


Utilização do
software tanks
para cálculo
de emissões
em tanques





Com o aumento da demanda de combustíveis a partir de 1980 e consequente crescimento no setor petroquímico, identificou-se um novo problema ambiental, causado por emissões de compostos orgânicos voláteis em fontes fixas: os tanques de armazenamento atmosféricos. Segundo Heinsohn e Kabel (1999) o ambiente afeta nossa saúde e nossas atividades interferem no meio ambiente. Conforme a população cresce, aumentam também as necessidades de consumo e produção, trazendo consequências ao meio ambiente que por sua vez traz consequências à saúde da população.

Por Raphael Adryano Araujo de Oliveira, Mônica Beatriz Kolicheski, Msc. Mauricy Kawano

Emissões gasosas são grandes contribuintes para este impacto. As fontes de emissão podem ser definidas como pontuais ou difusas. As fontes pontuais são caracterizadas por serem pontos de emissão contínua de um determinado processo, como por exemplo, chaminés, tubulações, desgaseificação de equipamentos. As fontes difusas são pontos eventuais de emissão, cujas características são normalmente variáveis e influenciadas por condições ambientais locais, como tanques de estocagem, emissões evaporativas de processo e emissões fugitivas (QUINTANILHA, 2009).

Os tanques de armazenamento permitem uma reserva de

abastecimento e garantem o contínuo funcionamento de plantas petroquímicas ou mesmo o abastecimento de combustíveis de cidades (BARROS, 2003) e se enquadram como fontes de emissão difusa. A vaporização dos combustíveis armazenados causa a emissão de compostos orgânicos voláteis (COV).

Estes tanques também estão sujeitos a vazamentos, falhas mecânicas, desgaste de vedações ou características típicas do equipamento que proporcionam emissões fugitivas inerentes ao processo (COSTA, 2010).

Para reduzir a emissão de produto, é comum a injeção de nitrogênio (inerte) ou aplicação de tetos flutuantes (internos), conforme será abordado na sequência.

Este trabalho tem por objetivo esclarecer e orientar sobre uma forma prática de aplicação dos cálculos teóricos de emissão apresentados no software Tanks 4.09d, disponibilizados pela U.S. EPA e que é baseado na metodologia de cálculo do documento AP-42 capítulo 7.1, apresentando também exemplos práticos de simulações e análise de resultados.

De forma geral, os tanques atmosféricos padrão API-650 (2010) (Figura 1) ou da norma nacional equivalente, NBR 7821 (ABNT, 1983) são divididos em grupos construtivos, com suas variantes abordadas do ponto de vista construtivo.

O projeto dos tanques de armazenamento atmosféricos pode ser dividido, basicamente, em: fundo, costado, teto, estruturas metálicas e bocais (GUIZZE, 1989).

Além das diferentes variáveis de projeto, que vão desde dimensional, produto armazenado, condições de temperatura e



Figura 1 - Tanques de armazenamento atmosféricos e seus componentes

Fonte: Oliveira, 2011

pressão, material construtivo e outros, existem também condições para cada componente do tanque.

O fundo pode ser classificado por padrões de “chapas anulares” ou chapas retangulares, dependendo das características de soldagem ente fundo e costado, pois esta é a região mais frágil do tanque (MAIA e AURELIO, 2012; CONTEC 2010).

O costado possui diferentes métodos de cálculo de espessura de chapa previstos na norma API-650 (2010), como o método mais tradicional 1-foot; o método do ponto variável, o método do apêndice A e o método do apêndice S (LIMA et al., 2014; COSTA, 2011).

As estruturas metálicas, que normalmente são selecionadas de acordo com o padrão do cliente, devem observar as cargas mínimas de normas como a NBR 8800 (ABNT, 2007), bem como normas de segurança NR 18 (BRASIL, 1978).

Para os bocais, que em geral estão diretamente ligados ao padrão de operação do local onde o tanque está instalado, podem ter bocas de visita e portas de limpeza atendendo as quantidades mínimas requisitadas ou de acordo com padrão do cliente, sendo em geral defasados em 180° ao redor do tanque, para garantir fluxo de ar (BARROS, 2003).

Os tetos variam de acordo com as definições de projeto, produto armazenado e características

locais. A influência da escolha no tipo de teto na composição do tanque gera consequências na eficiência do armazenamento durante a vida útil do equipamento (API-650, 2010). Os principais tipos de tetos previstos no software TANKS 4.09d (cônico autoportante, cônico suportado, domo autoportante, flutuante externo, flutuante interno e domo geodésico de alumínio) e suas características estão apresentados na Tabela 1.

1.1. Tetos Flutuantes Internos

Existem diversas opções de métodos para controle de emissões fugitivas em tanques, sendo o uso de tetos flutuantes o mais comum e econômico. As características dos tetos flutuantes que mais interferem nas emissões são: modelo construtivo (soldado ou rebitado), vedações periféricas e quantidade de vedações internas, como bocais, mastros, pés de sustentação, dentre outros (MACHADO, 2009).

Os tanques pressurizados também são uma alternativa para o controle de emissões, porém os fatores que causam a emissão ainda não foram estudados e seu custo, normalmente, é mais alto em relação ao uso de tetos flutuantes (TELLES, 2007).

