



ENTAC2006

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO | XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS DE TINTAS IMOBILIÁRIAS

UEMOTO, Kai Loh (1); AGOPYAN, Vahan (2)

(1) Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica –
Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: kai.uemoto@poli.usp.br

(2) Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de
São Paulo, Brasil – e-mail: vahan.agopyan@poli.usp.br

RESUMO

Proposta: Os produtos usados na pintura de edifícios emitem compostos orgânicos voláteis (VOC), que são uma séria fonte de poluição atmosférica, tanto durante a sua fase de construção como no seu uso. São considerados contaminantes potenciais importantes na qualidade do ar interno principalmente em ambientes com ar condicionado. A demanda por produtos ambientalmente menos agressivos motivou este estudo, que teve como objetivo fazer um diagnóstico do mercado nacional, levantar e fornecer critérios ecológicos nacionais às indústrias de tinta, para que estas possam se adequar, de forma evolutiva, aos teores de VOC propostos internacionalmente. **Método de pesquisa/Abordagens:** Para a realização deste diagnóstico foram coletados do mercado aproximadamente 30 amostras de produtos para a pintura (tintas látex, esmalte sintético etc). As emissões provenientes destes produtos foram determinadas quantitativamente por métodos gravimétricos e caracterizadas qualitativamente por cromatografia gasosa acoplado a espectrometria de massa (CG-MS). Este trabalho apresenta as principais substâncias encontradas no VOC das tintas para a construção civil, discute os seus efeitos ao homem e ao meio ambiente bem como algumas regulamentações internacionais. Os resultados obtidos mostram que as tintas contêm ingredientes prejudiciais à qualidade do ar no interior de edifícios além de causar riscos à saúde do trabalhador nas obras durante a construção. **Contribuições/Originalidade:** Proposta brasileira de limites de VOC para produtos de pintura da linha decorativa.

Palavras chaves: meio ambiente, emissões, VOC, tintas, construção civil

ABSTRACT

Proposal: The activities during the construction phase significantly modify the environment. In the site, sound pollution, solid wastes, particulate matter are generated and, in the case of painting products, the emission of VOCs, which is a serious source of air pollution. This emission can cause serious health effects on workers in buildings sites and on residents in the initial occupation period after the construction has been completed. The goal of the investigation was to establish a benchmark of the VOC content in the Brazilian market in order to provide support to a future national regulation, and also to the industry, in the optimization of paint formulations. **Methods:** The diagnostic was done by testing 30 products from retail vendors located in the City of São Paulo. The TVOCs contents were determined by gravimetric methods and the compounds emitted were identified by analytical gas chromatography, via headspace sampler, coupled to mass spectrometry (GC-MS). **Findings:** The results obtained show that these products contain ingredients that are harmful to the environment, can cause serious health effects on workers in buildings sites and on residents in the initial occupation period after the construction has been completed. **Originality/value:** Proposal of Brazilian VOC legislation for architectural paints.

Keywords: environment, emissions, VOC, paints, civil construction

1. INTRODUÇÃO

Os produtos usados na pintura de edifícios emitem VOC, que contribuem para a poluição atmosférica, afetam a saúde do trabalhador durante a fase de construção do edifício, como, também, reduz a qualidade do ar presente no interior do edifício, prejudicando a saúde dos usuários. Nos países do

Hemisfério Norte, onde o número de edifícios com ar condicionado é muito elevado, essa preocupação já existe há longo tempo. As agências de proteção ambiental dos EUA, Canadá e da comunidade européia já impuseram restrições quanto ao volume máximo de compostos voláteis emitidos, como uma estratégia para prevenir o impacto ambiental. As restrições impostas à emissão de VOC têm tido uma grande influência na inovação de produtos das indústrias de tinta, inclusive no Brasil. No mundo, a obtenção de tintas ambientalmente “amigáveis” tem sido uma das principais linhas de pesquisa, o que levou a mudanças significativas na formulação, produção e aplicação destes produtos. Várias tecnologias estão sendo adotadas com sucesso, como a formulação de produtos sem odor e com menor teor de VOC ou isento deste tipo de emissão, com elevado teor de sólidos, com redução da quantidade de solventes aromáticos, com reformulação dos solventes normalmente empregados (HARE, 2000), uso de solventes oxigenados, substituição de pigmentos à base de metais pesados, substituição de produtos de base solvente por emulsões, uso de novos tipos de coalescentes nas tintas de base aquosa e produção de tintas em pó.

Esse artigo discute o efeito do VOC ao meio ambiente e ao homem com vistas à saúde ocupacional; apresenta algumas regulamentações internacionais para tintas que eventualmente possam ser tomadas como referência para a regulamentação no nosso país; apresenta valores médios de TVOCs de tintas látex e esmalte sintéticos mais vendidos no mercado de São Paulo; as principais substâncias encontradas no VOC das tintas estudadas e, além disso, propõe limites de VOC para os produtos vendidos no país.

