aplicação deverá levar igualmente em conta outros objectivos comunitários, tais como a competitividade da indústria comunitária, contribuindo, dessa forma, para o desenvolvimento sustentável.

Mais especificamente, a directiva prevê um sistema de licenciamento para determinadas categorias de instalações industriais que implica que os operadores e as entidades reguladoras procedam a uma análise global do potencial poluente e de consumo da instalação. O objectivo geral de tal abordagem integrada deve consistir na melhoria da gestão e controlo dos processos industriais por forma a assegurar um elevado nível de protecção do ambiente no seu todo. Um ponto fulcral desta abordagem é o princípio geral, mencionado no artigo 3º, de que os operadores deverão tomar todas as medidas preventivas apropriadas contra a poluição, em particular através da aplicação das melhores técnicas disponíveis, que lhes permitam melhorar o seu desempenho ambiental.

A expressão "melhores técnicas disponíveis" é definida, no n.º 11 do artigo 2º da directiva, como "a fase de desenvolvimento mais eficaz e avançada das actividades e dos respectivos modos de exploração, que demonstre a aptidão prática de técnicas específicas para constituir, em princípio, a base dos valores-limite de emissão com vista a evitar e, quando tal não seja possível, a reduzir de um modo geral as emissões e o impacto no ambiente no seu todo". O n.º 11 do artigo 2º aprofunda ainda mais esta definição da seguinte forma:

"técnicas" inclui tanto as técnicas utilizadas como o modo como a instalação é projectada, construída, conservada, explorada e desactivada;

"disponíveis" designa as técnicas desenvolvidas a uma escala que possibilite a sua aplicação no contexto do sector industrial em causa, em condições económica e tecnicamente viáveis, tendo em conta os custos e os benefícios, quer essas técnicas sejam ou não utilizadas ou produzidas no território do Estado-Membro em questão, desde que sejam acessíveis ao operador em condições razoáveis;

"melhores" são as técnicas mais eficazes para alcançar um nível geral elevado de protecção do ambiente no seu todo.

Além disso, o Anexo IV da Directiva contém uma lista dos "elementos a ter em conta, em geral ou em casos específicos, na determinação das melhores técnicas disponíveis [...] tendo em conta os custos e benefícios que podem resultar de uma acção e os princípios de precaução e prevenção". Estes elementos incluem as informações publicadas pela Comissão nos termos do n.º 2 do artigo 16º.

As autoridades competentes responsáveis pela emissão de licenças deverão tomar em consideração os princípios gerais estabelecidos no artigo 3º ao definirem as condições de licenciamento. Tais condições devem incluir valores-limite de emissão, complementados ou substituídos, quando apropriado, por parâmetros ou medidas técnicas equivalentes. De acordo com o artigo n.º 4 do artigo 9º da Directiva, sem prejuízo do cumprimento das normas de qualidade ambiental, estes valores-limite de emissão, bem como os parâmetros e medidas técnicas equivalentes, devem basear-se nas melhores técnicas disponíveis, sem a imposição da utilização de qualquer técnica ou tecnologia específica, mas tendo em conta as características técnicas das instalações em causa, a sua localização geográfica e as condições ambientais locais. Em qualquer caso, as condições de licenciamento devem incluir disposições relativas à minimização da poluição a longa distância ou transfronteiras e garantir um elevado nível de protecção do ambiente no seu todo.

De acordo com o artigo 11º da directiva, os Estados-Membros devem garantir que as autoridades competentes se mantenham ou sejam informadas da evolução das melhores técnicas disponíveis.

3. Objectivo do presente documento

O n.º 2 do artigo 16º da directiva impõe à Comissão a organização de "um intercâmbio de informações entre os Estados-Membros e as indústrias interessadas sobre as melhores técnicas disponíveis, as medidas de monitorização associadas e a sua evolução", bem como a publicação dos resultados desse intercâmbio.

O objectivo do intercâmbio de informações é apresentado no considerando 25 da directiva, onde se lê que "o progresso e intercâmbio de informação ao nível comunitário relativamente às melhores técnicas disponíveis contribuirão para a correcção dos desequilíbrios tecnológicos na Comunidade, a divulgação ao nível mundial dos valores-limite estabelecidos e das técnicas utilizadas na Comunidade e a aplicação eficaz da presente directiva pelos Estados-Membros."