Da mesma forma, a injeção de gases inertes também pode proporcionar uma atmosfera seca sobre o líquido e evitar as emissões. Com a injeção de gases os vapores permanecem

dentro do tanque até que a pressão atinge a um valor pré-determinado e então um sensor de pressão ativa sopradores que coletam e transportam os vapores até um sistema de ventilação que trata e libera os vapores (MCDONALD, 1992).

Técnicas complementares como incineradores ou condensadores também são métodos alternativos para o controle de emissões. Neste caso pode-se citar a condensação de vapores utilizada para armazenamento de solventes clorados, que causam problemas de corrosão em tetos flutuantes internos de alumínio (MCDONALD, 1992).

2. Método de cálculo de emissões pelo Software Tanks 4.09d

Para tanques de armazenamento atmosféricos existe uma relação direta entre a evaporação dos produtos armazenados e suas emissões, de acordo com a metodologia da U.S. EPA apresentada no documento AP-42 seção 7.1. Esta metodologia é a base do Software TANKS 4.09d utilizado neste estudo (U.S. EPA, 2006).

A utilização do Software TANKS 4.09d como referência de cálculo para emissões em tanques atmosféricos começou a ser utilizada no Brasil pela exigência de alguns órgãos ambientais, como, por exemplo, a CETESB (2015). O uso do software visa a criação de banco de dados, ►

Tipo de teto		Principais características	Vantagens na aplicação	Desvantagens na aplicação
A	<p>Teto Cônico Autoportante</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Material conforme o tanque, de acordo com o produto armazenado (aço carbono ou aço inoxidável). Usado normalmente em tanques de diâmetro até 15 m. Suporta seu peso próprio e cargas aplicadas Possuem declividade entre 9,5° à 37° (quanto maior a declividade, mais autoportante é o teto. Consequentemente menor a espessura necessária, Espessura máxima de 12,7 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> A inclinação garante ótimo escoamento de chuvas Possui peso inferior em relação a tanques estruturados. Para tanques com este tipo de teto, pode-se facilmente aplicar tetos flutuantes internos, para reduzir a perda de produto por emissão fugitiva. 	<ul style="list-style-type: none"> Peso superior em relação ao teto domo autoportante. Difícilmente aplicado à tanques acima de 15 m de diâmetro. Quanto maior o tanque, mais difícil é a fabricação deste tipo de teto. Não se indica executar solda fraca em sua periferia. Necessita sempre de uma válvula de emergência para casos de incêndio.
B	<p>Teto Cônico Suportado</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Material conforme o tanque, de acordo com o produto armazenado (aço carbono ou aço inoxidável). Usado independente do diâmetro de tanque. Por ser suportado, necessita de uma estrutura de sustentação, normalmente composta de uma coluna central (com ou sem colunas auxiliares) e vigas radiais. Possuem declividade entre 3,5° a 9,5°. Toda a carga do teto fica suportada pela estrutura. Assim pode se aplicar este tipo de teto a qualquer tamanho de tanque. Espessura de chapa mínima de 4,75 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicável à qualquer tipo de tanque. Espessura de chapa do teto fina (4,75 mm). 	<ul style="list-style-type: none"> Normalmente mais pesado em relação aos tanques autoportantes (quando se podem aplicar os dois tipos, para o mesmo diâmetro). Pode-se utilizar o recurso da solda fraca em sua periferia. Assim o teto todo funciona como um "fusível" no caso de uma sobre pressão de emergência. Exige um estudo de engenharia mais complexo, em seu projeto quando comparado aos tetos autoportantes. Exige uma montagem mais demorada e detalhada quando comparado aos tetos autoportantes.
C	<p>Teto Domo Autoportante</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Material conforme o tanque, de acordo com o produto armazenado (aço carbono ou aço inoxidável). Usado normalmente em tanques de diâmetro até 30 m. Suporta seu peso próprio e cargas aplicadas à ele. Possuem raio entre 0,8 a 1,2 vezes o diâmetro do tanque Espessura máxima de 12,7 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> A inclinação garante o escoamento de chuvas. Normalmente possui a melhor relação entre peso e diâmetro quando comparado aos demais tetos de aço carbono ou aço inoxidável. Para tanques com este tipo de teto, pode-se facilmente usar tetos flutuantes internos, para reduzir a perda de produto. Fácil fabricação e montagem independente de seu tamanho. 	<ul style="list-style-type: none"> Difícilmente usado em tanques acima de 20 m de diâmetro. Por ser um teto mais robusto, não se indica executar solda fraca em sua periferia. Necessita sempre de uma válvula de emergência para casos de incêndio.
D	<p>Teto Flutuante Externo</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Material, normalmente, em aço carbono. Normalmente aplicado em tanques de grandes diâmetros (30 a 90 m de diâmetro). Usado em tanques com produto muito volátil, com intenção de reduzir perdas por emissão fugitiva. Tipo de teto que exige as maiores análises em termos de engenharia de projeto. 	<ul style="list-style-type: none"> Escoamento de chuvas por dreno interno. Vedação periférica a partir do chamado selo tipo PW (chapas de alumínio que funcionam como molas, pressionando o costado do tanque), reduzindo perdas por emissão fugitiva Aplicável à qualquer diâmetro. O selo PW funciona também como dispositivo contra emergência, abrindo-se em casos de sobre pressão. 	<ul style="list-style-type: none"> O escoamento das chuvas é feito por um sistema de drenagem interno, por mangueira ou dreno articulado (que comumente apresenta necessidade de manutenção). Necessita escadas articuladas para acesso. Alta complexidade no projeto, fabricação, montagem e até mesmo comissionamento.
E	<p>Teto Flutuante Interno</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Teto normalmente em alumínio, Foi inicialmente criado como um acessório (apêndice H da API-650) e hoje é um tipo de teto cada vez mais aplicado, sempre em conjunto com tetos fixos (cônico ou domo). Usado em qualquer diâmetro de tanque. 	<ul style="list-style-type: none"> Fácil fabricação e instalação em qualquer tipo de teto fixo. Redução significativa nas emissões (até 95%). Redução no impacto ambiental. Normalmente sua implantação apresenta a melhor relação entre custo e benefício em relação aos tanques sem sua aplicação, ao se levar em conta as reduções de perdas por emissão fugitiva. 	<ul style="list-style-type: none"> Não pode ser aplicado sem um teto fixo. Necessita de equipe especializada para montagem.
F	<p>Domo Geodésico de Alumínio</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Teto em alumínio Foi inicialmente criado como um acessório (apêndice G da API-650) e hoje é o tipo de teto preferencial para diâmetros acima de 30 metros, porém também aplicável a tanques de menor diâmetro. Em conjunto com o teto flutuante interno, tem gradativamente substituindo os tetos flutuantes externos, com custo benefício maior. 	<ul style="list-style-type: none"> Fácil fabricação e montagem Menor manutenção quando comparado à um teto flutuante externo. Como normalmente é aplicado à tetos de grandes diâmetros, tem instalação muito mais fácil em relação aos tetos suportados ou flutuantes externos. Não necessita de pintura O alumínio funciona como reflexivo, diminuindo a temperatura interna do tanque durante o dia. 	<ul style="list-style-type: none"> Custo inicial muito próximo ao de um teto fixo em aço carbono. Necessita de equipe especializada para montagem.