1.1 O VOC na construção civil

A construção civil também é geradora de poluição ambiental; os edifícios alteram significativamente o meio ambiente durante a fase de construção e durante o seu uso. As atividades no canteiro geram: poluição sonora, resíduos de construção, materiais particulados e, no caso dos produtos de pintura, a emissão de VOC, que constitui uma séria fonte de poluição atmosférica. Existe uma crescente preocupação com os produtos da indústria da construção, no que diz respeito à qualidade ambiental (EQ - Environmental Quality); esses, além de serem avaliados sob o ponto de vista de desempenho, em breve também serão avaliados sob critérios ambientais. A seleção dos materiais de construção deixará de ser feita somente com base em critérios estéticos, de durabilidade ou de custo, mas também estará condicionada a questões, como a contaminação do meio ambiente, e a toxidez dos produtos (CHEVALIER; LE TÉNO, 1996). Em um futuro próximo, os critérios ecológicos ficarão agregados aos critérios de desempenho, prazo e custo. A questão ambiental se constituirá em um diferencial importante a ser usado como instrumento para divulgação e expansão mercadológica. Mesmo no Brasil, alguns fabricantes de tinta já divulgam a venda de produtos como sendo isentos de emissão de VOC e de metais pesados como o chumbo e cromo.

1.2 O VOC na qualidade do ar

A norma ASTM D 3960-98 “Standard practice for determining volatile organic compound” (VOC) define o VOC como sendo qualquer substância orgânica que participa de reações fotoquímicas na atmosfera com exceção de monóxido de carbono, dióxido de carbono, ácido carbônico, carbeto e carbonatos metálicos. As tintas imobiliárias, principalmente aquelas de base solvente, e os produtos usados para a aplicação da pintura possuem em sua composição VOC, geralmente constituídos por hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos, hidrocarbonetos contendo halogênios, cetonas, ésteres, álcoois os quais contribuem na formação do ozônio troposférico (“smog” fotoquímico), que têm efeitos prejudiciais à saúde, principalmente para a população que faz parte de grupos vulneráveis a este agente. Os VOCs apresentam impactos descritos a seguir:

1.2.1 O Ambiente externo e a formação do ozônio

Os hidrocarbonetos (VOCs), em combinação com os óxidos de nitrogênio, com a luz solar (radiação UV) e com o calor, reagem entre si, formando compostos oxidantes, como o ozônio troposférico. O ozônio é considerado pela U.S. Environmental Protection Agency (EPA) como sendo um dos principais integrantes do “smog”, que é a névoa fotoquímica urbana. A reatividade fotoquímica é função da composição química dos solventes, produzindo diferentes teores de ozônio. A quantidade de

radiação solar e o calor também influem na formação do ozônio. Por isso, esta substância se forma, principalmente, no verão, quando há muito sol e calor (EPA, 1999).

Os dados extraídos do Relatório de Qualidade do Ar, no Estado de São Paulo, da CETESB (SÃO PAULO, 2004), mostram que, nos últimos 5 anos (1999 a 2003), o NO₂ não apresentou tendência de concentração na RMSP e que também não foi observada nenhuma ultrapassagem em relação ao padrão anual (100 µg/m³). Quanto ao ozônio, os dados mostram, que nos últimos 5 anos, este poluente ultrapassou o padrão de qualidade do ar em, aproximadamente, 75 dias, ao redor de 20% dos dias do ano (SÃO PAULO, 2004). Um valor elevado de ozônio, além de afetar a saúde do ser humano, modifica o equilíbrio ambiental dos ecossistemas ou altera a bioquímica das plantas (SÃO PAULO, 2004). Os dados apresentados pela CETESB confirmam a necessidade de se implementar estratégias de controle de redução de emissões de poluentes precursores de ozônio, como o VOC.

1.2.2 Ambiente interno dos edifícios

O efeito causado pela emissão de VOC em ambientes internos de edifícios tem sido uma preocupação constante e muito discutida nas últimas décadas. A qualidade do ar no interior de edifícios tem grande impacto na saúde e bem estar das pessoas. O tema Qualidade do Ar de Interiores (QAI) surgiu na década de 70, quando houve escassez de energia nos países desenvolvidos de clima frio. Neste período, iniciou a construção de edifícios com menor troca de calor entre o ambiente interno e externo, como forma de redução do consumo de energia (GIODA; AQUINO NETO, 2003). As alterações efetuadas geraram problemas de saúde, relacionados com a qualidade do ar no interior dos edifícios, os quais foram denominados como Síndrome de Edifícios Doentes (SED), sendo reconhecida pela Organização Mundial da Saúde (OMS), desde o início da década de 80. Conforme esta entidade, os sintomas mais comuns são: irritação e obstrução nasal, desidratação e irritação da pele, problemas na garganta e nos olhos, dor de cabeça e cansaço, levando à perda da concentração. No Brasil os trabalhos sobre o tema foram iniciados em 1992, pelo Laboratório de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico (LADETEC), da Universidade Federal do Rio de Janeiro, em conjunto com o Laboratório de Aerossóis e Gases Atmosféricos (LAGA), do Instituto de Química, da Universidade de São Paulo (GIODA; AQUINO NETO, 2003).