A Comissão (DG Ambiente) criou um fórum destinado ao intercâmbio de informações (FII) para apoiar o trabalho realizado de acordo com o n.º 2 do artigo 16º, constituindo-se uma série de grupos de trabalho técnico, sob a tutela desse fórum. Tanto os Estados-Membros como a indústria estão representados no fórum e nos grupos de trabalho técnico, nos termos do disposto no n.º 2 do artigo 16º.

Esta série de documentos tem por objectivo reflectir, de forma exacta, o intercâmbio de informações realizado em conformidade com o disposto no n.º 2 do artigo 16º, bem como disponibilizar informações de referência que a autoridade de licenciamento possa tomar em consideração ao determinar as condições do licenciamento. Pelo facto de fornecerem informações importantes sobre as melhores técnicas disponíveis, estes documentos deverão constituir ferramentas valiosas para impulsionar o desempenho ambiental.

4. Fontes de informação

O presente documento representa um resumo das informações extraídas de uma série de fontes, incluindo, em especial, os conhecimentos dos grupos constituídos para assistir a Comissão no seu trabalho, e verificadas pelos serviços da Comissão. A Comissão gostaria de expressar os seus agradecimentos por todos os contributos prestados.

5. Como compreender e utilizar este documento

As informações prestadas no presente documento destinam-se a contribuir para a determinação das MTD em casos específicos. Ao determinar as MTD e fixar as condições de licenciamento baseadas nas mesmas, deve ser sempre tido em conta o objectivo global de alcançar um elevado nível de protecção do ambiente no seu todo.

A parte final desta secção descreve o tipo de informações fornecidas em cada secção do documento.

O capítulo 1 presta informações sobre os processos industriais de refrigeração e a abordagem horizontal adoptada para apresentar as MTD aplicadas aos sistemas de refrigeração industriais.

O capítulo 2 descreve os sistemas e configurações de refrigeração normalmente utilizados na indústria. Neste capítulo são apresentados alguns dados sobre o desempenho associado, bem como uma panorâmica de todas as questões ambientais relevantes.

O capítulo 3 descreve mais pormenorizadamente as questões ambientais relacionadas com a redução das emissões e outras técnicas consideradas de importância capital para a determinação das MTD e das condições de licenciamento baseadas nas mesmas. Quando aplicável, estas informações abrangem os níveis de consumo e de emissões considerados alcançáveis em função do sistema de refrigeração utilizado. As técnicas geralmente consideradas obsoletas não foram incluídas.

O capítulo 4 contém as conclusões relativas às MTD gerais no âmbito da abordagem básica das MTD e reconhece que a solução final das MTD tem de ser específica do local.

O capítulo 5 apresenta uma conclusão geral sobre os resultados do processo de intercâmbio de informações no que se refere aos sistemas de refrigeração industriais e descreve os elementos para trabalhos futuros.

Os doze anexos contêm informação suplementar sobre termodinâmica, energia, factores operacionais, além de informação sobre as técnicas e práticas que, em cumprimento das MTD, deverão ser tidas em consideração no funcionamento dos sistemas de refrigeração.

O objectivo consiste, assim, em fornecer indicações gerais relativas aos níveis de emissão e de consumo que ser considerados uma referência adequada na fixação de condições de licenciamento baseadas nas MTD ou de regras gerais vinculativas nos termos do n.º 8 do artigo 9º. Todavia, convém salientar que o presente documento não propõe valores-limite de emissão. A determinação das condições adequadas de licenciamento implicará a consideração de factores locais específicos, tais como as características técnicas das instalações em causa, a sua localização geográfica e as condições ambientais locais. No caso das instalações existentes, deverá ser também considerada a viabilidade económica e técnica da sua actualização. Mesmo o objectivo individual de garantir um elevado nível de protecção do ambiente no seu todo implicará, frequentemente, a elaboração de pareceres de compromisso entre diferentes tipos de impacte ambiental, sendo tais pareceres muitas vezes influenciados por considerações locais.

Embora se faça uma tentativa de abordagem de algumas destas questões, não é possível considerá-las de forma exaustiva neste documento. As técnicas e os níveis apresentados nos capítulos 3 e 4 não serão necessariamente apropriados para todas as instalações. Por outro lado, a obrigação de garantir um elevado nível de protecção ambiental, incluindo a minimização da

poluição a longa distância ou transfronteiras, implica a impossibilidade de estabelecer as condições de licenciamento exclusivamente com base em considerações locais. Por conseguinte, é da máxima importância que as informações contidas neste documento sejam tomadas em consideração pelas autoridades de licenciamento.