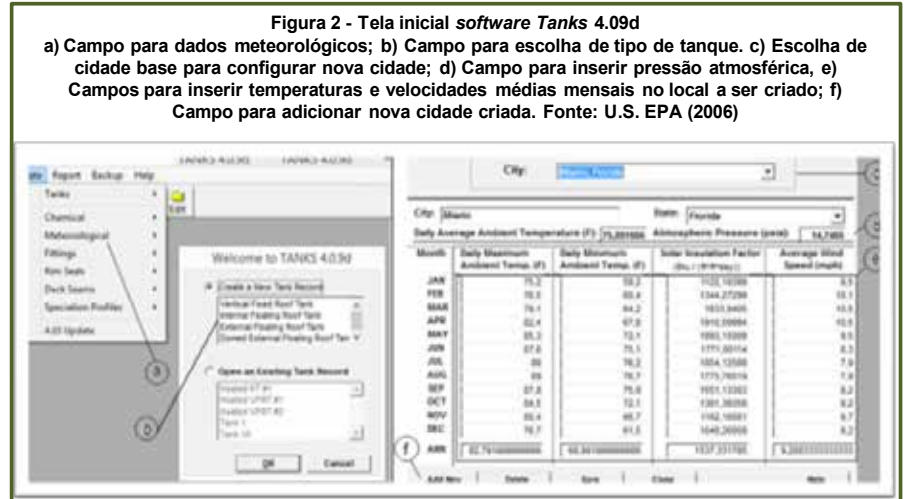
inventário e acompanhamento de emissões fugitivas em tanques atmosféricos.

O Software TANKS 4.09d também pode ser utilizado com intuito de estabelecer comparativos de redução de emissão para projetos futuros ou mesmo adequações de projetos existentes, trazendo elementos não apenas para avaliação ambiental, mas também para avaliação de retorno de investimento a partir de uma alteração construtiva no tanque. Martins(2004)utilizouoSoftware TANKS 4.09d para determinar as perdas de emissão por trabalho e decisão de instalação ou não de um teto flutuante interno em um tanque já construído. O uso do software permitiu decisões de dimensionamento (volume de estoque), alterando as características dimensionais de um tanque para aplicação futura, levando em conta as movimentações previstas em seu volume.

Oliveira (2015) utilizou o mesmo software para estabelecer um modelo matemático simplificado para avaliação financeira para decisão da aplicação de tetos flutuantes internos, possibilitando a avaliação técnica em termos ambientais de redução de emissão e o tempo de retorno de investimento.

3 . Utilização do Software Tanks 4.09d

O preenchimento do Software



TANKS 4.09d é autoexplicativo e possibilita a criação de novos dados de entrada, como dados meteorológicos, características técnicas de produtos e características construtivas dos equipamentos não cadastradas na biblioteca do software, apresentados na tela inicial (Figura 2).