Conforme EPA (1999), os materiais de construção são considerados uma das principais fontes de poluição em ambientes fechados. Internacionalmente, têm sido muito estudada a emissão de VOCs pelas tintas imobiliárias e pelos materiais e componentes de acabamento, principalmente nos países do Hemisfério Norte e Ásia, onde é comum o uso de ar condicionado (THAM, 2000; YANG et al, 2001). A maioria dos estudos realizados teve como objetivo o desenvolvimento de metodologias para a caracterização e quantificação deste tipo de emissão no interior dos edifícios, bem como o efeito destes compostos no meio ambiente e na saúde do homem (SATO, 2000; KASANEN, 2000). Os resultados destes estudos mostraram que os VOCs, emitidos pelos materiais de construção de acabamento de base polimérica, influem na qualidade do ar do ambiente interno de edificações, causando desconforto e danos à saúde dos usuários (POPA; HAGHIGHAT, 2003).

Com relação aos produtos de pintura, a emissão se inicia na fase final de construção, principalmente durante as operações de pintura e secagem, bem como nas primeiras idades de ocupação. As substâncias emitidas durante a execução da pintura podem afetar a saúde do trabalhador, resultando em problemas de saúde ocupacional (SATO et al, 2000) e prejuízos na sua produtividade. As emissões também ocorrem durante todo o período de ocupação do edifício, pelo fato destes receberem manutenções periódicas frequentes, principalmente em ambientes públicos, escolas, escritórios etc. Os estudos mostraram que a emissão contínua de VOC em ambiente interno, durante anos, pode levar à ocorrência de problemas característicos de SED (SENITKOVA, 2000; YU; CRUMP, 1998). Hoje, no desenvolvimento de novos produtos de construção, já estão sendo considerados os possíveis impactos a serem causados pela emissão de VOCs, na saúde e no conforto dos ocupantes dos edifícios, objetivando, sempre, a obtenção de produtos mais saudáveis (WOLKOFF, 1999).

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é discutir a questão ambiental na indústria da construção civil, mostrar a importância de desenvolvimento de tintas de baixo VOC, informar ao meio técnico uma parte dos

resultados obtidos no projeto “Impacto ambiental das tintas imobiliárias” desenvolvido pela EPUSP com recursos da FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos e parceria com a ABRAFATI, que teve como objetivo levantar e fornecer critérios ecológicos nacionais às indústrias de tinta para que estas possam se adequar aos teores de VOC que estão sendo propostos internacionalmente, além de mostrar o efeito de algumas substâncias detectadas no VOC e o seu efeito na saúde ocupacional.

3. METODOLOGIA DO ESTUDO REALIZADO

Para a realização deste diagnóstico foram coletadas do mercado aproximadamente 30 amostras constituídas por tintas látex e esmalte sintético. Foram analisadas algumas características químicas desses produtos e identificadas a composição dos seus VOCs. As emissões provenientes destes produtos foram determinadas quantitativamente por métodos gravimétricos e caracterizadas qualitativamente por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (CG-MS), em equipamento de marca Shimadzu (QP- 5050A), e uso de acessório específico (headspace Sampler) marca Shimadzu HSS-4A. A identificação das substâncias foi feita por comparação com espectro padrão ou de referência, em banco de espectros para pesquisa, tendo sido usadas bibliotecas NIST 107, NIST 21 e WILEY 229.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de literatura mostram que a emissão dos VOCs da tinta influi, tanto na qualidade do ar presente na troposfera pela formação do ozônio considerado um dos principais poluentes atmosféricos, quanto na qualidade do ar de ambientes fechados, devido à geração de problemas típicos relacionados com a qualidade do ar no interior de edifícios, conhecida como “Síndrome de edifícios doentes” (SED).