Uma vez que as melhores técnicas disponíveis vão sofrendo alterações ao longo do tempo, o presente documento será oportunamente revisto e actualizado. Todos os eventuais comentários e sugestões deverão ser enviados ao Serviço Europeu de Prevenção e Controlo Integrados da Poluição do Instituto de Prospectiva Tecnológica, para o seguinte endereço:

World Trade Center, Isla de la Cartuja s/n, E-41092 Sevilha, Espanha

Telefone: +34 95 4488 284

Fax: +34 95 4488 426

e-mail eippcb@jrc.es

Internet: <http://eippcb.jrc.es>

ÂMBITO

Este documento de referência sobre as MTD para os sistemas de refrigeração industriais é um documento horizontal que se debruça sobre os sistemas de refrigeração vulgarmente utilizados no âmbito das actividades industriais mencionadas no Anexo 1 da Directiva IPPC. Os sectores industriais com grande relevância para o efeito são a indústria química, alimentar, do vidro, siderúrgica, das refinarias, da pasta de papel e do papel e das incineradoras. A indústria de produção de energia eléctrica permitiu adquirir enorme experiência em matéria de refrigeração, para além de possuir, em termos relativos, os maiores impactes directos e indirectos no ambiente gerados pela aplicação não otimizada dos sistemas de refrigeração. Num anexo separado dá-se atenção especial a este sector, tendo sido avaliadas eventuais disparidades entre as centrais eléctricas e outras actividades industriais. Embora as instalações de produção de energia nuclear não façam parte do âmbito do Anexo I da Directiva IPPC, são consideradas neste documento as técnicas ambientais aplicadas quando dizem respeito aos sistemas de refrigeração aplicáveis nos processos convencionais destas instalações. São excluídos os sistemas de refrigeração das pequenas centrais de combustão e os sistemas de climatização para uso doméstico e industrial.

O âmbito da expressão "sistemas de refrigeração industrial" utilizada neste documento de referência está limitado aos sistemas destinados a remover o excesso de calor de qualquer fluido por meio da permuta entre o calor e a água e/ou o ar com vista a baixar a temperatura desse fluido para níveis que se aproximem da temperatura ambiente. Isto inclui apenas uma parte dos sistemas de refrigeração e exclui a questão de refrigerantes como o amoníaco e os CFC. Os sistemas de refrigeração por contacto directo e os condensadores barométricos também não são avaliados por serem considerados demasiado específicos dos processos. O documento cobre os seguintes sistemas ou configurações de refrigeração industrial:

- sistemas de refrigeração de passagem única (com ou sem torre de refrigeração)
- sistemas abertos de refrigeração de recirculação (torres de refrigeração húmidas)
- sistemas de refrigeração em circuito fechado
 - sistemas de refrigeração a ar
 - sistemas de refrigeração húmidos em circuito fechado
- sistemas de refrigeração combinados húmidos/secos (híbridos)
 - torres híbridas de refrigeração aberta
 - torres híbridas em circuito fechado

As MTD descritas neste documento dizem respeito aos sistemas de refrigeração que desempenham a função de sistemas auxiliares do funcionamento normal dos processos industriais, reconhecendo-se que o funcionamento fiável dos sistemas de refrigeração se reflectirá positivamente na fiabilidade dos processos industriais. No entanto, o funcionamento de um sistema de refrigeração em termos de segurança do processo não faz parte do âmbito deste BREF.

No âmbito da "abordagem" horizontal, integração significa considerar todos os aspectos ambientais relevantes e o modo como se inter-relacionam, sem deixar de reconhecer que é necessária uma avaliação técnica para equilibrar os diversos aspectos. Quando se justifica, indica-se a relevância do desempenho ambiental de um dado sistema de refrigeração no âmbito do desempenho de todo o processo industrial.