Os dados ambientais de uma localidade podem ser inseridos no banco de dados do software, conforme apresentado na Figura 2, representados pelas letras c a f. Na Figura 2-c, apresenta-se a seleção de uma cidade do banco de dados do software ou uma cidade previamente inserida. Os dados apresentados da Figura 2-d são a temperatura ambiente média diária no período de um ano e pressão atmosférica de um local determinado. No quadro apresentado na Figura 2-e são apresentadas a temperatura ambiente máxima e mínima diárias, no período mensal, bem como o fator de radiação solar e velocidade do vento, com suas

unidades discriminadas.

Caso a localidade onde o tanque será simulado não faça parte do banco de dados do programa, é possível acrescentar uma localidade (Figura 2-f) a partir da adição das variáveis citadas anteriormente. De forma análoga, é possível adicionar variáveis para produtos, características construtivas dos equipamentos (Figura 2-a)

Neste trabalho foram utilizadas as ferramentas do software para análise de tanques verticais com teto fixo (com teto tipo cônico e domo) e tanques com teto fixo e teto flutuante interno.

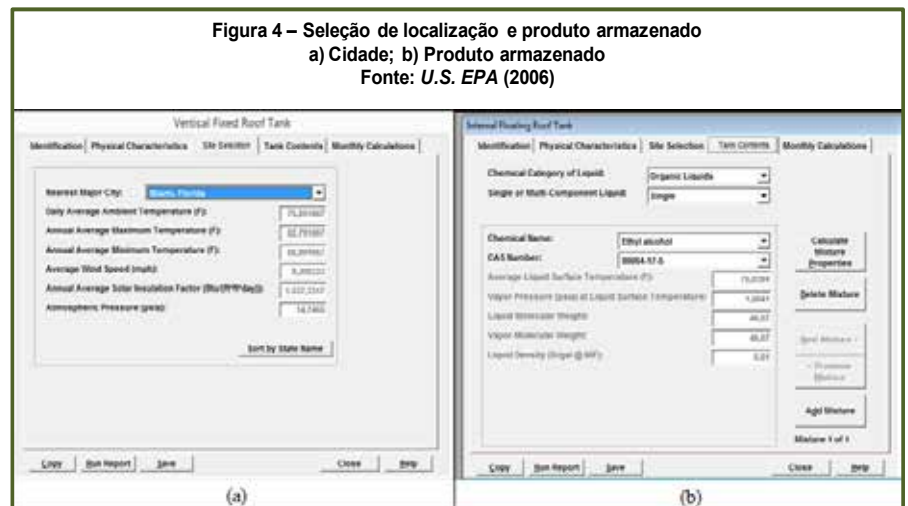
Os dados necessários de entrada para tanques de teto fixo (Figura 3-a) são: altura de costado, diâmetro, altura máxima de produto, altura média de produto. O volume de trabalho é calculado automaticamente pelo software. A quantidade de ciclos de trabalho por ano (cada ciclo um enchimento e esvaziamento). Além destes, o

programa requisita a coloração e condição do costado e teto, bem como tipo de teto (cônico ou domo). Com estas informações a altura e declividade (para tetos cônicos) e o raio de curvatura para tetos domo são calculadas automaticamente. As unidades de cada parâmetro estão discriminadas no seu campo.

Para tanques de teto fixo com teto flutuante interno, os dados de entrada (Figura 3-b) são: diâmetro, volume do tanque, quantidade de ciclos de trabalho por ano (cada ciclo um enchimento e esvaziamento), sendo o volume movimentado por ano calculado automaticamente.

O software requisita se o tanque em questão possui teto fixo suportado ou autoportante e, em para teto suportado, as características de colunas de sustentação, e de condição e coloração de pintura de teto e costado devem ser informadas.

Em tetos flutuantes internos deve-se informar se a selagem



interna é simples ou dupla e o tipo de vedação das películas de alumínio (rebitadas, aparafusadas ou soldadas).

Além das características específicas de cada tipo de tanque, apresentadas nas Figuras 3-a e 3-b, também é necessário complementar as informações com as condições ambientais. Portanto deve ser realizada a seleção de uma cidade específica (Figura 4-a), as condições do produto armazenado (Figura 4-b) e da apresentação do cálculo das perdas por emissões que pode

ser anual ou mensal (Figura 4).

Os resultados obtidos com o Software Tanks 4.09d (U.S. EPA, 2006) são emitidos na forma de relatórios padrão (Tabelas 2 e 3) apresentando sempre as perdas em massa (lb). Sendo as perdas dos tanques com teto autoportante fixo domo e cônico separadas em perdas de trabalho (LW) e perdas devido à variações de temperatura ou respiração do tanque (LS). As perdas de tanques com teto flutuante interno são divididas em: vedação (LR), retirada (LWD), bocais internos (LRF) e juntas internas (LD). Estas, apresentadas ao longo dos doze meses do ano.

A Tabela 2 ilustra um exemplo de relatório emitido pelo software TANKS 4.09d de perdas mensais típicas de tanques com teto fixos: perdas relacionadas com as variações de temperatura (LS - breathing loss) e perdas de trabalho (LW - working loss).