O estudo mostrou que os produtos usados na pintura de edifícios, como as tintas látex e esmaltes sintéticos, contêm na sua composição uma mistura de solventes (VOCs), alguns com mais de 60 substâncias. Parte destas substâncias é comumente encontrada nas formulações dos produtos e a outra parte, provavelmente, resultado de impurezas presentes nas matérias primas. Algumas das substâncias encontradas são consideradas nocivas à saúde humana, como os solventes clorados, compostos aromáticos (benzeno, tolueno, xileno e isômeros), metil etil cetona (MEK), formaldeído, etc. (ANEXO A), e outras, sensíveis fotoquimicamente, tais como: xileno, limoneno, tolueno, etanol, butano, os quais contribuem para a formação do ozônio da troposfera. O estudo confirma os dados da literatura, mostrando que as tintas do mercado de São Paulo contêm ingredientes que podem prejudicar a qualidade do ar no interior de edifícios além de causar riscos à saúde do trabalhador nas obras durante a construção.

As regulamentações internacionais existentes (ANEXO B) classificam os produtos e fixam limites de VOCs, com base em diferentes critérios, dificultando uma análise comparativa. No estudo, muitos produtos de base solvente (esmalte sintético) do mercado apresentaram valores próximos aos limites sugeridos pela regulamentação da EPA ou pela comunidade europeia. A proposta de regulamentação europeia, que limita teores de VOC até 01/01/2007 (Tabela B2), classifica as tintas em exterior/interior e base água/solvente. Pela similaridade dos produtos apresentados nesta regulamentação com os produtos existentes no mercado nacional, usou-se esta proposta de regulamentação para análise.

A redução dos VOCs tem sido uma das principais metas das indústrias de tinta. As tintas látex do estudo contêm teores de VOC bem inferiores a 20g/L, valores bem inferiores aos teores máximos sugeridos pela Diretiva Europeia para o ano de 2010, para tintas semi brilho, de uso interior (Tabela B1). Na Tabela 1 estão resumidas algumas limitações sugeridas pela Diretiva Europeia, para 2007 e 2010, e que poderiam direcionar os produtos do mercado nacional. Os teores de TVOCs (totais) dos esmaltes sintéticos (Tabela 2), brilho >25@60°, dos 3 principais fabricantes do mercado brasileiro, usados no artigo como exemplo, possuem teores superiores ao valor recomendado pela Diretiva da União Europeia, para 2007, para aplicações sobre substratos em madeira e metal, que são os usos mais comuns para este tipo de tinta no Brasil. Nenhuma das tintas ensaiadas está em conformidade com os valores sugeridos pela Diretiva da União Europeia para 2010. Conforme a proposta de regulamentação europeia, o limite de VOC para tintas de base solvente para uso externo é de 450 g/L (Tabela 1); nessa condição de uso os produtos de base solvente ensaiados estão dentro dos limites propostos (Tabela 2).

Tabela 1. Limitação dos teores de VOC de tintas conforme Regulamentação Europeia, Directiva 2004/42/CE (g/L)

Produto	Tipo	Ano 2007	2010
Interior (brilho <25@60o)	Água	75	30
	Solvente	400	30
Interior (brilho >25@60o)	Água	150	100
	Solvente	400	100
Exterior (substrato mineral)	Água	75	40
	Solvente	450	430
Interior/ exterior (madeira e metal)	Água	150	130
	Solvente	300	-

Tabela 2. Teores médios de TVOC de alguns esmaltes sintéticos de diferentes fabricantes. Letras em negrito: valores em desacordo com a Diretiva Européia EU até 2007.

Fabricante	brilho	TVOC médio (g/L)			
A	>25	320	328	384	400
	<25	215	222	244	200
B	>25	400	408	344	400
	<25	259	244	200	-
C	>25	392	400	-	-
	<25	222	222	222	166

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos pelo apoio financeiro recebido no desenvolvimento do Projeto, ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão de bolsa de pesquisa e à Paula Ikematsu na realização de ensaios e identificação das substâncias em banco de espectros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

2001 TLVs e BEIs – Threshold limit values and biological exposure American Conference of Governmental Industrial Hygienists – ACGIH, versão traduzida pela Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais – ABHO, 2001

BREZINSKI, J. J. Regulation of volatile organic compound emissions from paints and coatings. Koleske, J. V.. In: **Paint and coating testing manual: fourteenth edition of the Gardner-Sward Handbook**. ASTM Manual Series: MNL 17, pp.3-12, 1995.

CHEVALIER, J. L.; LE TÉNO, J. F. Requirements for an LCA-based Model for the evaluation of environmental quality of building products. **Building and Environment**. Vol. 31, no 5, p. 487-491, 1996.

GIODA, A; AQUINO NETO, F.R. Poluição química relacionada ao ar de interiores no Brasil. **Química Nova**, vol. 26, no.3, 359-365, 2003.

HARE, H. C. Formulation strategies using exempt solvents: latest developments. **Paint & Coatings Industry**, United States, aug. 2000, Disponível em: <http://www.pcimag.com/pci/cda/articleinformation/features/Features_Index/1,1838,1-367,00.html>. Acesso em: 17 mai. 2002.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). POCKET GUIDE TO CHEMICAL HAZARDS (NPG). Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh>>. Acesso em: 17 jan. 2005.