O documento debruça-se sobre os seguintes aspectos ambientais e métodos e técnicas para reduzir as emissões:

- efeitos da concepção do processo e do equipamento, bem como do material e da manutenção;
- consumo de recursos (água, ar, energia, substâncias químicas);
- emissões de produtos químicos e de calor para a água e para o ar;
- emissões de ruídos e fumos;

-
- produção de resíduos e emissões para o solo e os habitats terrestres;
 - aspectos de risco;
 - poluição gerada por eventos (arranques/paragens) ou incidentes específicos e
 - desactivação de instalações.

Este documento passará em revista as técnicas disponíveis para os sistemas de refrigeração industriais, mas não dará soluções para identificar o melhor sistema de refrigeração, não procurará excluir qualquer dos sistemas existentes aplicados nem dará instruções para identificar se um processo necessita de um sistema de refrigeração. Isso significa que o documento não entrará em pormenores sobre os processos de produção a refrigerar, o que implicaria lidar com medidas globais de eficiência energética. Optou-se por adoptar uma "abordagem" geral tendente a permitir ponderar a escolha de um novo sistema ou de novas medidas de optimização de um sistema de refrigeração existente com o objectivo de evitar emissões ambientais relacionadas com o funcionamento dos sistemas de refrigeração.

1 CONCLUSÕES

1.1 Calendarização do trabalho

O trabalho relacionado com este documento de referência teve início com a primeira reunião realizada entre 19 e 20 de Junho de 1997, que definiu o âmbito e as principais questões ambientais a tratar. Inicialmente, o âmbito incluía também os sistemas de vácuo, mas, uma vez que as suas características estão intimamente relacionadas com os processos, considerou-se que uma cobertura genérica seria demasiado complexa, tendo-se optado por excluí-los do trabalho.

O Grupo Técnico de Trabalho (GTT) recebeu dois projectos para os quais deveria emitir pareceres. O primeiro projecto foi concluído em Junho de 1999 e o segundo em Março de 2000. Durante os períodos de consulta foram apresentados comentários e novas informações.

Entre 29 e 31 de Maio de 2000 foi realizada a reunião final do GTT que permitiu gerar um elevado grau de consenso sobre o conteúdo e as conclusões relativas às MTD. As conclusões relativas às MTD mereceram apoio generalizado quanto ao tema horizontal dos sistemas de refrigeração industriais. A referência aos aspectos locais e as suas consequências para a conclusão das MTD foram objecto de intensos debates. A optimização do condicionamento da água de refrigeração, como aspecto importante do funcionamento dos sistemas de refrigeração, foi outro aspecto polémico. Os comentários e as novas informações apresentados durante e após a reunião foram integrados no relatório final.

Na parte principal do documento é explicada a abordagem geral que permitiu definir as MTD para os sistemas de refrigeração industriais. As principais conclusões sobre as MTD são apresentadas no capítulo 4. Um elevado número de anexos ilustra os conceitos gerais com exemplos práticos.

1.2 Fontes de informação

Para elaborar o projecto do documento foram utilizadas fontes de informação compostas por numerosos documentos, relatórios e informações recolhidas junto de operadores de sistemas e autoridades, bem como de fornecedores de equipamentos e de produtos químicos para a água de refrigeração.

Desses documentos, o tm 001 (NL), o tm 056 e o tm 132 (indústria de produção de energia eléctrica), bem como o tm139 (fornecedores de equipamentos), podem ser considerados material de natureza geral. As outras informações fornecidas debruçaram-se mais sobre determinadas questões ambientais, colocando a ênfase, em larga medida, no condicionamento da água de refrigeração.

Foram ainda obtidas informações durante visitas a fábricas e através de comunicações pessoais sobre a selecção de tecnologias e as experiências colhidas na aplicação de técnicas de redução.

1.3 Recomendações para trabalhos futuros

A refrigeração é um elemento essencial de muitos processos industriais. A avaliação das melhores técnicas disponíveis para os sistemas de refrigeração revelou que a gestão do calor interno, a selecção e o funcionamento do sistema de refrigeração e as emissões geradas para o ambiente estão intimamente relacionados. Contudo, o processo BREF não identificou exemplos que ilustrem quantitativamente este princípio, pelo que um futuro BREF beneficiaria de um aprofundamento da investigação neste campo.