A Tabela 3 ilustra um exemplo de relatório emitido pelo

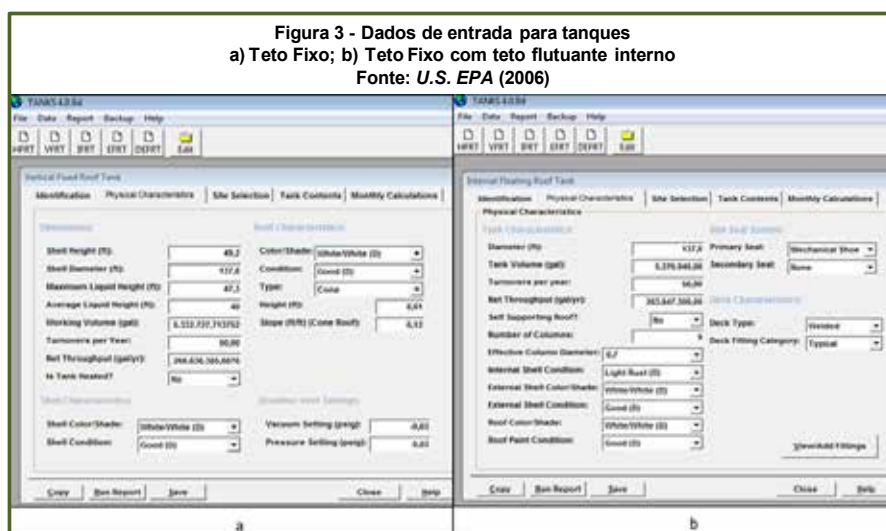


Tabela 2 - Perdas típicas obtidas com o Software TANKS para tanques com teto fixo (cônico ou domo)

L_S	L_W	L_R	L_{WD}	L_{RF}	L_D
1476	14861	0	0	0	0
1597	16027	0	0	0	0
2101	17404	0	0	0	0
2655	19863	0	0	0	0
3293	22786	0	0	0	0
3738	26079	0	0	0	0
3445	27741	0	0	0	0
3203	26800	0	0	0	0
2763	24400	0	0	0	0
2393	20560	0	0	0	0
1718	16880	0	0	0	0
1436	14901	0	0	0	0

Fonte: O Autor (2006)

Tabela 3 - Perdas típicas de tanque com teto fixo e flutuante interno – resultados em massa (lb)

L_S	L_W	L_R	L_{WD}	L_{RF}	L_D
0	0	44	37	54	0
0	0	48	37	58	0
0	0	52	37	64	0
0	0	60	37	73	0
0	0	69	37	84	0
0	0	80	37	97	0
0	0	85	37	103	0
0	0	82	37	100	0
0	0	74	37	90	0
0	0	62	37	76	0
0	0	51	37	62	0
0	0	45	37	54	0

Fonte: O Autor (2006)

Software TANKS 4.09d para perdas mensais típicas para tanques com teto fixos e teto flutuante interno: perdas na vedação do selo (LR - rim seal loss), perdas por retirada de produto (LWD - withdraw loss), perdas nos bocais internos da película (LRF - deck fitting loss) e juntas internas da película (LD - deck seamloss). Os dados apresentados nas Tabelas 2 e 3 são figurativos e não foram utilizados neste trabalho.

4. Metodologia adotada para as simulações utilizando o software tanks 4.09d

As simulações foram realizadas para determinar as perdas por emissões fugitivas e avaliar, percentualmente, as vantagens ou desvantagens (em termos de perda de produto) da aplicação de teto flutuante interno em tanques de armazenamento.

As premissas que seguem foram adotadas nas simulações:

- Condições ambientais: a escolha da localização foi mantida constante. Como a intenção foi a de fazer um comparativo entre aplicação ou não de teto flutuante interno a escolha do local (e suas características) era indiferente. Contudo o local foi mantido o mesmo em todas as simulações e escolhido arbitrariamente na cidade de Miami, Florida, Estados Unidos.

- Condições de trabalho: 365 operações de enchimento

e esvaziamento no ano.

c) Condições construtivas do teto: películas de alumínio soldadas e teto externo autoportante (sem colunas de estrutura de sustentação).

d) Características dimensionais:

as características de diâmetro e altura adotadas nas simulações, bem como a altura operacional de coluna de produto interna estão apresentadas na Tabela 5.

e) Produto armazenado: foram adotados os seguintes produtos: álcool, gasolina, óleo cru e querosene de aviação. As propriedades físico-químicas utilizadas seguem os padrões utilizados no software e obtidos na literatura. A Tabela 6 apresenta os dados utilizados.