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria do Meio Ambiente. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). Relatório da qualidade do ar no estado de São Paulo 2003.- **São Paulo: CETESB**, 2004. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.Br/ar/ar-geral.asp>>. Acesso em 10 abr. 2005.

SATO, S. et al The emission of volatile organic compounds in a building under construction. In: Proceedings of Healthy Buildings. **Anais**. Finland, 2000. p.459-464;

SENITKOVA, I. Ranking of selected indoor chemical pollutants In: Proceedings of Healthy Buildings. **Anais**. Finland. 2000. Vol.1, p.109-114.

THAM, K. W. et al. Identifying, quantifying and controlling VOCs in an air-conditioned office building- a Singapore case study. In: Proceedings of Healthy Buildings. **Anais**. Finland, 2000. p.449-454;

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). USA. Smog- Who does it hurt? What you need to know about ozone and your health. EPA-452/K-99-001, julho 1999. Disponível em: < <http://www.epa.gov/oar/oaqps>>. Acesso em 10 jan.2005.

WOLKOFF, P. How to measure and evaluate volatile organic compound emissions from building products. A perspective. **The science of the total environment**. 227, 1999, p. 197-213.

ANEXO A

EFEITO DE ALGUMAS SUBSTÂNCIAS DETECTADAS NOS VOCs

A Tabela A1 mostra os efeitos causados por alguns dos constituintes dos VOCs na saúde do homem, durante a fase de construção do edifício e nos períodos de manutenção do mesmo, conforme dados apresentados pelo National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).

Tabela A1: Substâncias presentes no VOC das tintas e seus sintomas (NIOSH)

Substância (Nome químico)	Principais sintomas	Limite de exposição
Ácido propanóico Nº CAS* 79-09-4	Irritação nos olhos, pele, nariz, garganta; visão borrada, queimadura de córnea; queimadura de pele; dor abdominal, náusea, vômito	NIOSH REL: TWA** 10 ppm (30 mg/m ³)
2-Butanona Nº CAS* 78-93-3	Irritação nos olhos, pele, nariz; dor de cabeça; vertigem; vômito; dermatite	NIOSH REL: TWA** 200 ppm (590 mg/m ³) ST 300 ppm (885 mg/m ³)
Ciclohexano Nº CAS*110-82-7	Irritação nos olhos, pele, sistema respiratório; sonolência; dermatite; narcose, coma	NIOSH REL: TWA** 300 ppm (1050 mg/m ³)
o-Xileno (1,2-dimetilbenzeno) Nº CAS*95-47-6	Irritação nos olhos, pele, nariz, garganta; vertigem, excitação, sonolência, descoordenação, andar trôpego; vasculização na córnea; anorexia, náusea, vômito, dor abdominal; dermatite	NIOSH REL: TWA** 100 ppm (435 mg/m ³) ST 150 ppm (655 mg/m ³)
Nonano Nº CAS* 111-84-2	Irritação nos olhos, pele, nariz, garganta; dores de cabeça, sonolência, vertigem, confusão mental, náusea, tremor, descoordenação; pneumonia aspirativa por composto químico líquido	NIOSH REL: TWA** 200 ppm (1050 mg/m ³)
1,2,3-Trimetilbenzeno Nº CAS* 526-73-8	Irritação nos olhos, pele, nariz, garganta, sistema respiratório; bronquite; anemia hipocrônica; dores de cabeça, sonolência, fadiga (fraqueza, cansaço), sonolência, náusea, descoordenação; vômito, confusão mental; pneumonia química aspirativa por composto químico líquido	NIOSH REL: TWA** 25 ppm (125 mg/m ³)
Álcool isopropílico Nº CAS*67-63-0	Irritação nos olhos, nariz, garganta; sonolência, vertigem, dores de cabeça; pele crestada desidratada; em animais: narcose	NIOSH REL: TWA** 400 ppm (980 mg/m ³) ST 500 ppm (1225 mg/m ³)
Ácido fórmico Nº CAS*64-18-6	Irritação nos olhos; pele, garganta; queimadura de pele, dermatite; lacrimação (derramamento de lágrimas); rinorréia (saída de líquido pelo nariz); tosse, dispnéia (dificuldade para respirar); náusea	NIOSH REL: TWA** 5 ppm (9 mg/m ³)
1,3,5-Trimetilbenzeno Nº CAS*108-67-8	Irritação nos olhos, pele, nariz, garganta, sistema respiratório; bronquite; anemia hipocrônica; dores de cabeça, sonolência, fadiga (fraqueza, cansaço), sonolência, náusea, descoordenação; vômito, confusão mental; pneumonia química aspirativa por composto químico líquido	NIOSH REL: TWA** 25 ppm (125 mg/m ³)