Dentro do Grupo Técnico de Trabalho existe claramente consenso de que as MTD para os sistemas de refrigeração constituem uma abordagem que permite identificar várias técnicas específicas. Trata-se de uma questão complexa, que envolve princípios termodinâmicos e interacção com as características do processo. Tornou-se claro que as MTD para os sistemas de refrigeração são o resultado da ponderação entre as exigências do processo industrial a refrigerar, a concepção e o funcionamento do sistema de refrigeração e os custos. Neste sentido foi desenvolvida uma abordagem das MTD que coloca a ênfase na prevenção através de mudanças tecnológicas e da melhoria das práticas operacionais. Esta abordagem distingue entre sistemas de refrigeração existentes/a criar, embora se sublinhe neste documento que as medidas de redução nos sistemas de refrigeração existentes têm o mesmo objectivo. Por outras palavras, a mesma abordagem é válida, embora seja evidente que as opções de redução nos sistemas de refrigeração existentes são limitadas.

O processo de intercâmbio de informações permitiu identificar várias técnicas que podem ser consideradas MTD a nível geral, conforme se expõe no capítulo 4. No entanto, revelou-se difícil determinar técnicas ao abrigo da abordagem básica das MTD para os sistemas de refrigeração. Parece haver relutância em identificar técnicas de redução específicas no quadro de uma questão horizontal, em que a aplicação geral poderá não ser tão óbvia.

Quanto às mudanças tecnológicas associadas a uma redução das emissões, não foram fornecidas informações pormenorizadas sobre exemplos práticos que ilustrem o potencial de melhoramento, reconhecendo-se que mudanças idênticas em configurações de refrigeração semelhantes poderão continuar associadas a diferentes níveis de redução. A fim de comparar o desempenho dos sistemas, serão necessárias grandezas comparáveis, pelo que se sugere que os dados de desempenho sejam expressos por unidade de calor dissipado (MW_{term}). Sempre que tal é viável, o documento apresenta exemplos.

No que diz respeito às questões ambientais associadas ao funcionamento dos sistemas de refrigeração industrial no âmbito do documento em apreço, a ênfase é colocada em larga medida na redução das emissões para o ambiente aquático. Foram fornecidos poucos dados considerados representativos, pelo que se recomenda um inventário que permita obter um quadro mais correcto e que possa servir de referência para resultados de (futuras) técnicas de redução.

O GTT considera a selecção de aditivos para a água de refrigeração uma via importante para reduzir emissões potencialmente nocivas para o ambiente aquático. Para poder fazer uma selecção a nível local, será necessário um procedimento de avaliação geral que inclua as características locais. Neste BREF são apresentados dois conceitos para ajudar na avaliação local dos aditivos para a água de refrigeração. O GTT considera ambos os conceitos ferramentas valiosas, mas o conceito de referência (Anexo VIII.1) é ainda um modelo teórico que necessitará de ser analisado de forma mais pormenorizada.

As emissões para a atmosfera geradas pelas torres de refrigeração pelo processo húmido podem conter produtos químicos ou bactérias, mas o GTT sabe que existem muito poucos dados sobre a matéria. Para identificar a sua importância, serão necessárias medições rigorosas para quantificar emissões, face a certos regimes de condicionamento da água e à eficiência dos eliminadores de desvio. Será necessário investigar de forma mais pormenorizada os dados disponíveis.

Em alguns Estados-Membros está a ser dada grande atenção ao desenvolvimento de *Legionella* nas torres de refrigeração pelo processo húmido em resultado de recentes surtos da doença dos legionários, motivo por que foi incluída uma secção relativamente extensa sobre o tema. Das informações prestadas resulta uma clara necessidade de definir níveis de concentração representativos de *Legionella*, bem como de melhorar os tratamentos de limpeza dos sistemas depois dos surtos e a manutenção diária.

Não foi determinado o nível máximo de unidades de formação de colónia (UFC) aceitável num sistema de refrigeração com baixo risco associado. Actualmente, não se sabe se esse nível pode

ser identificado, mas pensa-se que trabalhos futuros poderão identificar progressos nesta área de trabalho.

Algumas técnicas foram identificadas e consideradas MTD, mas outras encontram-se ainda em desenvolvimento, podendo ser consideradas novas. Será necessário avaliar a sua aplicação e consequências ambientais. Os lagos de pulverização (ou evaporação) e a armazenagem de frio e calor são exemplos destas técnicas.

Recomenda-se a revisão deste documento no prazo de 3 anos para avaliação dos pontos acima referidos.