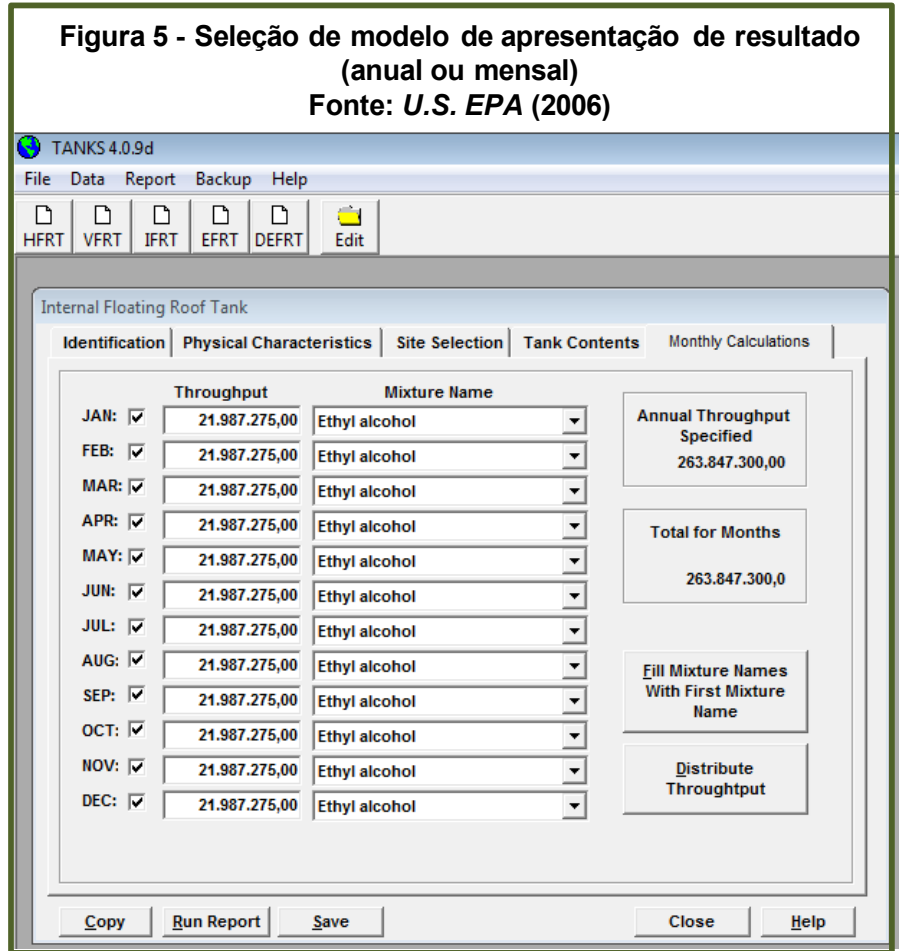
A partir da definição das premissas foi possível obter as perdas por emissão em massa (lb).

Para possibilitar a comparação dos resultados, a partir da perda total (LT) de cada simulação determinou-se a perda por emissão. A perda por emissão percentual foi obtida relacionando o volume de produto perdido com o volume de produto armazenado (operacional), conforme a Equação 1.

$$\xi = \frac{L_T \rho}{V}$$

Figura 5 - Seleção de modelo de apresentação de resultado (anual ou mensal)

Fonte: U.S. EPA (2006)



Com ξ sendo a perda por emissão percentual de produto por evaporação (%); LT a carga total perdida (lb), que consiste no somatório de todas as perdas anuais apresentadas no relatório

do software TANKS (Figura 5).

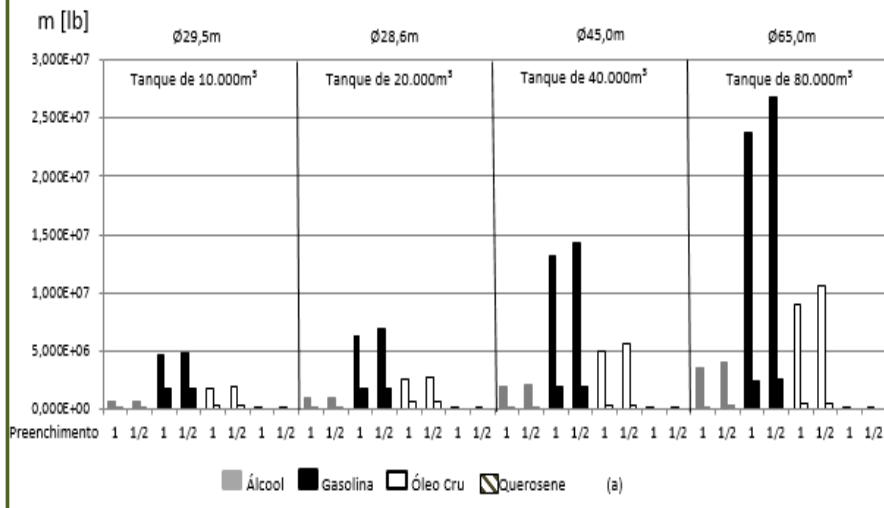
6. Resultados obtidos com as simulações

Para possibilitar a comparação entre as simulações cuja única

Tabela 6 - Massa específica e ponto de fulgor

Produto	Massa específica		Ponto de Fulgor (°C)
	(lb/gal)	(kg/m ³)	
Gasolina	5,60	671	-43
Óleo Cru	7,10	851	-7 a 32
Álcool	6,61	759	13
Querosene de aviação	7,00	839	40

Figura 6 - Relação de perdas de tanques com e sem teto flutuante (%)
 Fonte: O autor (2015)



o querosene. Isso se deve ao fato destes produtos possuírem ponto de fulgor muito alto.