Ácido propanóico NºCAS* 79-09-4	Irritação nos olhos, pele, nariz, garganta; visão borrada, queimadura de córnea; queimadura de pele; dor abdominal, náusea, vômito	NIOSH REL: TWA** 10 ppm (30 mg/m ³)
Ácido Acético NºCAS*64-19-7	Irritação nos olhos, pele, nariz e garganta; queimadura; sensibilização da pele; erosão dental; black skin, hipercalcosidade; conjuntivite, lacrimação (derramamento de lágrimas); edema da faringe, bronquite crônica.	NIOSH REL: TWA** 10 ppm (25 mg/m ³) ST 15 ppm (37 mg/m ³)
Etilbenzeno NºCAS*100-41-4	Irritação nos olhos, pele, mucosa; dores de cabeça; dermatite; narcose, coma	NIOSH REL: TWA** 100 ppm (435 mg/m ³) ST 125 ppm (545 mg/m ³)
n-Pentano NºCAS*109-66-0	Irritação nos olhos, pele, nariz; dermatite; pneumonia química (aspiração líquida); sonolência; em animais: narcose	NIOSH REL: TWA** 120 ppm (350 mg/m ³) C 610 ppm (1800 mg/m ³) [15-minute]
Tetranitrometano NºCAS*509-14-8	Irritação nos olhos, pele, nariz e garganta; vertigem, dores de cabeça; dores no peito, dispnéia (dificuldade para respirar); metahemoglobinemia, cianose; queimadura de pele	NIOSH REL: TWA** 1 ppm (8 mg/m ³)
n-Heptano NºCAS*142-82-5	Vertigem, letargia, descoordenação; perda de apetite, náusea; dermatite; pneumonia aspirativa por composto químico líquido; inconsciência	NIOSH REL: TWA** 85 ppm (350 mg/m ³) C 440 ppm (1800 mg/m ³) [15-minute]
Hidrazina NºCAS*302-01-2	Irritação nos olhos, pele, sistema respiratório; sistema nervoso central, fígado, rins	NIOSH REL: Ca C*** 0.03 ppm (0.04 mg/m ³) [2-hour]
Álcool etílico NºCAS*64-17-5	Irritação nos olhos, pele, nariz; dor de cabeça, sonolência, fadiga (fraqueza, exaustão), narcose; tosse; danos no fígado; anemia; efeito teratogênico	NIOSH REL: TWA** 1000 ppm
Etil éster do ácido acético NºCAS* 141-78-6	Irritação nos olhos, pele, nariz, garganta; narcose; dermatite	NIOSH REL: TWA** 400 ppm
Formamida NºCAS*75-12-7	Irritação nos olhos, pele, membrana mucosa; sonolência, fadiga (fraqueza, exaustão); náusea; acidose; erupção na pele; em animais: influência na reprodução	NIOSH REL: TWA** 10 ppm
Benzeno NºCAS*71-43-2	Irritação nos olhos, pele, nariz; sistema respiratório; vertigem; dor de cabeça, náusea, andar trôpego; anorexia, fadiga (fraqueza, exaustão); dermatite; depressão da medula óssea; potencial risco de câncer	NIOSH REL: Ca TWA** 0.1 ppm ST 1 ppm
Acetaldeído NºCAS*75-07-0	Irritação nos olhos, pele, nariz, garganta; queimaduras na pele; conjuntivite; tosse; depressão; edema pulmonar; em animais: efeitos teratogênicos; rins e sistema reprodutivo.	OSHA PEL****†: TWA** 200 ppm (360 mg/m ³)
Acetona NºCAS* 67-64-1	Irritação nos olhos, pele, nariz, garganta; dor de cabeça, vertigem, depressão do sistema nervoso central, dermatite	NIOSH REL: TWA** 250 ppm (590 mg/m ³)
p-Xileno NºCAS* 106-42-3	Irritação nos olhos, pele, nariz, garganta; vertigem, excitação, sonolência, descoordenação, andar trôpego; vasculização da córnea; anorexia, náusea, vômito, dor abdominal; dermatite	NIOSH REL: TWA** 100 ppm (435 mg/m ³) ST 150 ppm (655 mg/m ³)
Álcool terc-butílico NºCAS* 75-65-0	Irritação nos olhos, pele, nariz, garganta; sonolência, narcose	NIOSH REL: TWA** 100 ppm (300 mg/m ³) ST 150 ppm (450 mg/m ³)
Cumeno (Cumol,	Irritação nos olhos, pele, membrana mucosa; dermatite;	NIOSH REL: TWA**

Isopropil benzeno, dores de cabeça, narcose, coma 2-Fenil propano) NºCAS* 98-82-8	50 ppm (245 mg/m ³) [pele]
---	---

*Chemical Abstract Number

**TLV-TWA (Limite de Exposição - Média Ponderada pelo Tempo- palavra inglesa Threshold Limit Value-Time Weighted Average)- a concentração média ponderada pelo tempo, para uma jornada normal de 8 h diárias e 40 h semanais, para a qual a maioria dos trabalhadores pode estar repetidamente exposta, dia após dia, sem sofrer efeitos adversos à saúde.