Com a Equação 1 foi possível determinar uma relação das perdas por emissão em tanques com mesmas características, porém com e sem a aplicação do teto flutuante. Com isso, podemos estabelecer uma relação de ganho percentual, a partir da relação entre as perdas de um tanque com um teto flutuante aplicado e as perdas de um tanque sem o teto flutuante aplicado, mantendo constantes todas as demais variáveis.

característica diferente foi a aplicação do teto flutuante interno, estas foram selecionadas e agrupadas e os resultados estão apresentados Figura 6. Na Figura 6 estão apresentados os resultados para cada produto em uma configuração de tanque cheio (1) e outra pela metade (1/2), e cada simulação foi realizada para tanque com e sem teto flutuante.

Observou-se que, para tanques sem o teto flutuante interno aplicado, as perdas dos tanques cujo volume preenchido era a metade de sua capacidade proporcionaram um percentual de perda maior do que quando o tanque está com sua capacidade de armazenamento total, isto é ocasionado por seu maior “volume vazio”, sendo seu crescimento exponencial com o aumento do volume nominal do tanque.

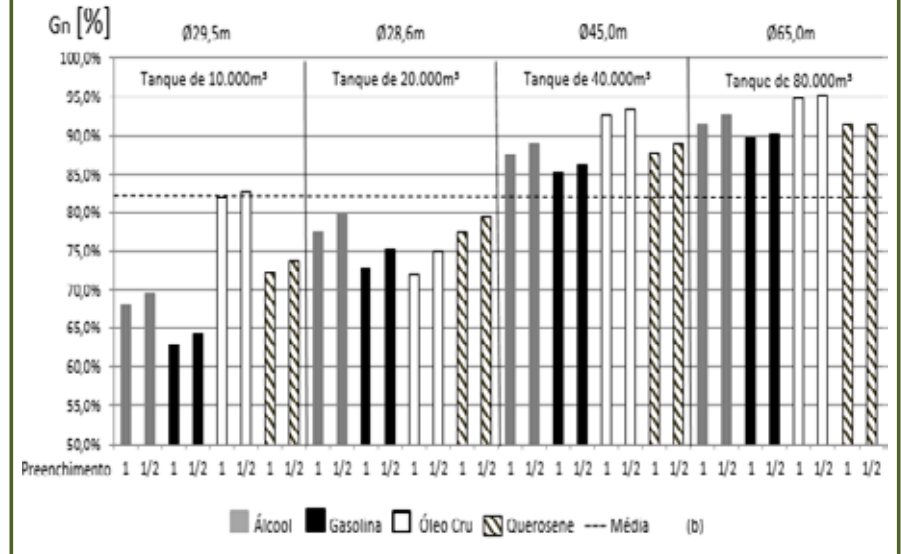
Em contrapartida, foi possível avaliar que para tanques com

teto flutuante interno, esta perda se estabilizava e passava a ser uma função da quantidade movimentada por ano. Também foi possível observar que a perda por emissões fugitivas para o óleo cru e querosene de aviação são muito baixas, sendo em média inferior a 8% para o óleo cru e de 0,1% para

$$Gn = 1 - \left(\frac{\xi_{flutuante}}{\xi_{fixo} \xi} \right)$$

Com Gn sendo o ganho percentual (%) anual do produto

FIGURA 7 - Relação de ganhos percentuais de tanques com e sem teto flutuante (%)
 Fonte: O autor (2015)



armazenado com a aplicação de tetos flutuantes internos, ou seja, a economia gerada com a redução da perda de produto por emissão fugitiva.

Na Figura 7, foi possível verificar que com o aumento do volume armazenado, a redução nas emissões com a aplicação do teto flutuante crescem, chegando em 92% (máximo), com uma média de 82%.

A partir das diversas simulações feitas foi possível avaliar que, relacionando um tanque sem o teto flutuante interno aplicado com outro em situação equivalente porém com o teto flutuante aplicado, o mesmo tende a apresentar menor perdas, dependendo de todas as demais variáveis aplicadas à este estudo.

Outra constatação foi a de verificar que as vantagens da redução de emissão na aplicação do teto flutuante interno crescem com o aumento do volume do tanque, de maneira mais relevante que com o aumento de seu diâmetro.

6. Conclusões

A utilização do Software TANKS 4.09d possibilitou estimar as perdas por emissão nos tanques atmosféricos de armazenamento de quatro tipos de combustíveis (citar) com e sem a aplicação de tetos flutuantes interno, sendo possível compará-las e prever a eficiência da aplicação do teto flutuante interno para cada situação.

Existem diversas dificuldades na coleta de dados reais para comparativos com o software (em lugar de comparações com protótipos). Elas vão desde o fato de que é comum os parques de tanques possuírem sempre as mesmas características construtivas (pelo fato de normalmente executarem a construção da planta com um único empreiteiro para tanques, e conseqüentemente este aplica a técnica construtiva mais lucrativa em todos os tanques), ao fato de que os parques normalmente são de tipos específicos de produto (derivados de petróleo, produtos químicos e outros), mas dificilmente há uma gama grande de produtos em um mesmo local. Outro fator que dificulta um trabalho mais completo e em escala real é a competitividade entre as plantas de armazenamento. Assim as informações são consideradas confidenciais e por estratégia comercial não são divulgadas.

Ao criar diversas situações possíveis em simulações com o Software TANKS 4.09d (U.S EPA, 2006) foi possível perceber que a utilização do software e a coleta de informações sobre as condições de contorno mínimas para se obter os resultados, necessitam de um grau de conhecimento e treinamento razoável do operador nas ferramentas do sistema, as quais apresentamos neste trabalho.

Neste trabalho, foi possível verificar que o programa TANKS 4.09d abrange uma série de condições de contorno e capacita o usuário a identificar e comparar situações possíveis em termos de emissão e, a partir destes dados, converter em perdas em massa para comparar custos de redução de emissão (perda de produto) com decisão de investimento (aquisição de teto flutuante interno). ❶

Referencias

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7821: Tanques Soldados para Armazenamento de Petróleo e Derivados. Corpo de norma, capítulos de 1 a 13 e anexos: D - Tetos flutuantes; H - Tetos Flutuantes Cobertos. Rio de Janeiro, 1983.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2007.
- API-650. American Petroleum Institute (Instituto do Petróleo Americano). Welded Tanks for Oil Storage (Tanques soldador para Armazenamento de Óleos). Corpo de norma, capítulos de 1 a 10 e anexos: C - External Floating Roofs (Tetos flutuantes extensos); G - Structurally-Supported Aluminium Dome Roofs (Domos de Alumínio Estruturalmente Suportados); H - Internal Floating Roofs

- (Teto Flutuante Interno). 11ª Ed., Maio, 2010.
- BARROS, S. M. Curso de Tanques de Armazenamento. Centro de Desenvolvimento de Recursos Humanos - Sudeste, Rio de Janeiro, RJ. 2003.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 18 - Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção, julho de 1978. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR18/NR18.pdf> Acesso em: 27 nov. 2015
- CETESB. Licenciamento Ambiental Unificado. Base de Armazenamento de Combustíveis e Produtos Químicos, São Paulo, SP, 2015, disponível em: http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/unificado/pdf/bases_emissoes_atmosfericas.pdf, acesso em 26 mai. 2015.
- CONTEC - COMISSÃO DE NORMALIZAÇÃO TÉCNICA. CONTEC N-270: Projeto de Tanque de Armazenamento Atmosférico. Revisão E, Rio de Janeiro, 2010.
- COSTA, D. M. B. da; Avaliação das Emissões Fugitivas de Metano em Sistemas de Transporte de Gás Natural. O Caso do Gasoduto Bolívia-Brasil. 153f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Ambiental) – Setor de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- GODISH, T. Air Quality (Qualidade do Ar). 4ª Ed. Lewis Publishers: Estados Unidos, 2004.
- GUIZZE, A; Manual de Trocadores de Calor, Vasos e Tanques, Ibrasa Editora: São Paulo, 1989.
- HEINSOHN, R. J; KABEL, R. L; Sources and Control of Air Pollution (Fontes e Controles de Poluição do Ar). Prentice Hall, 1999.
- LIMA, A. H. T. de; SILVA Jr. L. P. da; SILVA, W. M. B; Estocagem de Petróleo, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2014.
- MACHADO, E. M; Apostila Curso Tanques de Armazenamento. Escola Técnica União, Santo André, SP, 2009.
- MAIA, C; AURELIO, R; Tanques de Armazenamento, Instituto Federal Bahia, Salvador, BA, 2012.
- MARTINS de, D. O; Estudo de controle de Emissões de Compostos Orgânicos Voláteis em Tanques de Armazenamento de Produtos Químicos. Trabalho de Mestrado (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.
- MCDONALD, R; Air Pollution Engineering Manual – Petroleum Storage (Manual de Engenharia de Poluição do Ar – Armazenamento de Petróleo). Air & Waste Management Association (Associação de Gerenciamento de Ar e Resíduos), 1ª Ed, 1992.
- OLIVEIRA, R; Acervo pessoal, cedido pelo Grupo VETOR-MATHIAS, Obra em SUAPE, PE, 2011.
- OLIVEIRA, R; Modelo matemático para avaliação ambiental e financeira da aplicação de dispositivos de controle de emissão em tanques de armazenamento: tetos flutuantes internos. Trabalho de Mestrado (Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial), Universidade Federal do Paraná, 2015
- QUINTANILHA L; O Universo das Emissões Atmosféricas. Revista Meio Ambiente Industrial, São Paulo, SP, 2009.
- TELLES, S; Vasos de Pressão. 2ª Edição, Editora LTC, Rio de Janeiro, RJ, 2007.
- U.S. EPA – Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental). Software TANKS 4.09d Outubro – 2006, disponível em: <http://www.epa.gov/ttnchie1/software/tanks/>, acesso em 16 fev. 2015.
-
- Raphael Adryano Araujo de Oliveira: Engenheiro Mecânico, Grupo Vetor - Mathias, Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial (PPGMAUI) raphael_adryano@hotmail.com*
- Professora Dra. Mônica Beatriz Kolichski: Engenheira Química, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial (PPGMAUI) monica.beatriz@ufpr.br*
- Professor Msc. Mauricy Kawano: Químico Industrial, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI/PR), Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial (PPGMAUI) mauricy.kawano@pr.senai.br*