***TLV-C (Limite de Exposição- Valor teto) – é a concentração que não pode ser excedida durante nenhum momento da exposição do trabalhador.

***PEL (Permissible exposure limit)

ANEXO B

REGULAMENTAÇÃO INTERNACIONAL DE VOC

A discussão sobre a limitação nos teores de VOCs iniciou nos anos 80, na Europa e nos Estados Unidos, tendo como objetivo a redução da poluição ambiental causada pelo ozônio, nos vários setores industriais. Na indústria de tintas e vernizes existe um consenso global quanto à necessidade de se limitar o teor de VOCs, para reduzir o impacto ambiental, de criar uma regulamentação global uniforme, principalmente pelo fato do mercado atual ser globalizado. No entanto, existem diferenças entre os europeus e americanos, quanto ao tipo de solvente a ser considerado como sendo VOC. Para os europeus, todos os solventes são considerados como VOC, já que todos são potencialmente reativos na atmosfera, enquanto que, para os americanos, só devem ser considerados VOCs os solventes considerados suficientemente reativos. De acordo com o consenso americano, solventes como acetona, diclorofluorometano, fluoreto de etila, cloreto de metileno não seriam considerados VOCs.

Os Estados Unidos, Austrália e países da comunidade européia já impuseram regulamentações, limitando a emissão de VOC nas tintas da linha arquitetura. A maioria dos estados americanos possui limites regionais próprios, quanto ao teor máximo de VOC, nos diferentes tipos de produto da linha “arquitetura” e de manutenção industrial, já que a poluição ambiental é diferente para cada uma das regiões. No Canadá, o Canadian Paint & Coating Association assinou um acordo voluntário com o Environment Canadá, para a redução de VOCs de 45%, até 2015.

A U.S. Environmental Protection Agency (EPA, 2002) regulamentou os limites de VOCs em função de categorias de tinta, como para linha arquitetura, uso interior e exterior, tintas para manutenção industrial, tintas para madeira, telhados, tintas de fundo anti-corrosivos e seladores etc (Tabela B1).

Tabela B1: Regulamento da U.S. Environmental Protection Agency (EPA) sobre o teor máximo de VOC de tintas e vernizes da linha decorativa/ arquitetura

Tipo de produto	Limites VOC (g/L)
Revestimentos anti-grafitti	600
Revestimentos de proteção de concreto	400
Revestimentos de elevada durabilidade	800
Revestimentos lisos, interior e exterior	250
Revestimentos para pisos	400
Revestimentos para manutenção industrial	450
Revestimento multi-coloridos	580
Revestimento de proteção para substratos metálicos não ferrosos	870
Revestimentos com textura, interior e exterior	380
Fundo para pré tratamento (“wash-primers”)	780
Fundo preparador e anti-corrosivos (“primers”)	350
Revestimentos para coberturas	250
Revestimentos para prevenção de ferrugem	400
“stains”, transparentes e semi transparentes	550

“stains”, opacos	350
“stains”, baixo teor de sólidos	120
Vernizes	450
Seladores e tratamentos impermeabilizantes	600

A European Council (2003) regulamentou o teor máximo de VOC para as tintas e vernizes da linha decorativa quanto: ao tipo de formulação, se base água ou solvente; ao uso, por tipo de aplicação, se interior/exterior, se a aplicação é sobre metal ou madeira (Tabela B2).

Tabela B2: Proposta da Comunidade Européia, para teor máximo de VOC, para tintas e vernizes da linha decorativa/ arquitetura

Produto	Tipo	Limites (g/L)	
		Até 01/01/2007	Até 01/01/2010
Interior / fosco (Brilho<25@60°)	Base água	75	30
	Base solvente	400	30
Interior/brilhante (Brilho>25@60°)	Base água	150	100
	Base solvente	400	100
Exterior (substrato mineral)	Base água	75	40
	Base solvente	450	430
Interior e exterior (madeira e metal)	Base água	150	130
	Base solvente	300	-
Interior e exterior (vernizes e “stains”)	Base água	150	100
	Base solvente	500	400
Fundo anticorrosivo “Primers”	Base água	50	30
	Base solvente	450	350
Fundo preparador	Base água	50	30
	Base solvente	750	750
Revestimento de alto desempenho monocomponente	Base água	140	140
	Base solvente	600	500
Revestimento de alto desempenho bicomponente	Base água	140	140
	Base solvente	550	500
Revestimento multi colorido	Base água	150	100
	Base solvente	400	100
Revestimento com efeito decorativo	Base água	300	200
	Base solvente	500	200

A especificação australiana, elaborada pela Australian Paint Approval Scheme (APAS), tem os limites de VOC, também expressos em g/L, para produtos *base água*, aplicáveis a partir de 01/01/2003 e de 01/01/2007 (Tabela B3). Para permitir maior flexibilidade nas formulações, aos fabricantes de tinta, a APAS introduziu nesta regulamentação o conceito de valor médio e máximo, assim para cada um dos tipos de produto nenhum deles deve apresentar valor superior ao máximo especificado (Tabela B3). Para alguns produtos *base água* a especificação australiana, elaborada pela APAS, não regulamenta valor médio apenas o teor máximo (Tabela B4).

A especificação australiana, elaborada pela APAS, para produtos *base solvente* tem valores de VOC, também expressos em g/L, mas muito superior aos de base água (Tabela B4). A APAS revisou alguns limites para produtos de base solvente os quais estão apresentados na Tabela B5 com asterisco (*). A amônia foi classificada como VOC e a acetona foi excluída. Os limites de VOC revisados, recomendados pela APAS, foram extraídos da publicação do Coatings, Regulations & the Environment - CORE (2003).

Tabela B3: Especificação da APAS, com os limites de VOC para produtos base água, com critérios de valor médio e máximo.

Tipo de produto	01/01/2003		01/01/2007	
	Médio g/L	Máximo g/L	Médio g/L	Máximo g/L
Fundo látex para ferro galvanizado	60	60	45	50
Fundo látex para exterior	55	65	55	65
Fundo látex para interior	65	70	60	65
Selador para interior	65	70	50	60
Fundo, exterior, para madeira	50	60	50	60
Tinta interior brilhante	75	90	60	75
Tinta interior semi- brilho	70	90	60	80
Tinta interior fosco	65	95	50	75
Tinta interior, acabamento liso lavável	65	95	60	70
Tinta interior, acabamento liso para tetos	55	95	50	50
Tinta exterior brilhante	75	100	65	80
Tinta exterior semi-brilho	70	80	60	80
Tinta exterior, acabamento liso e fosco	55	80	45	70
Tinta exterior fosco	50	80	50	80

Tabela B4: Especificação da APAS, com os limites de VOC, para produtos base água

Tipo de produto	Valores de VOC, em g/L	
	01/01/2003	01/01/2007
Tinta látex para coberturas	100	100
Tinta látex para marcação	100	80
Tinta para marcação viária	80	80
Látex pigmentado para pisos	80	50
Tinta de baixo impacto ambiental	5	5
Revestimento de proteção de aço	100	80

Tabela B5: Especificação da APAS, com os limites de VOC, para produtos de base solvente

Tipo de produto	Valores de VOC, em g/L	
	01/01/2003	01/01/2007
Esmalte verde exército	550	550
Tinta de fundo verde exército	550	550
Tinta para cobertura, aço galvanizado	450*	400*
Tinta alquídica, interior/exterior, brilhante e semi-brilho	450	400
Fundo, interior e exterior	450*	350
Tinta de marcação semi brilho (equipamento)	450*	450*
Esmalte exterior resistente a óleo e solventes	450	350
Fundo resistente a óleos e solventes	400	400
Fundo (“primer”), sem chumbo e cromatos	550*	500
Tinta de marcação viária	450*	450*
Verniz exterior mono-componente multiuso	550*	350*
Verniz interior mono-componente multiuso	500	450
Tinta para painel de gesso	450*	450*
Fundo pigmentado exterior para madeira	450*	350*

Fundo base de fosfato de zinco (“primer”), para metal	550*	350*
Selador interior, base solvente	450	400
Fundo (“primer”)	450*	400*
Tinta pigmentada monocomponente, para passeios,	550	400
Revestimento de proteção para aço	450*	350*
Revestimento de proteção para aço, alquídico	450*	350*

A análise da regulamentação desses 3 países mostra que, de modo geral, os limites são fixados por tipo de produto, se base água ou solvente, se exterior ou interior, se decorativo ou de proteção. Observa-se, no entanto, que a regulamentação americana não diferencia produtos de base aquosa, de produtos de base solvente (Tabela B1). Nos diferentes países, nem sempre foi utilizado um mesmo critério para a fixação dos limites e, além disso, os produtos de cada um dos países nem sempre são equivalentes. De modo geral, pode-se dizer que, internacionalmente, existe uma tendência de fixação de limites para o VOC, expressos em g/L, e que o processo de redução dos teores serão evolutivos.